

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA

HENRIQUE HOFFMANN

**ANÁLISE DE RISCOS PARA ADEQUAÇÃO DE UMA  
DOBRADEIRA À NR-12**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2019

HENRIQUE HOFFMANN

**ANÁLISE DE RISCOS PARA ADEQUAÇÃO DE UMA  
DOBRADEIRA À NR-12**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Adriano Araujo de Lima

CURITIBA  
2019

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "Análise de Riscos para Adequação de uma Dobradeira à NR-12", realizado pelo aluno(s) Henrique Hoffmann, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Adriano Araujo de Lima  
UTFPR – Damec  
Orientador

Prof. João Mario Fernandes  
UTFPR – Damec  
Avaliador

Prof. João Vicente Falleiro Salgado  
UTFPR – Damec  
Avaliador

Curitiba, 24 de junho de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, seu corpo docente, direção e administração que possibilitaram a minha formação como Engenheiro Mecânico.

Ao meu orientador Adriano Araujo de Lima, pelo apoio, sugestões e por sempre ser solícito na realização deste trabalho.

À empresa Elmeca, por conceder acesso ao ambiente industrial e a informações que foram cruciais para a execução deste trabalho.

Aos meus pais, por providenciarem a melhor situação possível durante toda a minha formação, além do apoio incondicional.

## RESUMO

HOFFMANN, Henrique. ANÁLISE DE RISCOS PARA ADEQUAÇÃO DE UMA DOBRADEIRA À NR-12. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A interação homem-máquina traz riscos inerentes à saúde do trabalhador. A Norma Regulamentadora 12 (NR-12), que estabelece requisitos mínimos para a proteção do trabalhador quanto a acidentes e doenças ocupacionais, visa proteger essa população. Essa norma está sujeita a reformulações elaboradas por representantes do estado, empresariado e trabalhadores. Através de métodos de apreciação de riscos de acordo com as normas técnicas vigentes, foram estimados os perigos que a operação ou manutenção de uma dobradeira hidráulica pode gerar. Foi utilizada a metodologia *Hazard Number Rating* para a estimativa de riscos e posterior tomada de decisão quanto a adoção de medidas. Nos casos de necessidade de diminuição no nível dos riscos, foram priorizadas as ações para cumprir os requisitos da norma, com a implementação de dispositivos de segurança de categoria adequada ao grau do risco estabelecido. Por fim, foi feita a análise da viabilidade econômica da implementação das medidas estabelecidas, o que explicitou como esse processo pode ser oneroso às empresas.

**Palavras-chave:** NR-12, Dispositivos de Segurança, Apreciação de Riscos.

## ABSTRACT

HOFFMANN, Henrique. RISK ASSESSMENT TO THE ADEQUATION OF A HYDRAULIC BENDER TO THE NR-12 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Man-machine interaction brings risks inherent in the health of the worker. The Regulatory Norm 12 (NR-12), which establishes minimum requirements for the protection of workers in regard to accidents and occupational diseases, is designed to protect this population. This standard is subject to reformulations prepared by representatives of the state, business and workers. By means of risk assessment methods according to the current technical standards, the hazards that the operation or maintenance of a hydraulic bender can generate are estimated. The Hazard Number Rating methodology was used for risk estimation and subsequent decision-making on the adoption of measures. In cases of need for a reduction in the level of risks, priority was given to actions to comply with the requirements of the norm, with the implementation of safety devices that have appropriate category to the degree of risk established. Finally, the economic feasibility analysis for the implementation of the established measures was made, which showed how this process can be costly to the companies.

**Keywords:** NR-12, Safety Devices, Risk Assessment

## LISTA DE SIGLAS

NR	Norma Regulamentadora
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
SIT	Secretaria de Inspeção do Trabalho
OIT	Organização Internacional do Trabalho
MPT	Ministério Público do Trabalho
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
GM	Gabinete do Ministro
CNTT	Comissão Nacional Tripartite Temática
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLP	Controlador Lógico Programável
NF	Normalmente Fechado
HRN	Número de Avaliação de Perigos - <i>Hazard Rating Number</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ISO	Organização Internacional para Padronização - <i>International Organization for Standardization</i>
NBR	Norma Brasileira
STO	Torque Seguro - <i>Safe Torque Off</i>
SS1	Parada Segura 1 - <i>Safe Stop 1</i>
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ESPE	Equipamento de Proteção Eletrossensitivo
AOPD	Dispositivos de Proteção Optoeletrônico Ativo - <i>Active Opto-electronic Protective Device</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura das normas que sustentam a NR-12. . . . .	18
Figura 2 – CLP de segurança, modelo <i>Preventa XPS</i> , da <i>Schneider Electric</i> . . . . .	22
Figura 3 – Funcionamento de chaves de segurança eletromecânicas. . . . .	23
Figura 4 – Funcionamento da Cortina de Luz. . . . .	24
Figura 5 – Área abrangida por tapetes de segurança. . . . .	24
Figura 6 – Scanner a laser, modelo <i>SafeZone Mini</i> , da <i>Allen-Bradley</i> . . . . .	25
Figura 7 – Bloco hidráulico de segurança da marca <i>Bosch Rexroth</i> . . . . .	25
Figura 8 – Sistema hidráulico do bloco de segurança da marca <i>ATOS</i> . . . . .	26
Figura 9 – Calço de segurança com base monitorada, modelo <i>CSB</i> , da <i>Schmersal</i> . . . . .	26
Figura 10 – Esquema de funcionamento da chave de habilitação. . . . .	27
Figura 11 – Comando Bimanual, linha <i>Safety</i> , da <i>WEG</i> . . . . .	28
Figura 12 – Botão de parada de emergência. . . . .	29
Figura 13 – Pedal de segurança com 3 estágios, modelo <i>PD3S-202</i> , da <i>WEG</i> . . . . .	29
Figura 14 – Procedimento para Avaliação de riscos. . . . .	30
Figura 15 – Seleção da categoria de risco requerida. . . . .	35
Figura 16 – Circuito de Segurança de categoria 2. . . . .	36
Figura 17 – Circuito de Segurança de categoria 3. . . . .	36
Figura 18 – Circuito de Segurança de categoria 4. . . . .	37
Figura 19 – Categorias 0 e 1, respectivamente, de parada de emergência. . . . .	37
Figura 20 – Dobradeira hidráulica em que foi realizado o estudo de caso. . . . .	39
Figura 21 – Combinação do ferramental da dobradeira, com punção e matriz. . . . .	40
Figura 22 – Zonas de proteção com referência no ferramental. . . . .	40
Figura 23 – Risco de esmagamento entre ferramentas. . . . .	43
Figura 24 – Risco de esmagamento entre devido à conformação da chapa. . . . .	43
Figura 25 – Categoria de segurança resultante conforme NBR 14153. . . . .	46
Figura 26 – Emissor do dispositivo de feixe laser. . . . .	46
Figura 27 – Dispositivo com pedais de acionamento e botão de emergência em uso. . . . .	47
Figura 28 – Intertravamento do tipo eletromecânico na parte posterior da máquina. . . . .	48
Figura 29 – Dispositivos de retenção mecânica. . . . .	49
Figura 30 – Sistema hidráulico da máquina, na parte superior. . . . .	50
Figura 31 – Painel de comando do equipamento. . . . .	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de perigos. . . . .	32
Tabela 2 – Valores de Classe de riscos, classificação, descrição e ações recomendadas. . . . .	33
Tabela 3 – Estimativa de riscos pelo método HRN. . . . .	44
Tabela 4 – Estimativa de riscos pelo método HRN após adoção de medidas. . . . .	52
Tabela 5 – Preços dos dispositivos para adequação da máquina. . . . .	54

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	Contexto do Tema	12
1.2	Caracterização do Problema	13
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivos Específicos	13
1.4	Justificativa	13
1.5	Etapas do Trabalho	14
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
2.1	Histórico da NR-12	15
2.2	Normas Técnicas	17
2.3	Estrutura da NR-12	17
2.4	Sistemas de Segurança	19
2.4.1	Proteções	19
2.4.2	Dispositivos de Segurança	21
2.4.2.1	Interfaces de Segurança	21
2.4.2.2	Dispositivos de Intertravamento	22
2.4.2.3	Sensores de Segurança	23
2.4.2.4	Válvulas e Blocos de Segurança	25
2.4.2.5	Dispositivos mecânicos	26
2.4.2.6	Dispositivos de Validação	27
2.4.2.7	Dispositivos de partida, acionamento e parada	27
2.4.2.8	Dispositivos de Parada de Emergência	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
3.1	Análise de Riscos	31
3.1.1	Determinação dos limites da máquina	31
3.1.2	Identificação de Perigos	31
3.1.3	Estimativa de Riscos	32
3.2	Avaliação de Riscos	33
3.3	Adoção de Medidas	33
3.3.1	Categorias de Segurança	34
3.3.2	Categoria da Parada de Emergência	37
3.4	Análise da Viabilidade Econômica	38
3.5	Revisão e Acompanhamento	38

<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>39</b>
4.1	Dobradeira Hidráulica	39
4.2	Determinação dos Limites da Máquina	41
4.3	Identificação dos Perigos	42
4.3.1	Esmagamento da mão durante a operação	42
4.3.2	Esmagamento da mão durante a manutenção	43
4.3.3	Rompimento de canos condutores com fluidos em alta pressão	43
4.4	Estimativa de Risco	44
4.5	Avaliação dos Riscos	44
4.6	Adoção de Medidas	45
4.6.1	Categoria de Segurança	45
4.6.2	Feixe de laser	46
4.6.3	Pedal de Acionamento	47
4.6.4	Área de proteção posterior	48
4.6.5	Retenção mecânica	49
4.6.6	Instalação hidráulica	49
4.6.7	Relés de segurança e CLP	50
4.6.8	Sinalização e Instrução Operacional	51
4.6.9	Equipamentos de Proteção Individual	52
4.7	Estimativa de Risco após adoção de medidas	52
4.8	Avaliação dos riscos após adoção de medidas	52
4.9	Análise da viabilidade econômica	53
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>56</b>
	<b>Referências</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>FATORES DO MÉTODO HRN</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE B</b>	<b>PERIGOS EM PRENSAS E EQUIPAMENTOS SEMELHANTES</b>	<b>61</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O trabalho sempre foi um aspecto inerente da vida em sociedade. Com o advento da revolução industrial, a sistemática do trabalho sofreu severas alterações, uma vez que o trabalho manual se tornou obsoleto. Na busca pela alta produtividade, a solução encontrada foi o uso de máquinas automatizadas. Adjunto ao aumento de produtividade, surgiram novos riscos à saúde dos trabalhadores, característicos da interação máquina-humano. Segundo Vecchio (2009), “O homem não é apto, por si só, em seu meio de trabalho, a se proteger sem dispositivos de segurança.”

É com a motivação de prover a devida proteção aos colaboradores que surge a NR-12, uma dentre o conjunto de 36 Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) que estabelecem aspectos mínimos em relação à Saúde e Segurança Ocupacional. A Norma Regulamentadora 12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos – estabelece requisitos mínimos para a proteção do trabalhador quanto a acidentes e doenças ocupacionais, na fase de projeto e utilização do equipamento, assim como na fabricação, comercialização, importação, exposição e cessão.(BRASIL, 2018)

Segundo Ferreira e Peixoto (2012), no passado, a indústria brasileira foi passiva em relação a acidentes de trabalho e indenizações, subestimando as consequências resultantes desses eventos. No entanto, hoje a cultura de segurança no trabalho começa a ser evidente, igualando fatores como produtividade e qualidade de produto à qualidade de trabalho e vida do colaborador.

Essa afirmação é evidenciada ao observar os dados de acidentes no trabalho no Brasil de 2015, divulgados no Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS). O ano de 2015 teve uma redução de 14,24% no número de acidentes em relação a 2014. De 712.302 casos em 2014, esse número foi reduzido para 622.632 ocorrências em 2015, e teve subsequente queda em 2016 com 578.935 casos. O número de óbitos acompanhou essa tendência, apresentando um decréscimo de 11,25% de falecimentos entre 2014 e 2015 e de 11,04% entre 2015 e 2016.(BRASIL, 2016)

## 1.1 CONTEXTO DO TEMA

Desde que foram lançadas, as Normas Regulamentadoras passaram a obrigar empresas a cumprir os requisitos nelas estabelecidas. A partir desse momento, ocorreram atualizações dessas normas, buscando sempre estabelecer a condição mais salubre para o trabalhador.

Em se tratando da NR-12, sua última atualização ocorreu em maio de 2018, com

a alteração de alguns itens do corpo principal da norma. Já em dezembro de 2010, pela portaria SIT (Secretaria de Inspeção do Trabalho) n° 197, houve uma atualização no contexto do corpo da NR-12, resultando em mudanças significativas. A norma, que antes dessa mudança continha 40 itens obrigatórios, passou a ter 340 itens após a publicação de 2010.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Para operar em conformidade com a lei, todas as máquinas de uma planta industrial devem estar de acordo com os requisitos dispostos na NR-12. Alterações nessa norma podem ser frequentes: Só em 2018, ocorreram 5 atualizações, entre elas alterações em itens, nos anexos específicos ou emissões de notas técnicas. Na ocorrência de adaptações na norma em questão, as empresas devem realizar revisões em seus equipamentos a fim de verificar a conformidade com a versão em vigência. Esse procedimento exige que todos os passos da metodologia de aplicação da NR-12 sejam realizados.

## 1.3 OBJETIVOS

O objetivo do presente Trabalho de Conclusão de Curso é realizar o procedimento de apreciação de riscos em uma dobradeira hidráulica para verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos pela NR-12. Serão propostas soluções dos itens que não estiverem de acordo para que o equipamento esteja apto a operar conforme a legislação. Será verificado se os requisitos da norma foram suficientes para atingir um nível aceitável de risco, assim como a viabilidade econômica da implementação.

### 1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conhecer e compreender a Norma Regulamentadora 12 e sua estrutura;
2. Realizar a Apreciação e Análise de riscos na dobradeira hidráulica;
3. Nos aspectos da máquina em desacordo com a NR-12, propor soluções para a adequação da mesma;
4. Verificar se as medidas propostas diminuirão o risco a um nível aceitável;
5. Analisar a viabilidade econômica das ações necessárias.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT) e o Ministério Público do Trabalho (MPT), aproximadamente 20,6 trilhões de reais foram gastos com benefícios

acidentários entre 2012 e 2016. Nesse período, foram registradas cerca de 3,3 milhões de Comunicações de Acidente de Trabalho (CAT). Desses registros de acidentes, 21,11% foram resultantes de cortes ou lacerações, 17,49% de fraturas, 15,86% de contusões ou esmagamentos e 1,14% de amputações ou enucleações. Todos esses motivos são consequências características de acidentes envolvendo máquinas. Tais dados reforçam o impacto econômico e social da aplicação da NR-12 no Brasil (Ministério Público do Trabalho; Organização Internacional do Trabalho, 2017).

Uma pesquisa bibliográfica revelou a escassez de trabalhos acadêmicos na área da engenharia de segurança. Assim, espera-se que essa monografia possa auxiliar outros profissionais ou acadêmicos que precisam realizar o procedimento de apreciação de riscos, servindo como um guia.

A multidisciplinaridade do tema o faz ideal para a realização de um Trabalho de Conclusão de Curso. A aplicação da Norma Regulamentadora 12 envolve conhecimentos além daqueles referentes à Engenharia de Segurança. Nessa norma, para que efetivamente sejam cumpridos os itens, é necessário discernimento em diversas áreas da Engenharia Mecânica. A automação se faz presente no desenvolvimento de sistemas de segurança, enquanto os dispositivos de proteção usam conceitos das áreas de fabricação, projetos e mecânica estrutural na elaboração dos mesmos.

Dessa forma, é crucial a participação do Engenheiro Mecânico nas situações em que se almeja estabelecer um ambiente com maquinário seguro. É o profissional que detém a responsabilidade técnica no desenvolvimento de diversos dispositivos de proteção, além de dispor de conhecimentos específicos que serão determinantes na seleção dos dispositivos já existentes que compõem o sistema de segurança. Como as Normas Regulamentadoras estão sujeitas à constante atualização, esse é um mercado com demanda em potencial para as áreas da engenharia envolvidas, incluindo a Mecânica.

## 1.5 ETAPAS DO TRABALHO

Seguida da introdução apresentada, o trabalho apresentará o capítulo da fundamentação teórica, onde será revisado o histórico por trás da Norma Regulamentadora 12, além de apresentar as normas técnicas, a estrutura da NR-12 e os sistemas de segurança. No capítulo da metodologia serão descritos os procedimentos para a realização da apreciação de riscos, incluindo a metodologia de estimativa de riscos, além dos métodos para selecionar categoria de proteção de dispositivos e de parada de emergência. No capítulo do estudo de caso será apresentado o equipamento em questão, assim como o princípio de funcionamento de dobradeiras hidráulicas, seguido dos resultados da apreciação de risco e da análise de viabilidade econômica. Por fim, as conclusões decorrentes da realização desse trabalho serão apresentadas nas considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 HISTÓRICO DA NR-12

Até a idade média, o trabalho sempre foi entendido como algo negativo. A origem dessa palavra vem do latim *tripaliu*, que é um instrumento de tortura. A valorização do trabalho como manifestação de cultura e valor da sociedade teve começo com o Renascimento. Por mais que essa noção tenha vindo à tona, eram escravos que representavam a mão de obra nesse contexto, sendo eles os expostos aos riscos inerentes ao trabalho. Então, mesmo que a relação entre trabalho e saúde fosse conhecida, não haviam ações efetivas para a proteção dos escravos, uma vez que não eram considerados cidadãos (CAMISSASSA, 2016).

Mais adiante, o advento da Revolução Industrial trouxe severas mudanças econômicas e sociais, adjuntas da transformação tecnológica e dos modelos de produção. O contraste entre as condições precárias dos trabalhadores assalariados e o avanço da produção em massa ficou evidente. Surgiram, então, os movimentos operários, organizados em sindicatos, para reivindicar condições mais dignas de trabalho.

As primeiras leis de proteção ao trabalhador surgiram a custo de conflitos e revoltas. Um dos movimentos mais evidentes que se opôs, entre outros fatores, à longa e penosa jornada de trabalho foi o Ludismo, em que os trabalhadores destruíam máquinas como manifesto pelas mudanças provocadas pela Revolução Industrial (HOBSBAWM, 1952).

Diante desse cenário, surgiu em 1833 a primeira legislação de proteção ao trabalho, conhecida como *Factory Acts*, que regia o trabalho de mulheres e crianças em indústrias têxteis. Em 1844, com a publicação do *Factory Act 1844*, é implementada, pela primeira vez, a investigação em mortes de acidentes de trabalho e a obrigatoriedade da proteção de máquinas. Os equipamentos incluídos nessa medida eram, em geral, partes móveis conectadas a máquinas à vapor e rodas d'água (HUTCHINS; HARRISON, 1911).

Com o fim da Primeira Guerra Mundial, em 1919, foi criada a Organização Internacional do Trabalho (OIT). A criação desse órgão acelerou o ritmo da normatização da proteção dos trabalhadores e mudou o enfoque dessas normas, valorizando de forma crescente a saúde dos colaboradores. Atualmente, é uma das maiores referências internacionais no que tange à Segurança do Trabalho (CHAGAS et al., 2011).

No Brasil, o primórdio de uma lei que orientou sobre acidentes de trabalho encontra-se no Código Comercial de 1850, onde previa a manutenção de salários por

três meses na ocorrência de acidentes de trabalho imprevistos (MARTINS, 1992). O desenvolvimento efetivo de uma legislação surgiu com a industrialização tardia, no período da República Velha. A legislação foi ampliada durante o governo de Getúlio Vargas (1930), quando foi criada a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), instituída pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Essa legislação sofreu mudanças significativas mais adiante, com a publicação da Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB), de 10 de outubro de 1988.

Em se tratando das Normas Regulamentadoras, essas foram aprovadas pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Nessa primeira publicação, a portaria abrangia 28 Normas Regulamentadoras, relativas a problemas relacionados ao ambiente de trabalho e à saúde do trabalhador. A NR-12, em específico, teve a primeira publicação aprovada pela Portaria GM nº 3214, de 8 de junho de 1978 (GONÇALVES; CRUZ, 1996). Em 1994, o Brasil se tornou signatário da convenção nº 119 da OIT, que trata de Proteção de Máquinas. O conteúdo dessa convenção foi adotado de forma integral por meio do Decreto nº 1.255, de 24 de setembro de 1994. Entre as diversas medidas da convenção, destacam-se a proibição por legislação nacional de máquinas sem proteção adequada; a responsabilidade do empregador de manter o ambiente do maquinário livre de perigos e a proibição de solicitar ao trabalhador que utilize uma máquina sem os dispositivos de proteção (Organização Internacional do Trabalho, 1963).

A NR-12 sofreu mudanças muito significativas em sua redação, por meio da portaria nº 197, de 17 de Dezembro de 2010. Segundo Campos (2013), a norma até então estava obsoleta, sem atualizações expressivas há 30 anos e com disposição legal de normas técnicas nacionais e internacionais que contemplam o avanço tecnológico na aplicação da proteção em equipamentos. Essa alteração trouxe o envolvimento de usuários e fabricantes, de forma indistinta em todo o ciclo de vida do equipamento e estabelece como requisitos mínimos a segurança intrínseca da máquina. A norma trabalhava com o conceito de falha segura, em que, na ocorrência de falha no sistema, o equipamento deve entrar em uma situação segura, sem apresentar riscos ao usuário (BAÚ, 2013). No entanto, a publicação Portaria MTE 857, de 25 de junho de 2015, excluiu o conceito de falha segura e introduziu o estado da técnica. A nota técnica DSST/SIT nº 254/2016, referenciada na NR-12, esclarece esse conceito, em que as soluções técnicas adotadas devem empregar os meios técnicos mais eficazes disponíveis no momento a um custo razoável, considerando o custo total da máquina em questão e a redução de riscos necessária.

Além disso, instaura a Comissão Nacional Tripartite Temática (CNTT), responsável pelo estudo, avaliação e melhoria contínua à Norma Regulamentadora 12. É denominada tripartite por ser composta por representantes do governo, membros do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE); dos empresários, membros de grandes indústrias e associações; e dos trabalhadores, membros de sindicatos e grupos trabalhistas (SOUZA,



2015).

## 2.2 NORMAS TÉCNICAS

As normas técnicas, em contraste com as Normas Regulamentadoras, não são um instrumento legal. São documentos estabelecidos por consenso e aprovados por organismo reconhecido, fornecendo regras, diretrizes ou características para atividades, com objetivo de obter um grau ótimo de ordenação. São de caráter voluntário, mas podem se tornar obrigatórias quando dispositivos legais, como as Normas Regulamentadoras, são baseados nessas condições. O item 12.5.1 da NR-12 esclarece esse ponto, informando a não obrigatoriedade de novas exigências advindas de normas técnicas após a data de fabricação ou adequação, desde que atendam à norma regulamentadora.

No Brasil, o órgão responsável pela normalização técnica é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As normas técnicas de segurança em máquinas são classificadas segundo a seguinte hierarquia (ABIMAQ, 2016a):

- Normas Tipo A – Normas fundamentais de segurança: definem os conceitos, princípios de projetos e aspectos gerais válidos para todas as máquinas.
- Tipo B – Aspectos e componentes de segurança.
- Tipo B1 – Aspectos gerais de segurança.
- Tipo B2 – Componentes utilizados na segurança.
- Normas Tipo C – Normas de segurança por categoria de máquinas: fornecem prescrições detalhadas de segurança a um grupo particular de máquinas.

## 2.3 ESTRUTURA DA NR-12

Uma Norma Regulamentadora é um instrumento legal, de caráter obrigatório e baseado em uma lei, visando estabelecer requisitos técnicos e legais sobre os aspectos mínimos de segurança e saúde do trabalho.

A NR-12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras (BRASIL, 2018). A norma dispõe de itens que têm como objetivos principais:

1. Segurança do trabalhador;
2. Equipamentos intrinsecamente seguros;
3. Dispositivos a prova de burla;
4. Respeito ao conceito de estado da técnica;
5. Melhoria das condições de trabalho com máquinas.

A NR-12 apoia-se em outras Normas Regulamentadoras e normas técnicas: Normas e convenções de conteúdo social, como a NR-05, que regulamenta a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA); Normas de conteúdo técnico, como a NR-17, que trata acerca da Ergonomia; Normas de conteúdo temático, como a NR-31, sobre Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura; Normas ABNT, como a NBR ISO 12100, que apresenta princípios gerais para apreciação e redução de riscos. A Figura 1 ilustra as normas em que a NR-12 se apoia.



Figura 1 – Estrutura das normas que sustentam a NR-12.

Fonte: [www.abimaq.org.br](http://www.abimaq.org.br)

A NR-12 é estruturada com 19 títulos no corpo principal, anexos que contém informações complementares para o atendimento da norma (anexos I à IV) e os anexos V à XII, que apresentam especificações para determinados tipos de máquinas.

O Anexo VIII trata de requisitos específicos para prensas e equipamentos similares, entre esses, a dobradeira hidráulica, que será objeto do estudo de caso do presente

trabalho. Entre as especificações, são informados tipos de acionadores apropriados, dispositivos de segurança que atendam à classe de proteção, requisitos do sistema hidráulico, zonas de perigo estabelecidas e instruções para casos de geometria de peça específicos.

## 2.4 SISTEMAS DE SEGURANÇA

Segundo a ISO 12100:2013, zona de perigo é qualquer zona dentro e/ou ao redor de uma máquina, onde uma pessoa possa ficar exposta a um perigo. As zonas de perigo das máquinas obrigatoriamente devem ser protegidas dos trabalhadores, por meio de sistemas de segurança. Esses sistemas são constituídos de proteções fixas ou móveis e dispositivos de segurança interligados. As soluções adotadas devem considerar as características das máquinas, alternativas técnicas existentes e o procedimento operacional. As medidas devem cumprir os seguintes requisitos básicos:

- a) Apresentar categoria de segurança obtida pela análise de riscos prevista nas normas técnicas oficiais vigentes;
- b) Estar sob responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;
- c) Possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;
- d) Estar instalado de forma que não possibilite a burla;
- e) Manter-se sob monitoramento, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos exclusivamente mecânicos;
- f) Paralisação de movimentos perigosos e de outros riscos na ocorrência de falhas.

Após a ocorrência de uma falha ou situação anormal que paralise o equipamento, o sistema de segurança deve permitir o retorno ao funcionamento somente mediante rearme ou *reset* manual, conforme a categoria de segurança requerida.

### 2.4.1 PROTEÇÕES

Se o equipamento em questão apresentar risco de ruptura de suas partes, projeção de materiais, partículas ou substâncias, são necessárias proteções que garantam a operação segura pelos trabalhadores, conforme o item 12.48 da NR-12. Os tipos de proteção e as formas como são instaladas estão expostas no item 12.49. Os requisitos a serem cumpridos pelos dispositivos são os seguintes:

- a) Cumprir suas funções apropriadamente durante a vida útil da máquina ou possibilitar a reposição de partes deterioradas ou danificadas;

- b) Ser constituídas de materiais resistentes e adequados à contenção de projeção de peças, materiais e partículas;
- c) Fixação firme e garantia de estabilidade e resistência mecânica compatíveis com os esforços requeridos;
- d) Não criar pontos de esmagamento ou agarramento com partes da máquina ou com outras proteções;
- e) Não possuir extremidades e arestas cortantes ou outras saliências perigosas;
- f) Resistir às condições ambientais do local onde estão instaladas;
- g) Impedir que possam ser burladas;
- h) Proporcionar condições de higiene e limpeza;
- i) Impedir o acesso à zona de perigo;
- j) Ter seus dispositivos de intertravamento protegidos adequadamente contra sujidade, poeiras e corrosão, se necessário;
- k) Ter ação positiva – quando todos os elementos do contato normalmente fechado garantem abertura quando acionados, mesmo com uma anomalia interna do dispositivo, o desligamento do circuito é garantido;
- l) Não acarretar riscos adicionais.

As proteções são classificadas em:

Proteções fixas, cuja posição deve ser mantida fixa permanentemente, ou com elementos de fixação, de forma que sua remoção seja possível somente com o uso de ferramentas específicas.

Proteções móveis, em que a abertura é possível sem o uso de ferramentas, geralmente ligadas por elementos mecânicos à estrutura da máquina, sempre associadas a dispositivos de intertravamento, que cessam a alimentação de energia da parte móvel no momento da abertura. Esse tipo de proteção deve ser utilizado quando for requerido o acesso à zona de perigo uma ou mais vezes no turno de trabalho.

Além do intertravamento, algumas proteções móveis exigem bloqueio. Esse requisito é necessário quando a abertura da proteção possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco, ou seja, se a parte móvel exigir tempo após o corte de energia para que não haja movimentação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002).

As máquinas portadoras de proteção móvel só devem operar com as proteções fechadas, paralisar suas operações na abertura das proteções ou manter a proteção fechada e bloqueada enquanto os riscos não forem eliminados, e garantir que o fechamento por si só não possa dar início às funções perigosas.

O anexo 1 da NR-12 define distâncias seguras para impedir o acesso a zonas de perigo com barreiras físicas. Esse anexo menciona também as barreiras de perímetro, que não fecham completamente a zona de perigo, mas impedem ou reduzem o acesso à mesma.

## **2.4.2 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA**

São dispositivos de segurança os componentes que reduzem os riscos de acidentes e de outros agravos à saúde, por si só ou associados a proteções. O item 12.42 da NR-12 lista a classificação desses itens:

- a) Interfaces de Segurança;
- b) Dispositivos de intertravamento;
- c) Sensores de segurança;
- d) Válvulas e blocos de segurança;
- e) Dispositivos mecânicos;
- f) Dispositivos de validação.

### **2.4.2.1 Interfaces de Segurança**

Os dispositivos de segurança estão sujeitos a falhas que, sem a devida prevenção, podem permitir a presença de risco de acidente durante a operação. Com o objetivo de evitar que possíveis falhas comprometam a segurança do trabalhador, são usadas as interfaces de segurança, que monitoram, verificam a interligação, posição e funcionamento desses dispositivos. Esses equipamentos são representados por relés de segurança, controladores configuráveis de segurança e controlador lógico programável (CLP) de segurança.

Os relés de segurança geralmente são associados a um único dispositivo. Para o cumprimento da NR-12 em máquinas que exigem vários dispositivos de segurança, é recomendado o uso do CLP de segurança.

Segundo a *National Electrical Manufacturers Association* (2013), o CLP consiste em um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, como lógica, sequenciamento, temporização. Esses equipamentos controlam, através de módulos de entradas e saídas, diversos tipos de máquinas ou processos. A figura 2 ilustra esse equipamento.



Figura 2 – CLP de segurança, modelo *Preventa XPS*, da *Schneider Electric*.

Fonte: <http://www.schneider-electric.com>

Os sistemas de segurança devem respeitar o princípio da estado da técnica. Para tanto, são usados quatro conceitos (ABIMAQ, 2016b):

1. Auto Teste: Teste funcional executado automaticamente pelo dispositivo na inicialização e em períodos pré-determinados, para varredura de falhas ou defeitos;
2. Diversidade: Aplicação de componentes com diferentes princípios, o que reduz a possibilidade de haver uma condição de risco;
3. Monitoramento: Função intrínseca de projeto do componente ou realizada por interface de segurança que garante a funcionalidade do sistema de segurança quando um dispositivo tiver sua função reduzida ou limitada;
4. Redundância: Aplicação do mesmo componente mais de uma vez, a fim de garantir a eficiência do sistema de segurança na ocorrência de uma falha.

#### 2.4.2.2 Dispositivos de Intertravamento

São os dispositivos responsáveis por impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas, por exemplo, na abertura de uma proteção móvel. Exemplos de dispositivos de intertravamento são chaves de segurança eletromecânicas e magnéticas.

As chaves de segurança eletromecânicas contêm contatos normalmente fechados (NF) que, no caso de abertura da barreira, são forçados a abrir. A abertura desses contatos passa um sinal de parada à interface de segurança. O interruptor e atuador são separados na abertura da barreira mecânica, como na figura abaixo. São componentes ideais para

o monitoramento de proteções móveis ou de portas que devem permanecer fechadas na operação. A figura 3 exemplifica o funcionamento desse dispositivo.

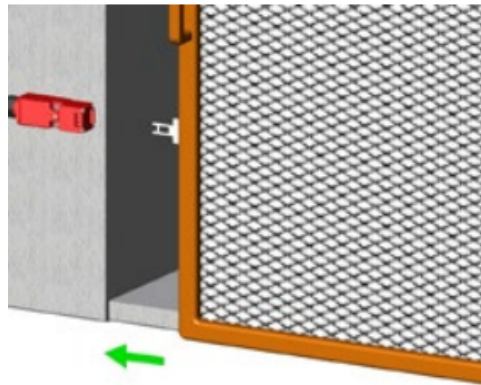


Figura 3 – Funcionamento de chaves de segurança eletromecânicas.

Fonte: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet>

A chave de segurança magnética funciona por um princípio semelhante. Nesse caso, dois elementos magnéticos são separados na abertura da barreira mecânica. Essa solução é viável quando há problemas com vibrações ou alinhamento. No caso de proteções com bloqueio, são usadas as chaves de bloqueio, em que um solenoide trava a barreira física enquanto houver movimento que represente perigo ao trabalhador (ABIMAQ, 2016b).

#### 2.4.2.3 Sensores de Segurança

Quando há uma pessoa na zona de perigo do equipamento, é necessário que essa informação chegue ao controlador, para que ocorra o subsequente impedimento de início da função perigosa ou a interrupção da mesma. Os sensores de segurança são os dispositivos que enviam esse sinal. Exemplos desses dispositivos são descritos abaixo.

As cortinas de luz formam uma área de proteção através da emissão e recepção de feixes de luz infravermelhas. A detecção de uma pessoa na área de perigo ocorre pela interrupção da recepção do feixe (SCHMERSAL, 2017). O laser de múltiplos feixes e a barreira ótica funcionam por meio de um princípio semelhante, mudando a natureza da luz emitida. A figura 4 ilustra o funcionamento de cortinas de luz.

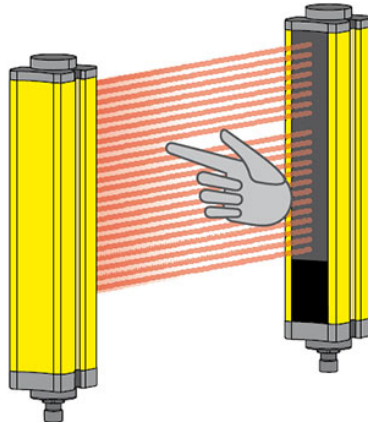


Figura 4 – Funcionamento da Cortina de Luz.

Fonte: <http://www.clrwtr.com/CONTRINEX-Safety-Light-Curtains.htm>

O tapete de segurança possui duas placas de aço de correntes contínuas que, quando pressionadas pelo peso de uma pessoa, produzem um curto-circuito. O módulo de segurança avalia este sinal e interrompe o movimento perigoso. É possível fazer a conexão entre vários tapetes, ampliando a área abrangida de forma precisa (SCHMERSAL, 2017). A figura 5 demonstra essa conexão, com o dispositivo indicado em vermelho.



Figura 5 – Área abrangida por tapetes de segurança.

Fonte: <http://www.schmersal.com.br/produtos/seguranca>

Os scanners a laser funcionam com o princípio de medida de tempo de voo. Pulsos de luz infravermelhos são enviados e, em paralelo, um temporizador é iniciado. Um objeto atingido pela luz reflete a mesma, e em seguida ocorre a recepção no scanner. Com o tempo entre a emissão e a recepção é calculada a distância e, sabendo o local onde o sinal foi recebido, obtém-se a posição em duas dimensões (ALLEN-BRADLEY, 2017). A figura 6 ilustra esse dispositivo.





Figura 6 – Scanner a laser, modelo *SafeZone Mini*, da *Allen-Bradley*.

Fonte: <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Sensors-Switches>

#### 2.4.2.4 Válvulas e Blocos de Segurança

As válvulas de segurança realizam a prevenção da máquina quanto ao acúmulo de pressão excessivo nos componentes. Esses dispositivos entram em ação quando uma certa pressão nominal é atingida, liberando o ar comprimido e diminuindo a pressão.

O bloco de segurança, em prensas hidráulicas, é usado em casos onde o sistema hidráulico da máquina é existente, sendo uma aplicação de maior facilidade em comparação à adequação com o uso do conjunto de válvulas hidráulicas. O objetivo é parar o movimento perigoso de descida do martelo nos casos de acionamento acidental, sobrepressão ou falha no sistema hidráulico. A figura 7 demonstra um bloco hidráulico de segurança.



Figura 7 – Bloco hidráulico de segurança da marca *Bosch Rexroth*.

Fonte: <https://www.boschrexroth.com>

Esses dispositivos dispõem de válvulas em redundância para garantir a operação segura, além de válvulas de retenção e proteção à sobrepressão. A figura 8 mostra o esquema hidráulico de um bloco de segurança.

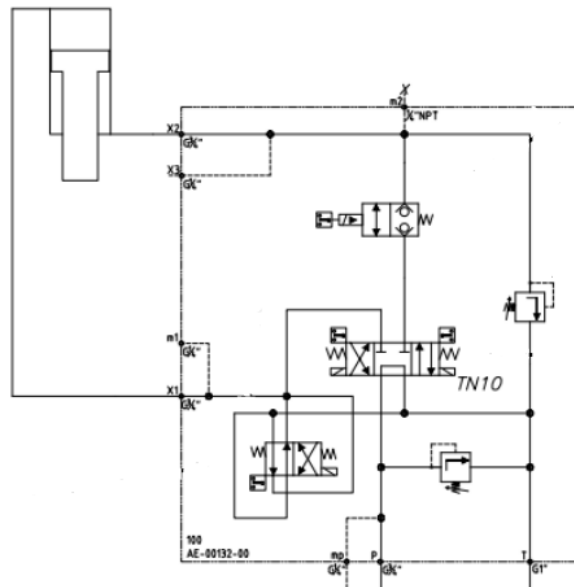


Figura 8 – Sistema hidráulico do bloco de segurança da marca *ATOS*.

Fonte: <http://www.atos.com>

#### 2.4.2.5 Dispositivos mecânicos

Dispositivos que tem por função inserir um obstáculo mecânico, usando a própria resistência como meio de proteção de um movimento perigoso. São dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores, defletores e retráteis.

Esses dispositivos podem ter base monitorada, em que a retirada do mesmo do local de armazenamento impede o acionamento da máquina. A figura 9 mostra um conjunto de calço de segurança com base monitorada.

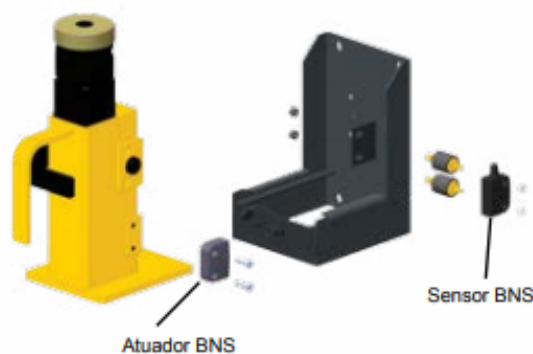


Figura 9 – Calço de segurança com base monitorada, modelo *CSB*, da *Schmersal*.

Fonte: <http://www.schmersal.com.br/seguranca/produto/calcos-de-seguranca/>

#### 2.4.2.6 Dispositivos de Validação

São dispositivos suplementares, com a função de permitir a entrada em uma área de risco onde funções perigosas estão sendo executadas. São operados manualmente e permitem a operação enquanto o dispositivo está na posição que habilite o funcionamento. Caso haja um movimento inesperado, o operador não manterá mais o dispositivo na posição definida e a operação será interrompida .

A chave de habilitação é um exemplo desses dispositivos. É habilitada quando há uma força intermediária, e no caso de ser pressionada excessivamente ou de não haver pressionamento, a chave é desligada (ALLEN-BRADLEY, 2017). A figura 10 esquematiza o funcionamento desse dispositivo.

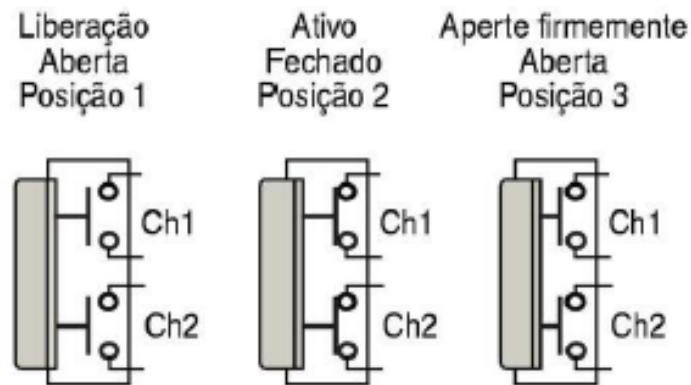


Figura 10 – Esquema de funcionamento da chave de habilitação.

Fonte: <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Push-Buttons>

#### 2.4.2.7 Dispositivos de partida, acionamento e parada

Esses dispositivos têm como principal exigência garantir que não ocorra acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou qualquer outra forma acidental. No caso em que a operação exija mais de um funcionário, o número de dispositivos deve corresponder ao número de trabalhadores expostos aos perigos decorrentes do seu acionamento.

Os dispositivos encontrados com mais frequência no mercado são o comando bimanual e o pedal de acionamento. O comando bimanual é usado em situações em que se deve garantir que ambas as mãos estejam fora da zona de perigo, uma vez que o acionamento ocorre mediante ao pressionamento simultâneo das botoeiras (SCHMERSAL, 2017). A figura 11 demonstra um comando bimanual.



Figura 11 – Comando Bimanual, linha *Safety*, da *WEG*.

Fonte: <http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls>

O pedal de acionamento é mais indicado quando é necessário garantir o posicionamento do operador em um local fixo durante a operação. Também apresenta-se como uma opção mais adequada quando o manuseamento de peças com as mãos fazem parte do processo, como é o caso das máquinas hidráulicas de dobra.

#### 2.4.2.8 Dispositivos de Parada de Emergência

Mesmo com o uso de proteções e dispositivos de segurança, toda máquina deve ser equipada com um ou mais dispositivos de parada de emergência. Por meio dos mesmos podem ser evitadas situações de perigo latentes e existentes. São exceções quanto a obrigatoriedade desse item as máquinas manuais, máquinas autopropelidas ou aquelas nas quais o acionamento do dispositivo não reduz o risco.

Esses dispositivos não devem ser utilizados como dispositivos de partida ou de acionamento. Carecem ter como função única a parada de emergência, usados somente para situações irregulares. O comando deve ser ativado pelo operador quando todas as movimentações da máquina têm de ser interrompidas. Após a ativação, o acionador deve ficar retido, de forma a exigir o desacionamento por meio de uma ação manual intencionada. A parada de emergência deve fazer necessário o rearme ou *reset* manual posteriormente à correção do risco constatado.

Os comandos devem estar posicionados em locais de fácil acesso e visualização, considerando a rotina de trabalho na máquina e nos arredores da mesma, além de permanecer desobstruídos.

O aparato mais usado para esse fim é o botão de parada de emergência, constituído de uma base de cor amarela e o botão de cor vermelha, conforme a figura 12. O desacionamento geralmente ocorre com a rotação do botão.



Figura 12 – Botão de parada de emergência.

Fonte: <http://global.bannerengineering.com>

Outra opção seria o acionador do tipo cabo, que trabalha sempre tracionado. Quando o cabo é puxado em qualquer direção, uma chave envia o sinal de parada emergencial e a operação é interrompida. Ainda existem os pedais de 3 estágios, em que os dois primeiros estágios são destinados ao acionamento da máquina, enquanto o terceiro ativa a parada de emergência, sendo necessária maior força de aplicação para tal ocorrência. A figura 13 mostra este dispositivo.

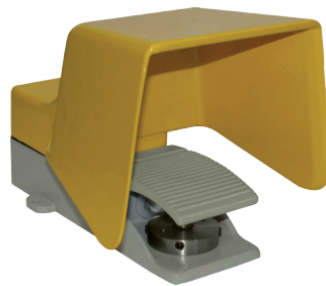


Figura 13 – Pedal de segurança com 3 estágios, modelo *PD3S-202*, da *WEG*.

Fonte: <http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls>

### 3 METODOLOGIA

A metodologia para aplicação da NR-12 em equipamentos consiste, primeiramente, na elaboração do inventário das máquinas. Esse inventário deve manter-se atualizado e com as seguintes informações: Identificação, descrição, capacidade, produtividade, tempo de operação por dia, operadores envolvidos, diagnóstico com relação a NR-12, previsão de adequação, recursos financeiros para a adequação e localização em planta baixa.

Em seguida, é realizado o procedimento de apreciação dos riscos, englobado pela norma técnica NBR ISO 12100:2013. Esse é um método que pode exigir iterações, ou seja, ser repetido até que o resultado esteja dentro de uma tolerância pré-estabelecida. Nesse caso, o resultado é o grau de segurança apropriado após a redução de riscos. Não obstante, é preciso verificar se a implantação dessas medidas não gerou um novo risco. A apreciação dos riscos conta com uma série de etapas lógicas que se subdividem em análise e avaliação dos riscos. A figura 14 ilustra esse procedimento, que será detalhado nos próximos tópicos.

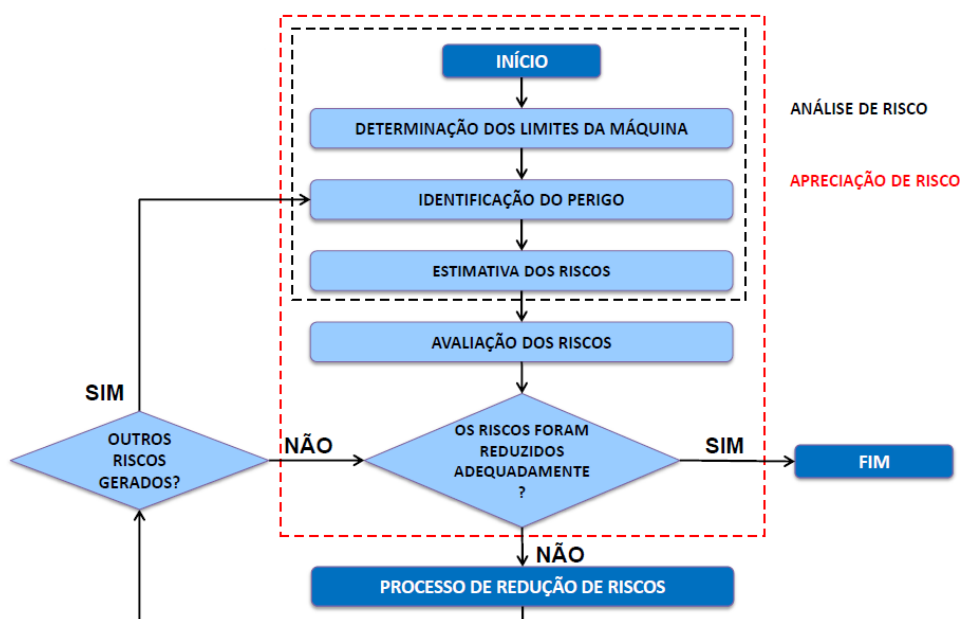


Figura 14 – Procedimento para Apreciação de riscos.

Fonte: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>

Além da apreciação de riscos, seleção de proteções e sistemas de segurança, é feita uma varredura no corpo da NR-12 a fim de verificar a conformidade de todos os itens aplicáveis.

### 3.1 ANÁLISE DE RISCOS

As informações necessárias para realizar a avaliação dos riscos são obtidas por meio da análise de riscos. As etapas que constituem esse procedimento são determinação dos limites da máquina, identificação dos perigos e estimativa dos riscos. Dessa forma, é nessa fase que serão listados os perigos relacionados a cada componente ou espaço da máquina, assim como serão estimados os graus de risco dos mesmos.

#### 3.1.1 DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DA MÁQUINA

A determinação dos limites é feita levando-se em consideração todas as fases do ciclo de vida da máquina. Os limites são classificados em quatro tipos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a):

- Limites de uso, que incluem os diferentes modos de operação e procedimentos de intervenção para os usuários, o uso da máquina por pessoas identificadas ou população usuária, os níveis de habilidade do usuário e exposição de outras pessoas, quando essa ocorrência puder ser prevista;
- Limites de espaço, sendo considerados os cursos de movimento, os espaços de interação de pessoas com a máquina e a conexão da máquina com as fontes de suprimento de energia;
- Limites de tempo, considerando a vida útil da máquina ou de seus componentes e os intervalos de serviços recomendados;
- Outros limites, como propriedades dos materiais a serem processados, limpeza, organização e condições ambientais, como temperatura, umidade, incidência de luz solar e presença de poeira.

#### 3.1.2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Com os limites da máquina estabelecidos, segue-se a identificação sistemática dos perigos razoavelmente previsíveis nas fases de transporte, montagem, instalação, uso, desmontagem e descarte. Eventos perigosos não diretamente relacionados com as tarefas devem ser identificados, como descargas atmosféricas.

Os perigos constatados devem levar em conta tanto a máquina executando a função esperada quanto uma situação imprevista. Situações imprevistas incluem o mau funcionamento da máquina por fatores que não competem ao operador, mas também o mau uso do equipamento, seja por negligência ou imperícia do trabalhador ou da supervisão.

Além dessa análise operacional, pode-se recorrer à dados estatísticos, manuais de instrução, registros de acidentes, consulta a trabalhadores experientes e opiniões especializadas no assunto (GÖRNEMANN, 2015). A tabela 1 lista exemplos de diversos tipos de perigos, relacionados com a origem e potenciais consequências.

Tabela 1 – Exemplos de perigos.

<b>Tipo</b>	<b>Origem</b>	<b>Potenciais Consequencias</b>
<b>Perigos Mecânicos</b>	Aceleração	Atropelamentos
	Cantos vivos	Corte
	Queda de objetos	Esmagamento
	Elementos rotativos	Enroscamento
	Arestas cortantes	Mutilação
	Altura a partir do solo	Queda
<b>Perigos Elétricos</b>	Arcos	Queimadura
	Curto-circuito	Incêndio
<b>Perigos Térmicos</b>	Objetos com alta temperatura	Queimadura
<b>Substâncias perigosas</b>	Gases	Dificuldades para respiração
<b>Perigos Ergonômicos</b>	Postura	Desconforto
	Atividade repetitiva	Fadiga
<b>Perigos ligados a Radiação</b>	Radiação ótica, incluindo laser	Efeitos cancerígenos

Fonte: NBR ISO 12100:2013

### 3.1.3 ESTIMATIVA DE RISCOS

Após a determinação dos perigos, segue-se a estimativa dos riscos para cada perigo. Quantificar esses riscos é um processo que auxilia na avaliação de riscos, para tal, será utilizada a metodologia *Hazard Rating Number* (HRN). Esse método é baseado nos passos lógicos para apreciação de riscos contidos nas normas técnicas NBR ISO 12100:2013 e ISO 14121-1:2007, que são referenciadas na NR-12. Essa metodologia atribui valores numéricos aos seguintes itens:

- Severidade do Dano (Se): O maior dano esperado decorrente do perigo em questão deve ser o critério para a seleção desse fator;
- Frequência de Exposição ao Risco (Fr): Nesse aspecto, deve-se levar em conta as atividades extra rotina, como limpeza ou manutenção;
- Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr): Valor que expressa a probabilidade de ocorrência do dano considerado em função do perigo;
- Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP): Número de pessoas expostas ao perigo, também considerando atividades extra rotina;



- Classe do Risco (Cl): Valor que representa o risco obtido, advém da multiplicação dos quatro fatores:

$$Cl = Se * Fr * Pr * NP \quad (3.1)$$

Os valores para o cálculo da Classe de Risco encontram-se no apêndice A. A Classe de Risco guiará a tomada de decisões, revelando a prioridade do perigo considerado. A tabela 2 relaciona os valores obtidos, classificação do risco, descrição e ação prevista.

Tabela 2 – Valores de Classe de riscos, classificação, descrição e ações recomendadas.

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

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego

### 3.2 AVALIAÇÃO DE RISCOS

Após a estimativa dos riscos, é necessário avaliar se a classe de risco obtida para o perigo em questão é aceitável, com base na descrição do risco e nas ações recomendadas. Caso não seja, é necessário aplicar soluções que reduzam esse risco de forma a torná-lo tolerável.

Após implementar as soluções adequadas, repete-se o procedimento da estimativa de riscos para verificar se a classe de risco resultante ainda requer ações de melhoria.

### 3.3 ADOÇÃO DE MEDIDAS

Diagnosticada a necessidade de melhoria no grau de risco do equipamento, prossegue-se para a decisão das medidas a serem tomadas. As medidas de proteção implementadas, na ordem de prioridade, serão (BRASIL, 2018):

1. Medidas de proteção coletiva: Barreiras fixas ou móveis, dispositivos de segurança e outras medidas que afetem todos os trabalhadores na área de operação.

2. Medidas administrativas ou de organização de trabalho: Controles baseados nos trabalhadores, como duração, frequência e número de pessoas expostas. Também são incluídas nessa categoria a capacitação, supervisão e manutenção preventiva.
3. Medidas de proteção individual: Consistem no uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Exemplos desse tipo de equipamento são protetores auriculares, óculos de proteção e capacete de segurança.

### **3.3.1 CATEGORIAS DE SEGURANÇA**

Caso opte-se pela adoção de sistemas de segurança, é exigido que esse sistema possua a categoria de segurança requerido via análise de riscos por meio de uma norma técnica vigente. Nesse caso, será utilizada a metodologia apresentada no Anexo B da ISO 14153. Nesse método, define-se três parâmetros:

- a) Severidade do ferimento: Se o ferimento for grave, normalmente irreversível, como no caso de uma amputação, é atribuída a severidade S2. Caso contrário, usa-se S1.
- b) Frequência e tempo de exposição: Se o perigo advir de um evento corriqueiro ou de longo tempo de exposição, usa-se frequência F2. De outra forma, é usado F1. Segundo Görnemann (2015), é irrelevante para a determinação da frequência se a mesma pessoa ou pessoas diferentes estiverem expostas ao perigo em sucessivas ocasiões.
- c) Possibilidade de evitar o perigo: Se houver a chance real de evitar a ocorrência do acidente, usa-se P1. Caso seja improvável evitar o perigo, usa-se P2. Fatores que podem influenciar na determinação desse item são a operação com ou sem supervisão, nível de formação dos operadores e velocidade de percepção do perigo.

A partir da determinação desses fatores, é possível definir a categoria de risco requerida, ilustrado pela figura 15. Deve-se traçar uma linha com o trajeto definido pela seleção dos fatores, com início na seleção da severidade do ferimento, seguido da frequência de exposição e finalmente a possibilidade de evitar o perigo. Os parâmetros com final 1 guiam a linha para categorias menores, enquanto parâmetros com final 2 sempre guiam para maiores categorias.

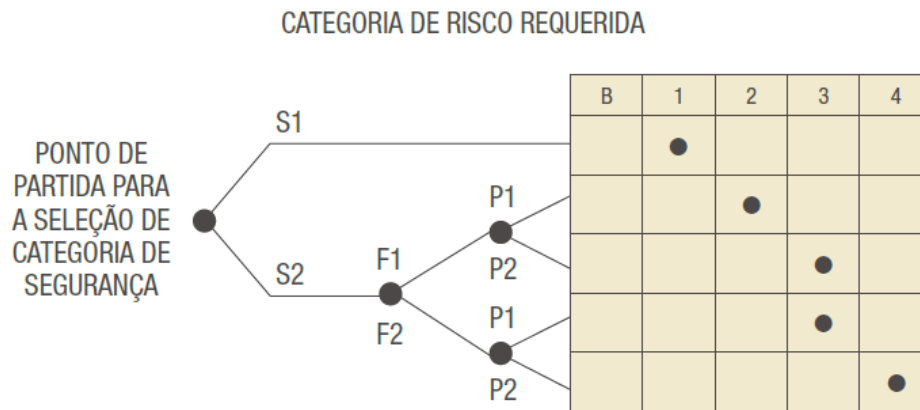


Figura 15 – Seleção da categoria de risco requerida.

Fonte: ISO 14153:2007

A coluna que contém o ponto que intersecta a linha resultante do quadro na figura 15 representa a categoria de risco requerida.

As cinco categorias de risco (B, 1, 2, 3 e 4) refletem o desempenho de um sistema de comando em relação à ocorrência de falhas.

Peças de categoria B são projetados conforme as normas pertinentes, para que suportem a influência esperada. A categoria 1 cumpre as exigências da categoria B, havendo um incremento na confiabilidade dos componentes, por meio de ensaios e princípios de segurança comprovados.

Dessas, as categorias B e 1 não possuem função de monitoramento, sendo reprovadas pela NR-12. Portanto, mesmo nos casos em que é indicada a categoria 1 pela ISO 14153, deve-se usar a categoria 2 (GöRNEMANN, 2015).

A categoria 2, além de ter as exigências das categorias anteriores, deve ter as funções de segurança verificadas na partida da máquina e em intervalos de tempo definidos, feitos por interfaces de segurança. Dessa forma, a ocorrência de uma falha pode levar à perda da função de segurança no período entre duas verificações (ROCKWELL, 2017). A figura 16 exemplifica um circuito de segurança de categoria 2.

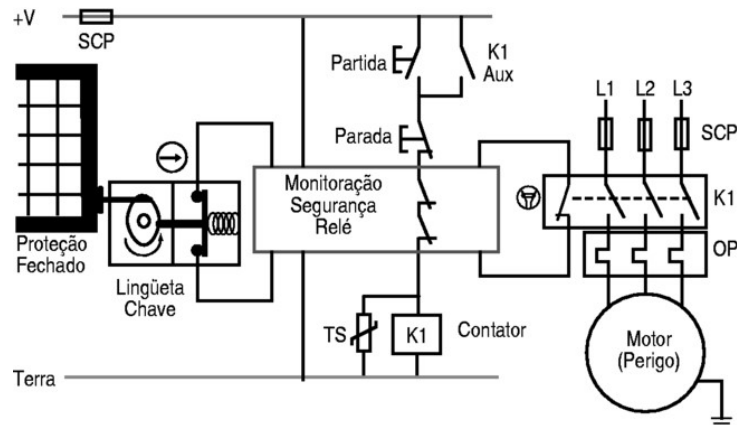


Figura 16 – Circuito de Segurança de categoria 2.

Fonte: <http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/>

Os sistemas de categoria 3 são projetados de forma que uma única falha em qualquer de seus componentes não prejudique a função de segurança. Isso é viável pela aplicação do conceito de redundância. Nesse caso, o acúmulo de falhas pode levar à perda de função de segurança no intervalo entre verificações (ROCKWELL, 2017). A figura 17 exemplifica um circuito de segurança de categoria 3.

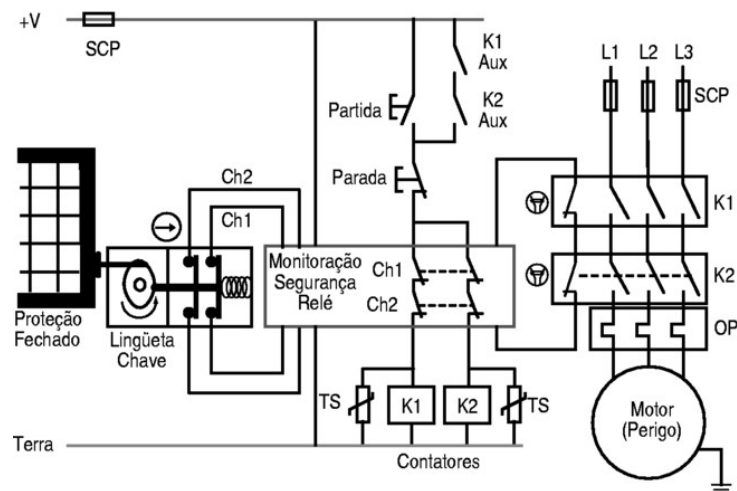


Figura 17 – Circuito de Segurança de categoria 3.

Fonte: <http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/>

Os sistemas com maior confiabilidade, de categoria 4, exigem que a função de segurança não seja prejudicada, mesmo na ocorrência de acúmulo de falhas. Os erros serão detectados a tempo de evitar a perda de funções de segurança (ROCKWELL, 2017). A figura 18 exemplifica um circuito de segurança de categoria 4.

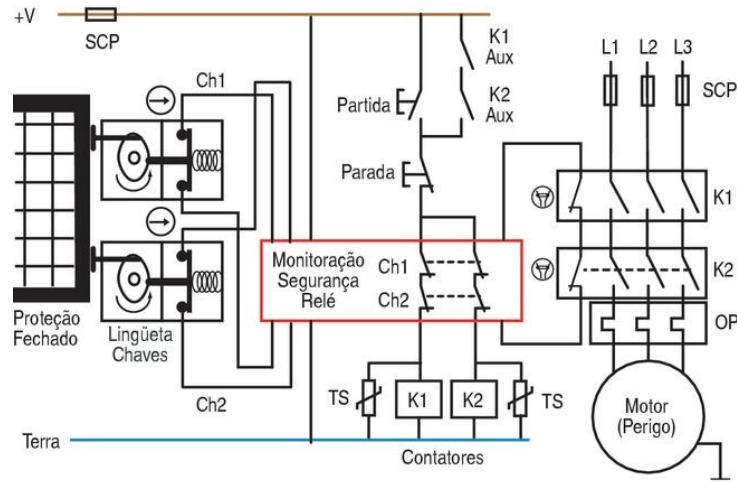


Figura 18 – Circuito de Segurança de categoria 4.

Fonte: <http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/>

### 3.3.2 CATEGORIA DA PARADA DE EMERGÊNCIA

A NBR ISO 13759 – Equipamentos de parada de emergência define duas categorias para a parada de emergência.

A parada de categoria 0 atua pela imediata remoção da energia dos atuadores da máquina ou desconexão mecânica entre os elementos de risco. A parada de categoria 1 é controlada, com fornecimento de energia aos atuadores da máquina necessária para se atingir a parada. No momento em que a parada é atingida, a energia é removida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b).

A figura 19 ilustra o momento do acionamento da parada de emergência e da remoção de energia (STO). Na categoria 0, ambos ocorrem simultaneamente, já na categoria 1, a velocidade do atuador decai a partir do acionamento da parada (SS1) e a alimentação de energia é cessada quando a velocidade é nula.

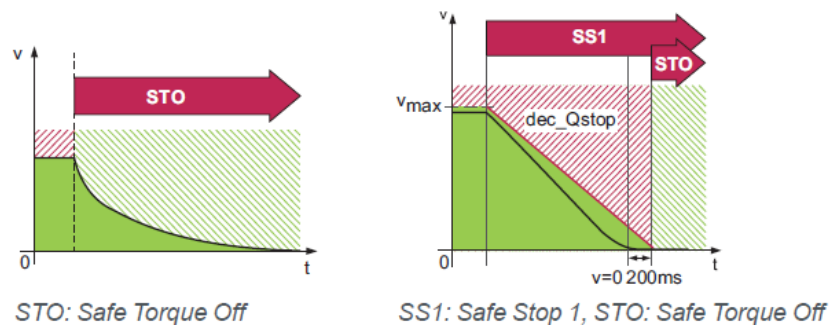


Figura 19 – Categorias 0 e 1, respectivamente, de parada de emergência.

Fonte: <http://www.schneider-electric.com.br>

A categoria deve ser escolhida de acordo com o resultado da apreciação de riscos, sendo usado a categoria 0 para situações com maior perigo.

### 3.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Definidas as medidas suficientes para atingir um nível aceitável de risco e atender os requisitos da norma, deve-se verificar a viabilidade econômica da implementação. Para tal, serão realizados orçamentos junto aos fornecedores de dispositivos de segurança.

Com as informações de custos, será possível concluir quanto aos impactos financeiros decorrentes da adequação, assim como quais itens são mais onerosos para implementação.

### 3.5 REVISÃO E ACOMPANHAMENTO

Toda a metodologia deve ser aplicada periodicamente, mediante a mudanças na planta industrial, em equipamentos ou na própria Norma Regulamentadora 12. A ocorrência de acidentes que não estavam previstos na identificação de perigos indica que o procedimento de análise de riscos deve ser revisto.

Conforme o item 12.39 da NR-12, é necessário que o profissional responsável pela elaboração e execução da apreciação de riscos recolha a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), para que seja atestada a sua responsabilidade técnica.

## 4 ESTUDO DE CASO

Os procedimentos descritos na metodologia foram aplicados em uma máquina dobradeira hidráulica, a fim de avaliar a sua situação perante à Norma Reguladora 12. O equipamento em questão é da marca Gasparini, modelo PBS 135/3000, fabricada em 2004, e está ilustrada na figura 20. A máquina é de posse da empresa Elmeca Eletromecânica Sulbrasileira Ltda., situada na cidade de Joinville, em Santa Catarina.



Figura 20 – Dobradeira hidráulica em que foi realizado o estudo de caso.

Fonte: Autoria Própria

A empresa trabalha com pedidos de peças mediante projetos de diferentes clientes, o que representa uma grande variedade de formas e dimensões das peças a serem dobradas no equipamento. As chapas utilizadas na máquina também são cortadas na empresa.

### 4.1 DOBRADEIRA HIDRÁULICA

As prensas dobradeiras têm como finalidade efetuar dobras em materiais metálicos a frio ou de estrutura plástica de possível conformação. Para realizar tal operação, é usada a combinação do ferramental, composta de punção, fixada na travessa superior do equipamento, e de matriz, fixa na travessa inferior do equipamento. A figura 21 ilus-

tra essa combinação, com a chapa conformada entre as ferramentas. Essas ferramentas apresentam diversas formas para diferentes aplicações, ângulos e raios de dobra.

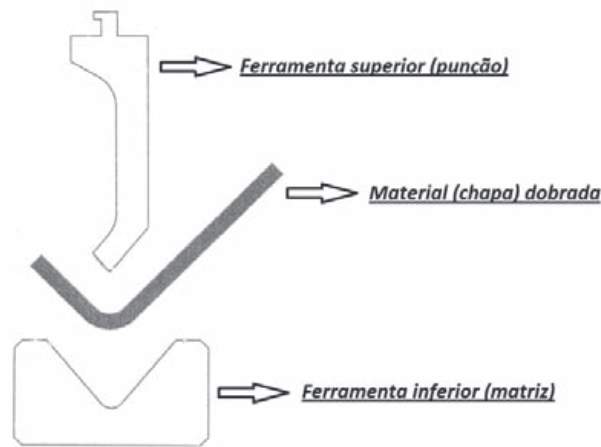


Figura 21 – Combinação do ferramental da dobradeira, com punção e matriz.

Fonte: [www.abimaq.org.br](http://www.abimaq.org.br)

A área compreendida entre o ferramental é utilizada como referência pela NR-12, no anexo VIII, para definir as zonas de proteção, conforme ilustrado na figura 22. A zona central de proteção deve sempre permanecer ativa, enquanto que as outras podem ser temporariamente desativadas no caso da exigência de um modo especial de operação, como dobra de caixa.

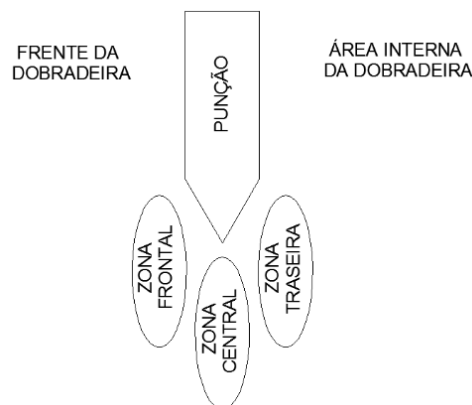


Figura 22 – Zonas de proteção com referência no ferramental.

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego

As prensas dobradeiras podem ser ascendentes, onde a travessa inferior que realiza o movimento, e descendentes, onde a travessa superior é móvel, e é o caso do equipamento estudado. Também são separadas em quatro tipos, conforme o mecanismo de acionamento (ABIMAQ, 2012):



- Acionamento por freio/embreagem tipo cinta;
- Acionamento por freio/embreagem mecânica;
- Acionamento por freio/embreagem pneumático;
- Acionamento hidráulico.

No caso da prensa dobradeira descendente de acionamento hidráulico, a força para a dobra é aplicada ao punção pela atuação de cilindros hidráulicos contrapostos, fixos na estrutura da máquina. O fluxo de óleo pressurizado gerado por uma bomba, acionada por um motor elétrico, possibilita a atuação do cilindro. O movimento é controlado pelo operador, através de um dispositivo de acionamento contínuo, geralmente na forma de pedais, um painel de comando e válvulas eletricamente pilotadas.

As dobradeiras hidráulicas possuem dois tipos de ciclos de operação:

- Manual: Realizada em velocidade reduzida, menor que 10 mm/s. A movimentação do martelo ocorre mediante o acionamento contínuo do pedal de descida, sendo que a liberação do mesmo interrompe a descida.
- Semiautomático/Automático: A descida ocorre em velocidade rápida até determinado ponto determinado na programação, em seguida ocorre a redução automática da velocidade. Em um ciclo completo, onde não há a liberação do pedal, ocorre a descida em velocidade rápida, redução na velocidade, conformação da dobra e retorno ao ponto morto superior. O novo ciclo só pode ter início após a liberação do pedal e seguido do acionamento.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DA MÁQUINA

A máquina em questão é de uso exclusivamente industrial, e é operada somente por pessoas treinadas e capacitadas. Quanto ao nível de treinamento, experiência ou habilidade dos usuários:

- Pessoal de manutenção, formado por técnicos treinados. O treinamento é específico para intervenção em dobradeiras hidráulicas, incluindo acesso à parte interna, adotando as medidas preconizadas no manual de instruções do equipamento.
- Operadores da máquina recebem treinamento de operação segura da máquina, baseados nas instruções contidas no manual do fabricante bem como em ordens de serviço emitidas pela empresa. Todas as informações relativas a riscos das máquinas, acessos e operações seguras são passadas aos operadores.

- Funcionários em treinamento são informados dos riscos das máquinas, e todo o treinamento é realizado com supervisão de um operador apto para tal, com experiência e habilidades requeridas.
- O público em geral, por não ter treinamento, deve manter-se afastado das áreas de perigo da máquina, observando as áreas delimitadas para circulação de pessoas.

O equipamento é utilizado apenas para dobrar chapas metálicas, conforme instrução de trabalho. O abastecimento das chapas ocorre manualmente, feito por um operador, e o armazenamento da matéria-prima se encontra em área delimitada para tal. O documento referente à instrução de trabalho, no entanto, não está disponível de forma prática para os operadores. A máquina se encontra em estado adequado para operação, sua utilização é constante durante grande parte da jornada de trabalho de dois turnos. O plano de manutenção estabelecido é corretamente cumprido.

### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

A NBR 16579:2017 lista os perigos significativos em prensas hidráulicas e equipamentos semelhantes, entre eles a dobradeira hidráulica. Essa listagem foi usada como referência para a identificação dos perigos, assim como registros de acidentes, consulta a trabalhadores experientes e opiniões especializadas de engenheiros de segurança. O apêndice B lista os perigos que constam na norma.

Os principais perigos são aqueles com maior frequência de exposição ou com consequências de maior severidade. Estes estão apresentados de forma mais detalhada a seguir.

#### 4.3.1 ESMAGAMENTO DA MÃO DURANTE A OPERAÇÃO

Ocorre pelo posicionamento da mão ou braço entre o punção e a matriz durante a descida da travessa superior. Pode ser causado por acionamento acidental do operador ou do auxiliar, desatenção no modo em que a chapa a ser dobrada é manuseada e, em casos onde não há um bloco de segurança, o vazamento de fluido hidráulico também pode ser a causa. A figura 23 ilustra a sinalização do perigo de esmagamento entre as ferramentas.



Figura 23 – Risco de esmagamento entre ferramentas.

Fonte: <http://www.abimaq.org.br>

O esmagamento também pode ocorrer devido ao movimento da conformação da chapa dobrada em relação a partes da dobradeira, conforme a sinalização de perigo ilustrada na figura 24. A investigação nos registros de acidentes da empresa revelou a ocorrência deste incidente, todavia a consequência resultante foi uma lesão leve.



Figura 24 – Risco de esmagamento entre devido à conformação da chapa.

Fonte: <http://www.abimaq.org.br>

#### **4.3.2 ESMAGAMENTO DA MÃO DURANTE A MANUTENÇÃO**

O acidente ocorre na mesma forma do caso anterior, no perigo de esmagamento entre as ferramentas. No entanto, há mais uma possível causa, em que o operador aciona a descida da travessa sem estar ciente do estado de manutenção do equipamento ou da localização do mantenedor, que pode estar na parte superior, interna e posterior da dobradeira sem ser visto.

#### **4.3.3 ROMPIMENTO DE CANOS CONDUTORES COM FLUIDOS EM ALTA PRESSÃO**

Ejeção de fluido hidráulico em alta pressão, em torno de 200 bar, e temperatura na parte superior da máquina. Além de poder causar a descida não intencional da travessa superior, o fluido ejetado pode atingir o funcionário, provocando lesões e queimaduras.

Esse risco está relacionado à função de manutenção, uma vez que o operador da máquina não deve ter acesso à parte superior da máquina.

Conforme relatado por um funcionário da empresa, já houve a ocorrência do rompimento de cano condutor de fluido em outra dobradeira hidráulica, sem ocorrer, no entanto, algum acidente decorrente deste evento, uma vez que não haviam funcionários expostos na parte superior do equipamento.

Os três perigos destacados são de natureza mecânica, pois na operação de dobradeiras são esses que representam maior severidade e exposição. No entanto, também foram avaliados os perigos elétricos, térmicos, ergonômicos, por radiação, por vibrações e por substâncias perigosas.

#### 4.4 ESTIMATIVA DE RISCO

Usando a metodologia HRN, foram obtidos os seguintes resultados para a quantificação dos perigos citados, conforme mostrado na tabela 3. Os fatores referentes aos itens determinados pelo método estão em parenteses. A classe do risco foi obtida conforme a equação 3.1.

Tabela 3 – Estimativa de riscos pelo método HRN.

	<b>Esmagamento durante Operação</b>	<b>Esmagamento durante manutenção</b>	<b>Ejeção de fluido em alta Pressão</b>
<b>Severidade do Dano (Se)</b>	Perda de dois membros/olhos (8)	Perda de dois membros/olhos (8)	Perda de dois membros ou doença grave irreversível (8)
<b>Frequência de exposição (Fr)</b>	Constantemente (5)	Semanal (1,5)	Semanal (1,5)
<b>Probabilidade de Ocorrência (Pr)</b>	Alguma chance (5)	Alguma Chance (5)	Possível (2)
<b>Número de Pessoas Expostas (NP)</b>	1-2 Pessoas (1)	1-2 Pessoas (1)	1-2 Pessoas (1)
<b>Classe do Risco (CI)</b>	Alto (200)	Alto (60)	Baixo, mas significativa (24)

Fonte: Autoria Própria

#### 4.5 AVALIAÇÃO DOS RISCOS

O risco de esmagamento, tanto na operação, quanto na manutenção, representa um alto risco, o que exige a adoção de medidas para diminuí-los. No caso da ejeção de fluido em alta pressão, o risco não é alto, mas são recomendadas melhorias. Foram

adotadas medidas para cumprir os requisitos estabelecidos na NR-12 e minimizar os riscos da melhor forma possível, considerando também a viabilidade econômica.

## 4.6 ADOÇÃO DE MEDIDAS

A adoção de medidas foi orientada de acordo com os requisitos do anexo VIII da NR-12, que trata de prensas e dispositivos similares, dentre eles a dobradeira hidráulica, assim como os requisitos do corpo da norma. Em seguida, uma outra estimativa de riscos foi feita para avaliar se os riscos estão em níveis aceitáveis.

### 4.6.1 CATEGORIA DE SEGURANÇA

Primeiramente foi necessário verificar a categoria de proteção requerida pelos dispositivos. Segundo o critério do anexo B da NBR 14153, tem-se a seguinte classificação para o perigo com maior classe de risco, representado pelo risco de esmagamento durante operação:

- Severidade: Ferimento irreversível (S2). Amputação de mãos ou dedos.
- Frequência e Tempo de Exposição: Frequente (F2). Exposição ao perigo durante toda a jornada de trabalho.
- Possibilidade de evitar o perigo: Impossível (P2). A janela de tempo entre percepção do perigo e a ocorrência do mesmo é pequena ou inexistente.

Na figura 25, pode-se ver o caminho guiado pelos fatores atribuídos. Do ponto inicial, o fator S2 guia a trajetória para parte inferior, seguido pelo fator F2 que direciona novamente para baixo, enfim o fator P2 leva à última linha, cujo ponto de intersecção está localizado na coluna referente à categoria de proteção 4. Essa resultado condiz com o requisito estabelecido no item 2.1.3 do anexo VIII da norma, que exige categoria de proteção 4.

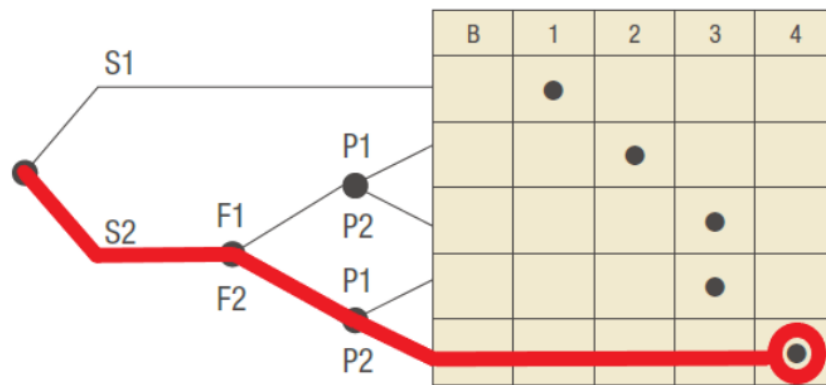


Figura 25 – Categoria de segurança resultante conforme NBR 14153.

Fonte: Autoria Própria

Essa é a categoria de proteção mais rígida, em que mesmo na ocorrência do acúmulo de falhas, os erros são detectados a tempo de evitar a perda de funções de segurança.

#### 4.6.2 FEIXE DE LASER

O feixe de laser utilizado para o sistema de segurança frontal é tipo mono feixe, o que não atende à norma por não ter redundância. Portanto, é inferior aos requisitos da categoria de proteção 4. A figura 26 expõe o atual dispositivo em utilização.



Figura 26 – Emissor do dispositivo de feixe laser.

Fonte: Autoria Própria

O item 4.1.2.1 estabelece dois dispositivos de presença ESPE (Equipamento de Proteção Eletrossensitivo) adequados para a utilização em dobradeiras hidráulicas:

- Cortina de luz com redundância e autoteste de tipo 4;

- Sistema de segurança de detecção com dispositivo de proteção optoeletrônico ativo (AOPD) multizona tipo 4, como o detector de presença laser múltiplos feixes.

Considerando a atuação da dobradeira em conformação de peças de variadas dimensões, incluindo as reduzidas, a alternativa mais adequada é o detector de presença laser múltiplos feixes. Além disso, esse sistema se assemelha ao atualmente usado, com a diferença de que apresenta redundância por ter múltiplos feixes. Esse fato é vantajoso também para os operadores que já estão familiarizados com o atual dispositivo de segurança na operação.

Não obstante, o dispositivo de segurança atual é fixo junto à matriz. O item 4.1.2.1.1.5 do anexo VIII da NR-12 exige que a instalação seja feita próxima da ferramenta superior, e de modo que se movimente em conjunto com o martelo.

Medida de Segurança a ser Implementada: Instalação de detector de presença laser múltiplos feixes em local próximo à ferramenta e com movimento em conjunto com o martelo.

#### 4.6.3 PEDAL DE ACIONAMENTO

O pedal de acionamento atual é duplo, consistindo de pedal para descida do martelo e outro para a subida, ambos protegidos para evitar acionamentos acidentais. A pedaleira dispõe de botoeira de emergência. Em dobradeiras hidráulicas, diferentemente do caso de prensas, o pedal é permitido, uma vez que as mãos dos operadores precisam estar livres para manusear a peça conformada. A figura 27 ilustra o dispositivo de acionamento em uso.



Figura 27 – Dispositivo com pedais de acionamento e botão de emergência em uso.

Fonte: Autoria Própria

No entanto, os pedais têm 2 estágios, em desacordo com o subitem 2 do item C, no anexo I da NR-12. Esse subitem define que os pedais devem ter 3 estágios, sendo eles: posição de parada, posição de operação e posição de parada de emergência. O acionamento da parada de emergência deve exigir uma maior força do operador.

Ademais, o máquina conta com apenas um pedestal de acionamento, enquanto a operação cotidiana ocorre com dois operadores. De acordo com os itens 2.9.2 do anexo VIII e 12.30 da NR-12, quando a operação da máquina exige mais de uma pessoa, o número de dispositivos de acionamento deve corresponder ao número de operadores expostos, com o mesmo nível de proteção.

Medidas de Segurança a ser Implementadas: Adaptação dos pedais de acionamento atual para 3 posições e instalação de outro pedestal de acionamento semelhante com botão de emergência.

#### 4.6.4 ÁREA DE PROTEÇÃO POSTERIOR

A área posterior do equipamento dispõe de proteção física móvel em forma de grade, com dispositivo de intertravamento do tipo eletromecânico (fim de curso). Esse dispositivo não atende à classe de proteção 4, sendo necessária a troca para atender a norma. A figura 28 mostra o dispositivo citado.



Figura 28 – Intertravamento do tipo eletromecânico na parte posterior da máquina.

Fonte: Autoria Própria

O tipo mais comum de dispositivo de intertravamento que atende a essa classe de proteção é o eletromagnético, com ação positiva e duplo canal monitorado. Nessa área não há botão de emergência da máquina, assim como botão de reset. Como há a possibilidade de acesso a essa área e de abertura da proteção móvel, a instalação desses botões se faz necessária.

A parada de emergência tem categoria 0, com a parada imediata do movimento do martelo mediante acionamento. Essa categoria de parada de emergência está de acordo com os resultados obtidos na estimativa de riscos, em que a severidade do dano é alta.



Medidas de Segurança a ser Implementadas: Substituição do dispositivo de intertravamento por um do tipo magnético de classe 4 com ação positiva, instalação de botões de emergência e reset em local de fácil acesso e visíveis aos funcionários.

#### 4.6.5 RETENÇÃO MECÂNICA

Os operadores contam com dois calços para atuar como retenção mecânica no início das operações de trocas, ajustes e manutenções das ferramentas, conforme ilustrado na figura 29. Esses têm a resistência necessária para suportar a força estática exercida pelo peso total do conjunto móvel superior.



Figura 29 – Dispositivos de retenção mecânica.

Fonte: Autoria Própria

No entanto, não há intertravamento monitorado que impeça o funcionamento da prensa durante sua utilização, o que está em desacordo com o item 2.11.2 do anexo VIII da NR-12.

Medida de Segurança a ser Implementada: Implementar sistema de intertravamento monitorado para ser usado com o calço mecânico, de forma que a retirada do local de armazenamento para a utilização provoque interrupção dos movimentos da máquina.

#### 4.6.6 INSTALAÇÃO HIDRÁULICA

A instalação hidráulica consiste em válvulas que atendem somente o essencial para o funcionamento básico do equipamento. Não há bloco hidráulico de segurança ou sistema hidráulico monitorado equivalente no equipamento, conforme exigido pelo item 2.6 no anexo VIII da norma, não havendo então a garantia da segurança do operador no caso de falha no sistema hidráulico. A figura 30 ilustra o sistema hidráulico no estado atual.



Figura 30 – Sistema hidráulico da máquina, na parte superior.

Fonte: Autoria Própria

Embora o bloco hidráulico de segurança seja a opção de aplicação mais simples e fácil, a adaptação da instalação hidráulica com válvulas de segurança para atender aos requisitos de segurança apresenta menor custo. Para atender tal exigência, são necessárias quatro válvulas de segurança para cumprir as seguintes funções: Proteção contra sobrepessão, retenção, descompressão monitorada e redundância com válvula direcional monitorada.

Medida de Segurança a ser Implementada: Instalar válvulas de segurança no sistema hidráulico para garantir o funcionamento equivalente ao bloco hidráulico de segurança.

#### **4.6.7 RELÉS DE SEGURANÇA E CLP**

O conjunto de relés e CLP em uso atualmente foi fornecido pelo fabricante do equipamento. Este não dispõe de subsídios suficientes para que a classe de proteção 4 seja garantida com o uso dos dispositivos propostos. A presença de redundâncias e de ciclos de monitoramento constantes exige um controle lógico programável mais sofisticado. A figura 31 mostra o painel de comando com o conjunto de relés utilizados e o controle lógico.



Figura 31 – Painel de comando do equipamento.

Fonte: Autoria Própria

Medida de Segurança a ser Implementada: Instalação de um CLP de segurança que monitore todos os periféricos de segurança do equipamento e garanta a categoria de segurança 4.

#### **4.6.8 SINALIZAÇÃO E INSTRUÇÃO OPERACIONAL**

O ambiente onde a máquina situa-se não está sinalizado quanto aos perigos. A instrução operacional existe, mas não está acessível aos operadores *in loco*. Essas duas ocorrências estão em desacordo com o item 12.116 do corpo da norma. Além disso, a instrução operacional deverá ser atualizada para abranger as medidas adotadas nesta adequação.

Há uma escada para acesso a parte superior da máquina. Essa deve ter sinalização quanto aos riscos associados ao trabalho em altura e da restrição ao acesso pelos funcionários de manutenção, uma vez que o sistema hidráulico do equipamento se encontra na parte superior da máquina.

O item citado trata também das instruções para cada procedimento da manutenção. Essa informação, atualmente, é repassada de forma verbal, o que caracteriza uma

não conformidade com o item 12.130, além do item supracitado. Nesse procedimento deve ser incluso, nas situações de intervenções, o procedimento de uso compulsório de cadeados para bloqueio de comandos de acionamento com identificação do manutentor.

Medidas de Segurança a ser Implementadas: Elaboração de instruções escritas de manutenção, disponibilização *in loco* dos procedimentos de operação e manutenção e sinalização dos riscos no local do equipamento.

#### 4.6.9 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Na instrução operacional atual, há a necessidade de uso dos seguintes EPIs: óculos de segurança, protetores auriculares e luvas de segurança. As medidas adotadas não são suficientes para eliminar totalmente os riscos de projeção de materiais, lesões nas mãos ou ruídos. Dessa forma, deve-se manter a instrução de uso desses equipamentos durante a operação.

#### 4.7 ESTIMATIVA DE RISCO APÓS ADOÇÃO DE MEDIDAS

Após a adoção de medidas orientadas pela norma e seus anexos, foi realizada outra estimativa de riscos relativas aos mesmos perigos, a fim de avaliar se as mudanças propostas foram suficientes para atingir um nível aceitável de risco. A tabela 4 demonstra os resultados obtidos.

Tabela 4 – Estimativa de riscos pelo método HRN após adoção de medidas.

	<b>Esmagamento durante Operação</b>	<b>Esmagamento durante manutenção</b>	<b>Ejeção de fluido em alta Pressão</b>
<b>Severidade do Dano (Se)</b>	Perda de dois membros/olhos (8)	Perda de dois membros/olhos (8)	Perda de dois membros ou doença grave irreversível (8)
<b>Frequência de exposição (Fr)</b>	Constantemente (5)	Semanal (1,5)	Semanal (1,5)
<b>Probabilidade de Ocorrência (Pr)</b>	Não Esperado (1)	Não Esperado (1)	Não Esperado (1)
<b>Número de Pessoas Expostas (NP)</b>	1-2 Pessoas (1)	1-2 Pessoas (1)	1-2 Pessoas (1)
<b>Classe do Risco (CI)</b>	Baixo, mas significativa (40)	Baixo, mas significativa (12)	Baixo, mas significativa (12)

Fonte: Autoria Própria

#### 4.8 AVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS ADOÇÃO DE MEDIDAS

Os resultados obtidos mostram uma redução significativa nos riscos abordados, em que todos atingem um nível aceitável. A norma não exige a eliminação dos riscos, mas

que estes estejam em um limite tolerável para a operação.

O risco que obteve maior pontuação pelo método HRN na estimativa anterior, esmagamento durante operação, foi o que representou a maior queda na classe do risco. Porém ainda continua sendo o maior dentre os três riscos abordados, uma vez que a frequência de exposição é alta e não pode ser alterada, já que é necessária para a atividade produtiva da empresa.

A severidade do dano também é inerente aos movimentos da máquina e das peças no caso de esmagamento, e da pressão dos fluidos nos canos condutores no caso da ejeção de fluido. Esse fator, então, também não foi passível de redução com as medidas adotadas

A redução dos riscos ocorreu, portanto, por meio da diminuição na probabilidade de ocorrência. Tanto a implementação dos dispositivos requeridos, quanto as medidas administrativas visam a contração nesse fator, e houve a concretização nessa redução. O fator mais baixo para probabilidade na metodologia HRN é referente a uma chance de ocorrência impossível, não havendo um fator intermediário abaixo de "não esperado". Caso houvesse, a redução na classe de risco poderia ser ainda mais significativa.

#### 4.9 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Definidas as medidas a serem adotadas para atingir um nível aceitável de exposição aos riscos e atender aos requisitos da norma, foi realizado um levantamento dos custos para a instalação dos dispositivos. Para tal, foram solicitados orçamentos de diferentes fornecedores do ramo. A tabela 5 resume os dispositivos necessários e os respectivos preços para aquisição.

Tabela 5 – Preços dos dispositivos para adequação da máquina.

<b>Item</b>	<b>Custo</b>
<b>Sistema de laser múltiplos feixes com CLP Nuova Eletrônica (MCS+DSP LASER AP)</b>	R\$ 20.000,00
<b>Válvula retenção Bosch (Z2S6-1-6X)</b>	R\$ 740,00
<b>Valvula direcional monitorada TN06 ATOS (0612/7/AFI/NC-X-24DC)</b>	R\$ 1.808,00
<b>Válvula de alívio HYDAC (560420)</b>	R\$ 352,00
<b>Válvula direcional monitorada duplo solenoide TN06 ATOS (4WE6G6X)</b>	R\$ 4.700,00
<b>Pedal de segurança - 4 unidades Schmersal (TFH 232-11UDR)</b>	R\$ 1.640,00
<b>Pedestal de acionamento Fabricação na empresa</b>	R\$ 200,00
<b>Botão de emergência + reset - 2 unidades ACE Schmersal</b>	R\$ 150,00
<b>Calço de segurança com base monitorada Hidralmac</b>	R\$ 682,00
<b>Chaves de intertravamento eletromagnéticas Allen-Bradley (Sensguard 440n-z21ss2a)</b>	R\$ 450,00
<b>Mão de obra para implementação (20h)</b>	R\$ 3.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 33.722,00</b>

Fonte: Autoria Própria

O somatório dos custos representa uma adequação onerosa para a empresa, o que justifica a dificuldade que muitas empresas apresentam em cumprir os requisitos impostos pela NR-12. Com o valor do equipamento estimado em R\$ 180.000,00, o levantamento dos custos representa 18,76% deste valor. Apesar do alto valor, os custos para a aquisição de um modelo já adequado podem ser maiores, considerando também o transporte do mesmo e mudança nas instalações para a utilização de outro equipamento.

Além disso, o item 12.134 proíbe expressamente a comercialização de equipamentos que não estejam em conformidade com a norma, o que torna inviável a utilização do valor de uma possível venda dessa máquina. A decisão de não adequar a máquina pode significar, portanto, a inutilização da máquina, o que caracteriza o desperdício do recurso financeiro que ela representa.

Apesar dos altos custos, a adequação traz o benefício de contribuir para que acidentes de trabalho não ocorram. Essas ocorrências podem ser muito onerosas, com relatos na jurisprudência de indenizações por dano material de R\$ 20.000,00 por amputação

de um dedo e de R\$ 50.000,00 por amputação de uma mão (BOURGUIGNON, 2018). Sendo assim, a ocorrência de um acidente com amputação pode representar maior impacto financeiro que o valor estipulado para a adequação da máquina.

O item com maior custo para adequação é o kit com o dispositivo principal de segurança. Mesmo que seja acompanhado do CLP, o sistema de laser múltiplos feixes tem elevado custo, tendo o preço individual de R\$ 12.000,00.

Outro ponto a ser analisado nos custos é o que representam as válvulas para adaptação do sistema hidráulico, em um total de R\$ 7.600,00. Em comparação com um bloco hidráulico de segurança, como o *Bloco Retrofit TN 06* da Bosch Rexroth, que tem preço de R\$ 11.170,00, é notável a vantagem em realizar a adequação com válvulas hidráulicas que cumprem a função semelhante.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu validar que os requisitos estabelecidos na Norma Regulamentadora 12 e em seus anexos são suficientes para estabelecer um nível de exposição ao perigo dentro do limite aceitável. Isso foi comprovado por meio da aplicação da metodologia de análise de riscos estabelecidas e referenciadas nas normas técnicas brasileiras. As estimativas de riscos realizadas antes e após a adoção das medidas constataam a queda significativa da classe de risco nos perigos com consequência de maior severidade.

A metodologia *Hazard Number Rating* mostrou-se de grande utilidade para o estabelecimento dos níveis de risco. Uma vez que o procedimento de estimativa de riscos é subjetivo, a metodologia auxilia a objetivação ao estabelecer valores numéricos a critérios preestabelecidos. Esse fato é de ainda maior importância quando o profissional que realiza o procedimento não tem uma grande experiência nessa tarefa, como foi o caso deste trabalho. Portanto, a quantificação dos riscos é uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões e para demonstração da necessidade ou não de realizar mudanças que diminuam os riscos.

É importante salientar que o trabalho realizado focou na realização da apreciação de riscos da máquina. No entanto, para a adequação do pátio industrial à NR-12, são necessários também a elaboração do inventário das máquinas e equipamentos, o plano de ação com as ações necessárias e determinação de prazos e, por fim, a emissão da ART por profissional competente.

Para pequenas e médias empresas, onde a disponibilidade de recursos costuma ser mais estrita, o impacto financeiro para a adequação do pátio industrial à NR-12 pode comprometer investimentos para o crescimento da empresa, ou até restringir a atividade produtiva. Com isso, fica evidente a necessidade de buscar alternativas menos onerosas, mas que ainda tenham respaldo da norma, para atender aos requisitos estabelecidos, como foi o caso da substituição do bloco de segurança hidráulico por válvulas que desempenham função semelhante. Mesmo com o alto custo, a adequação se mostra necessária, pois a venda do equipamento não é possível sem realizar esse procedimento, uma vez que exigências da norma não se restringem apenas à utilização.

Por outro lado, a adequação traz benefícios além da conformidade com a lei, uma vez que a redução nos riscos previne futuros gastos com acidentes de trabalho e, conseqüentemente, com processos trabalhistas. Ademais, tornar o ambiente de trabalho mais salubre promove a sensação de bem-estar e acompanha a tendência do crescente esforço para garantir a segurança dos trabalhadores.



## REFERÊNCIAS

- ABIMAQ. **NR-12/2010 - Princípios Básicos de sua Aplicação na Segurança do Trabalho em Prensas e Similares**. 2012. Disponível em: <[http://www.abimaq.org.br/comunicacoes/deci/Principios\\_Basicos\\_de\\_sua\\_Aplicacao\\_na\\_Seguranca\\_do\\_Trabalho\\_em\\_Prensas\\_e\\_Similares.pdf](http://www.abimaq.org.br/comunicacoes/deci/Principios_Basicos_de_sua_Aplicacao_na_Seguranca_do_Trabalho_em_Prensas_e_Similares.pdf)>.
- ABIMAQ. **Manual de Instruções da Norma Regulamentadora NR-12**. 2016. Disponível em: <[www.abimaq.org.br/comunicacoes/deci/Manual-de-Instrucoes-da-NR-12.pdf](http://www.abimaq.org.br/comunicacoes/deci/Manual-de-Instrucoes-da-NR-12.pdf)>.
- ABIMAQ. **NR-12 para Fabricantes de Máquinas**. 2016. Disponível em: <[http://www.abimaq.org.br/download/IPDMAQ/NR\\_12\\_17\\_1\\_16\\_ABIMAQ\\_LEITURA.pdf](http://www.abimaq.org.br/download/IPDMAQ/NR_12_17_1_16_ABIMAQ_LEITURA.pdf)>.
- ALLEN-BRADLEY. **Safety Products**. 2017. Disponível em: <<http://ab.rockwellautomation.com/Safety>>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 273: Segurança de máquinas - Dispositivos de intertravamento associados a proteções - Princípios para projeto e seleção. **Rio de Janeiro**, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO 12100 - Princípios gerais de projeto - Avaliação e redução de riscos. **Rio de Janeiro**, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO 13759: Equipamentos de parada de emergência. **Rio de Janeiro**, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16579: Prensas hidráulicas - Requisitos de segurança. **Rio de Janeiro**, 2017.
- BAÚ, M. T. **A Nova NR12 e as grandes mudanças para as empresas e os usuários**. 2013. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=2661>>.
- BOURGUIGNON, S. **Valores das Condenações na Jurisprudência**. 2018. Disponível em: <<http://www.acaodeindenizacao.com.br/valores>>.
- BRASIL. Ministério da previdência social, empresa de tecnologia e informações da previdência social. **Anuário estatístico da Previdência Social**, 2016.
- BRASIL. Ministério do trabalho e emprego. **NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**, 2018.
- CAMISASSA, M. **História da Segurança e Saúde no Trabalho no Brasil e no mundo**. 2016. Disponível em: <<http://genjuridico.com.br/2016/03/23/historia-da-seguranca-e-saude-no-trabalho-no-brasil-e-no-mundo/>>.
- CAMPOS, J. **Impactos da Nova Redação da NR-12**. 2013. Disponível em: <<http://www.ciespsa.com.br/files/2013/10/WORKSHOP-NR-12-FIESP-outubro-2013.pdf>>.

CHAGAS, A. M. d. R.; SALIM, C. A.; SERVO, L. M. S. Saúde e segurança no trabalho no Brasil: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2011.

FERREIRA, L. S.; PEIXOTO, N. H. **Segurança do Trabalho I**. [S.l.]: UFSM, 2012.

GONÇALVES, E. A.; CRUZ, V. M. C. da. Segurança e medicina do trabalho. **São Paulo: LTr**, 1996.

GÖRNEMANN, O. Métodos de avaliação de risco e ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa considerando normativas europeias e o caso brasileiro. 2015.

HOBSBAWM, E. J. The machine breakers. **Past & Present**, JSTOR, 1952.

HUTCHINS, B. L.; HARRISON, A. **A history of factory legislation**. [S.l.]: PS King & Son, 1911.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14121-1:2007 Safety of machinery. 2017.

*National Electrical Manufacturers Association*. Programmable controllers. part 1: General information. **IEC Publication 61131-1**, 2013.

MARTINS, S. P. **Direito da seguridade social**. [S.l.]: Atlas, 1992.

Ministério Público do Trabalho; Organização Internacional do Trabalho. **Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho**. 2017. Disponível em: <<https://observatoriosst.mpt.mp.br/>>.

Organização Internacional do Trabalho. **CONVENÇÃO N. 119**. 1963. Disponível em: <<http://www.oitbrasil.org.br/node/477>>.

ROCKWELL, A. **Considerações sobre a estrutura dos sistemas de controle relacionadas à segurança**. 2017. Disponível em: <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/10334651/print.html>>.

SCHMERSAL. **Segurança**. 2017. Disponível em: <<http://www.schmersal.com.br/produtos/seguranca/>>.

SOUZA, M. L. **Sobre a Comissão Nacional Tripartite Temática – CNTT**. 2015. Disponível em: <<http://www.alfasafety.com.br/sobre-a-comissao-nacional-tripartite-tematica-cntt/>>.

VECCHIO, M. D. **NR12 - SEM MISTÉRIOS**. 2009. Disponível em: <[http://www.ciespsorocaba.com.br/documentos/palestras/ciesp\\_nr\\_12.pdf](http://www.ciespsorocaba.com.br/documentos/palestras/ciesp_nr_12.pdf)>.

## APÊNDICE A – FATORES DO MÉTODO HRN

A seguir a tabela com os valores relacionados à severidade dos danos considerados

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

A seguir, tabela com os valores relacionados à frequência de exposição ao risco considerado.

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

A seguir, tabela com os valores relacionados à probabilidade de ocorrência do dano considerado.

Probabilidade de Ocorrência do Dano	Pr
Certamente	15
Esperado	10
Provável	8
Alguma Chance	5
Possível	2
Não esperado	1
Impossível	0,03

A seguir, tabela com os valores relacionados ao número de pessoas expostas ao perigo considerado.

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

**APÊNDICE B – PERIGOS EM PRENSAS E  
EQUIPAMENTOS SEMELHANTES**

Perigos	Áreas de perigo	Medidas preventivas: subseções desta Norma	Subseções da ABNT NBR ISO 12100:2013
<b>Perigos mecânicos</b>			
Perigo de esmagamento Perigo de mutilação Perigo de corte ou perfuração Perigo de enroscamento Perigo de arrastamento ou aprisionamento	Entre ferramentas em movimento Martelo em movimento Almofada de repuxo em movimento Ejetor de peças Proteções	5.2 a 5.5, Anexos C, D e E	Anexo B, Tabela B.1, no. 1
Perigo de impacto	Peças em movimento de equipamentos elétricos, hidráulicos e pneumáticos	5.2 a 5.5, Anexos C, D e E	
	Motor e acionamento de máquina	5.6.1 a 5.6.3	
	Dispositivo mecânico para manuseio	5.6.1 a 5.6.4	
Perigo de expulsão	Componentes de máquinas Peças em produção e ferramentas	5.6.5 7.2.2 i)	
Perigo de ejetar fluido em alta pressão	Sistemas hidráulicos	5.8.3	
Perigo de escorregar, tropeçar e cair	Todos os trabalhos em lugares altos Piso ao redor da prensa	5.7	Anexo B, Tabela B.1, no. 1
<b>Perigos elétricos</b>			
Perigo de contato direto	Equipamento elétrico	5.8.1	Anexo B, Tabela B.1, no. 2
Perigo de contato indireto			
Perigo de radiação térmica (queimaduras)			
<b>Perigos térmicos</b>			
Perigos térmicos resultando em queimaduras devido ao possível contato de pessoas	Partes do sistema hidráulico	5.8.2	Anexo B, Tabela B.1, no. 3

Perigos	Áreas de perigo	Medidas preventivas: subseções desta Norma	Subseções da ABNT NBR ISO 12100:2013
<b>Perigos gerados por pressão sonora (ruído)</b>			
Perigos gerados por pressão sonora (ruído), resultando em perdas de audição (surdez)	Qualquer área da prensa onde existam riscos para a audição	5.8.4	Anexo B, Tabela B.1, no. 4
<b>Perigos gerados por vibrações</b>			
Perigos gerados por vibrações	Partes da prensa onde o risco ocorre, por exemplo, a(s) estação(ões) de trabalho	5.8.5	Anexo B, Tabela B.1, no. 5
<b>Perigos gerados por materiais e substâncias processadas, usadas ou liberadas pela máquina</b>			
Perigos que resultam de inalação ou contato com fluidos, gases, névoas, fumaças e poeiras nocivas	Sistemas hidráulicos; pneumáticos e seus comandos; materiais tóxicos de trabalho	5.8.6.1 a 5.8.6.3	Anexo B, Tabela B.1, no. 7
Perigo por fogo ou explosão	Ventilação de exaustão e equipamento de coleta de poeira	5.8.6.4	
<b>Perigos gerados pela inobservância aos princípios ergonômicos no projeto de máquinas</b>			
Perigos gerados pela inobservância aos princípios ergonômicos no projeto de máquinas (falta de concordância entre características e habilidades humanas), como postura não saudável ou solicitação excessiva	Postura de trabalho e comandos para os operadores e ferramentas manuais do pessoal de manutenção	5.8.7	Anexo B, Tabela B.1, no. 8