

**EDUARDO VOLTOLINI**

**ANÁLISE DE RISCOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA A  
MÁQUINA SERRA FITA EM UMA EMPRESA MOVELEIRA**

**SÃO PAULO  
2018**

**EDUARDO VOLTOLINI**

**ANÁLISE DE RISCOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA A  
MÁQUINA SERRA FITA EM UMA EMPRESA MOVELEIRA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para a  
obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho.

**SÃO PAULO**  
**2018**

A minha esposa Fabiana e ao nosso bebê Joaquim

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a empresa moveleira que abriu suas portas para a realização deste trabalho, em especial ao gestor que acompanhou a realização do estudo de caso.

Reitero também os protestos de elevada estima e distinta consideração a todo o corpo técnico do Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade de São Paulo.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo realizar o inventário das máquinas e equipamentos de uma empresa moveleira, definir a ordem de prioridade para adequação pelo método *Hazard Rating Numbers*, categorizar a máquina serra fita conforme a NBR 14153:2013 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto, analisar os riscos associados e sugerir melhorias para redução dos riscos desta máquina. A Norma Regulamentadora NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos do Ministério do Trabalho e Emprego define referências técnicas, principais aspectos e medidas de proteção para assegurar a saúde e integridade físicas dos trabalhadores, bem como estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas etapas de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, de todos os tipos. Cabe ao Ministério do Trabalho e Emprego a fiscalização nas empresas quanto ao atendimento da NR-12. Embora esta norma regulamentadora seja de 1978, muitas empresas não possuem seu maquinário adequado, oferecendo riscos aos operadores e demais trabalhadores no entorno. Neste contexto, várias empresas do polo moveleiro de São Bento do Sul e região se encontram com máquinas a adequar. Em uma destas empresas foi realizado o estudo de caso. Para nortear as ações de adequação, foi realizado o inventário de máquinas e equipamentos. Posteriormente, aplicada à metodologia de priorização *Hazard Rating Numbers*, com a qual é possível atribuir uma nota a cada perigo associado a uma máquina. A prioridade para adequação deve ser por aquelas que oferecem as maiores notas e consecutivamente os maiores riscos. Na empresa em questão, a máquina mais temerária era a serra fita. Para esta realizou-se a classificação de segurança, conforme as categorias apresentadas na NBR 14153:2013. De acordo com as exigências da categoria selecionada, discutiram-se os riscos associados a serra fita e maneiras de reduzi-los ou eliminá-los. Em relação à metodologia, a coleta de dados secundários para a fundamentação teórica se deu através de normas técnicas, livros, artigos, teses, apostilas e materiais da Internet. No estudo de caso as principais técnicas empregadas foram observações em campo, entrevistas não estruturadas e análise de documentos. Os objetivos deste trabalho foram alcançados, pois foi possível identificar os riscos associados aos perigos da máquina serra fita e sugerir algumas medidas para reduzi-los ou eliminá-los. Por fim, conclui-se que não há uma regra geral para a adequação das máquinas do setor moveleiro, que a eliminação e/ou redução dos riscos é um processo que deve envolver gestores, operadores, técnicos e engenheiros na busca de soluções para tornar máquinas e equipamentos mais seguros.

**Palavras chave:** Máquinas Moveleiras. Inventário. *Hazard Rating Numbers*. Análise de Riscos. NR-12. Adequação de Máquinas.

## ABSTRACT

This final paper aims to carry out the inventory of the machines and equipment of a furniture company, set the order of priority for adequacy by the Hazard Rating Numbers method, categorize the band sawing machine according to NBR 14153:2013 - Machine safety - Parts of control systems related to safety - General principles for project; to analyze the associated risks and to propose improvements to reduce the risks of this machine. Regulatory Norm NR-12 - Safety at work in machinery and equipment of the Ministério do Trabalho e Emprego (Ministry of Labor and Employment) defines technical details, main aspects and protective measures to ensure the health and physical integrity of workers, as well as establishes minimum requirements for the accidents prevention and occupational diseases in the stages of design and use of machines and equipment of all types. It is responsibility of the Ministério do Trabalho e Emprego to supervise companies regarding application of NR-12 requirements. Although this regulatory standard is from 1978, many companies do not have adequate machinery, putting in risk their operators and other workers in surrounding. In this context, several companies of furniture pole of São Bento do Sul and region have machines to be adapted. In one of these companies is realized this case study. In order to guide the actions, an inventory of machines and equipment was performed. Subsequently, was applied the Hazard Rating Numbers prioritization methodology, with which it is possible to assign a grade to each hazard associated to each machine. The priority for adaptation of the machines should be for those who offer the highest scores and consequently the highest risks. At this company, the most dangerous machine was the Band Sawing machine. For this, was performed the Security Classification following the categories presented in NBR 14153:2013. According to the requirements of the selected category, was discussed the risks associated with band sawing machine and what were options to reduce or eliminate them. Regarding the methodology, the secondary data collection for the theoretical basis was given through technical norms, books, articles, theses, apostilles and Internet research. In the case study the main techniques used were field observations, unstructured interviews and document analysis. The objectives of this work were achieved, as it was possible to identify the risks associated with the dangers of band sawing machine and was possible suggest some alternatives to reduce or eliminate them. Finally, it is concluded that there is no general rule for the adequacy of machines in the furniture sector, that elimination and/or reduction of risks is a process that must involve managers, operators, technicians and engineers in the search for solutions to make machines and equipment more secure.

**Key words:** Furnitures Machines. Inventory. Hazard Rating Numbers. Risk Analysis. NR-12. Machines Adequacy.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – HRN – Parâmetro Se .....	15
Figura 2 – HRN – Parâmetro Fr .....	15
Figura 3 – HRN – Parâmetro Pr .....	16
Figura 4 – HRN – Parâmetro NP .....	16
Figura 5 – HRN – Classes de Risco .....	17
Figura 6 – Seleção possível de categorias .....	24
Figura 7 – Relação de máquinas e equipamentos .....	28
Figura 8 – Ordem de prioridade para adequação de máquinas e equipamentos .....	29
Figura 9 – Serra Fita (vista frontal) .....	30
Figura 10 – Serra Fita (vista lateral) .....	31
Figura 11 – Perigo associado a serra fita: serra de corte 1 .....	32
Figura 12 – Perigo associado a serra fita: serra de corte 2 .....	33
Figura 13 – Perigo associado a serra fita: polias .....	34
Figura 14 – Perigo associado a serra fita: carreiras de transmissão .....	35
Figura 15 – Mesa de corte .....	35
Figura 16 – Serra fita: categoria 3 .....	37
Figura 17 – Gabarito de corte .....	39
Figura 18 – Base do gabarito de corte .....	40
Figura 19 – Detalhe da operação da serra fita utilizando o gabarito de corte .....	40

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIMÓVEL - Associação Brasileira Das Indústrias do Mobiliário

EPI – Equipamento de Proteção Individual

HRN – *Hazard Rating Numbers*

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Norma Brasileira

NM – Níveis de Normalização

NR – Norma Regulamentadora

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA .....	11
<b>2 REVISÃO DA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 INVENTÁRIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	13
2.2 METODOLOGIA DE PRIORIZAÇÃO – HRN – <i>HAZARD RATING NUMBERS</i> ..	14
2.3 CATEGORIAS DE SEGURANÇA .....	17
2.4 MÉTODO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE SEGURANÇA .....	23
2.5 PROCESSO PARA A SELEÇÃO E PROJETO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA ...	24
2.6 REDUÇÃO DO RISCO .....	26
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>28</b>
4.1 INVENTÁRIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	28
4.2 ORDEM DE PRIORIDADE PELO MÉTODO HRN – <i>HAZARD RATING NUMBERS</i> .....	29
4.3 DESCRIÇÃO DA MÁQUINA SERRA FITA .....	30
4.4 DEMONSTRAÇÃO DO MÉTODO HRN PARA A MÁQUINA SERRA FITA .....	31
4.5 DETERMINAÇÃO DA CATEGORIA DE SEGURANÇA DA SERRA FITA .....	35
4.6 SUGESTÕES PARA O PROCESSO DE SELEÇÃO E DO PROJETO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA .....	37
4.6.1 Passo 1 - Análise do perigo e apreciação de riscos .....	38
4.6.2 Passo 2 - Decisão das medidas para redução do risco .....	38
4.6.3 Passo 3 - Especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança .....	38
4.6.4 Passo 4 - Projeto .....	38
4.6.5 Passo 5 - Validação .....	41
4.7 SUGESTÕES PARA A REDUÇÃO DE RISCOS .....	41
4.8 PROPOSTA DE ANEXO A NR-12 ELABORADA PELA ABIMÓVEL PARA MÁQUINAS PARA FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA DE MÓVEIS – SERRA FITA ....	42
4.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria moveleira brasileira ocupa posição intermediária dentro no mercado mundial de produção de móveis, com uma fatia de 3,5%. Em relação ao mercado nacional, os estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina ocupam o topo do ranking do número de estabelecimentos desta natureza, com grande vantagem sobre o sexto estado da lista, Goiás. Apenas 3,5% é destinado a exportação. Neste contexto, destaca-se o estado de Santa Catarina, maior estado exportador de móveis (DEPEC, 2017).

São Bento do Sul, município localizado na região norte catarinense, detém a alcunha de Capital Nacional dos Móveis. A cidade é destaque nacional neste setor. Segundo o jornal A Gazeta (2018), entre as três maiores empresas exportadoras de móveis brasileiras, duas estão instaladas em São Bento do Sul, Móveis Katzer e da Artefama, sendo que a primeira da lista, Móveis 3 Irmãos, está localizada na cidade vizinha, Campo Alegre, reforçando deste modo a vocação regional para a produção de móveis.

Em uma das centenas de empresas moveleiras de São Bento do Sul foi realizado o estudo de caso. Nesta são produzidos móveis com madeira maciça da espécie *Pinus elliottii*, cuja origem são reflorestamentos da região. A empresa vem expandindo seus negócios nos últimos anos. Atualmente possui 38 funcionários.

Buscando aprimorar a qualidade dos seus móveis e ampliar a rentabilidade dos produtos, a empresa tem investimento em novas máquinas e equipamentos. E exatamente neste aspecto há uma grande preocupação por parte dos gestores, as notificações expedidas pelos fiscais do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE para certificação do maquinário moveleiro em face da Norma Regulamentadora NR-12.

As Normas Regulamentadoras de segurança foram lançadas em 1978, pelo então Ministério do Trabalho, hoje Ministério do Trabalho e Emprego. Atualmente são 36 NRs que tratam de várias temáticas. Neste trabalho o foco estará sobre a NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

No município houve uma notificação em massa das empresas moveleiras para a necessidade de adequação das máquinas a NR-12. Os fiscais do MTE se dirigiram ao sindicato da categoria e coletaram dados de todas as empresas filiadas, as quais foram recebendo pelos Correios as notificações supramencionadas.

Neste contexto havia algumas empresas com trabalhos em desenvolvimento para a certificação de segurança, porém a maioria sequer tinha o inventário de máquinas e equipamentos. Na empresa pesquisada os trabalhos não haviam sido iniciados, constituindo-se deste modo em uma oportunidade impar para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

O primeiro passo consistiu em relacionar as máquinas e equipamentos em operação dentro da empresa. Com a quantidade de máquinas tem-se a primeira noção da dimensão dos trabalhos que estarão por vir. Porém o inventário é uma atividade bastante simples, pois listar e quantificar máquinas e equipamentos não trás uma resposta suficiente a empresa, muito menos ao MTE.

A segunda etapa do processo foi elaborar uma lista por ordem de prioridade para adequação, ou seja, um ranking de máquinas com maior risco associado naquele momento. O método utilizado foi o *Hazard Rating Numbers* – HRN. Detectou-se que a serra fita era a máquina que oferecia maior risco. A partir desta conclusão, as etapas seguintes se restringiram a serra fita.

Realizou-se a classificação de segurança, conforme as categorias apresentadas na NBR 14153:2013 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto. De acordo com as exigências da categoria selecionada, discutiram-se os riscos associados a serra fita e maneiras de reduzi-los ou eliminá-los.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar o inventário das máquinas e equipamentos na empresa pesquisada, definir a ordem de prioridade para adequação pelo método *Hazard Rating Numbers*, categorizar a máquina serra fita conforme a NBR 14153:2013, analisar os riscos associados a esta e sugerir melhorias para redução dos riscos desta máquina.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação para a realização deste trabalho foi à possibilidade de inserção em uma nova atividade profissional, a de analisar riscos e projetar soluções com vistas à certificação de segurança e atendimento a NR-12 para as máquinas e

equipamentos da indústria moveleira. Trata-se de uma oportunidade para aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

## **2 REVISÃO DA BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 INVENTÁRIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

A elaboração do inventário de máquinas e equipamentos de uma empresa é o primeiro passo para se conhecer a realidade e os desafios para a adequação destas às exigências de segurança da NR-12. Num primeiro momento relacionam-se todas as máquinas e equipamentos que serão avaliados, em seguida cria-se uma ficha individual para cada uma delas (SHERIQUE, 2014).

Conforme Sherique (2014), no inventário deve-se:

- a) Identificar a máquina ou equipamento, informando o nome do fabricante, modelo, ano de fabricação, descrevendo resumidamente a sua finalidade.
- b) Descrever os dados técnicos da máquina ou equipamento, tais como: tipo, capacidade, velocidade, ciclos, acionamento, potência, etc. Estas informações podem ser obtidas no manual do fabricante da máquina ou equipamento.
- c) Informar todos os sistemas ou dispositivos de segurança existente na máquina ou equipamento, descrevendo para cada um a sua finalidade específica.
- d) Elaborar uma planta baixa (*layout*) do setor da empresa onde a máquina ou equipamento está instalada, destacando a sua localização. No caso de existir mais de uma máquina ou equipamento no setor, identificar cada uma com o número da sua ficha.
- e) Detalhar todas as intervenções ocorridas com a máquina ou equipamento com as respectivas datas.
- f) Informar o nome e registro de classe do profissional qualificado ou legalmente habilitado pela realização do Inventário.

Na NR-12, o tema é abordado no item 12.153, onde se afirma que a empresa deve manter inventário atualizado das máquinas e equipamentos com identificação por tipo, capacidade, sistemas de segurança e localização com representação esquemática, elaborado por profissional qualificado ou legalmente habilitado.

São as informações do inventário que subsidiam as ações de gestão para aplicação da NR-12. Estão dispensadas da elaboração do inventário às microempresas e as empresas de pequeno porte. Não necessitam figurar no rol as

máquinas autopropelidas, automotrices e máquinas e equipamentos estacionários utilizados em frentes de trabalho, assim como as ferramentas manuais e transportáveis (NR-12, 2010).

## 2.2 METODOLOGIA DE PRIORIZAÇÃO – HRN – HAZARD RATING NUMBERS

Em junho de 1990 a Revista *Safety and Health Practitioner* (Reino Unido) publicou o artigo de Chris Steel que introduzia a metodologia denominada *Hazard Rating Numbers* - HRN, a qual quantificava a probabilidade e frequência de exposição a um perigo, número de pessoas em risco e a máxima perda provável. (*Safety and Health Practitioner*, 2015).

De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego (2015), esta metodologia é adequada para se definir ações prioritárias no processo de adequação de máquinas, embora não possa ser utilizada para a determinação da categoria de segurança requerida, a qual é dada através da NBR 14.153:2013 – Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionados à segurança — Princípios gerais para projeto.

O modelo HRN de Chris Steel é utilizado para mensurar uma estimativa de risco para cada perigo associado a uma máquina ou equipamento através de quatro parâmetros: probabilidade de exposição à situação perigosa (PE); frequência de exposição (FE); probabilidade máxima de perda (MPL) e número de pessoas expostas (NP). Cada um destes parâmetros possui uma graduação, que devem ser multiplicados para a obtenção do HRN, portanto,  $\text{HRN} = \text{PE} \times \text{FE} \times \text{MPL} \times \text{NP}$  (Revista Proteção, 2014).

Já para o Ministério do Trabalho e Emprego (2015), os parâmetros acima recebem outra nomenclatura:

- a) Severidade do Dano Considerado (Se): é escolhida a opção que apresente o maior dano esperado que possa ocorrer em função do perigo que se está exposto.
- b) Frequência de Exposição ao Risco (Fr): seleciona-se a frequência na qual a pessoa está exposta ao perigo analisado.
- c) Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr): aponta-se a probabilidade de ocorrência do dano considerado em função da exposição ao perigo identificado na máquina.

- d) Número de Pessoas Expostas ao Risco (Np): define-se o número de pessoas expostas ao perigo que está sendo analisado.
- e) Classe do Risco (Cl): equivale a multiplicação dos quatro valores selecionados das tabelas para os parâmetros Se, Fr, Pr e Np. A fórmula é escrita da seguinte maneira:  $Cl = Se \times Fr \times Pr \times Np$ .

Conforme o Ministério do Trabalho e Emprego (2015), os valores relativos ao parâmetro Se (Severidade do Dano Considerado) são apresentados na figura 1.

Figura 1 – HRN – Parâmetro Se

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

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

De mesmo modo, na figura 2, o parâmetro Fr (Frequência de Exposição ao Risco):

Figura 2 – HRN – Parâmetro Fr

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

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

Ainda de acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego (2015), tem-se na figura 3 a graduação do parâmetro Pr (Probabilidade de Ocorrência do Dano):

Figura 3 – HRN – Parâmetro Pr

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

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

Finalmente, na figura 4 apresentam-se os valores concernentes ao parâmetro NP (Número de Pessoas Expostas ao Risco):

Figura 4 – HRN – Parâmetro NP

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

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

Com a multiplicação dos fatores é obtido o valor CI (Classe de Risco), que permite uma avaliação qualitativa do risco e a ação a ser tomada, conforme a figura 5 do Ministério do Trabalho e Emprego (2015):

Figura 5 – HRN – Classes de Risco

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

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

Fechando este tópico, têm-se as considerações do Ministério do Trabalho e Emprego (2015) para auxiliar na interpretação dos riscos:

- a) Risco baixo, porém significativo: não são requeridas melhorias de controle significativas, mas é recomendável o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), a aplicação de procedimento acompanhado de treinamento.
- b) Risco Alto: medidas de controle adicionais devem ser implementadas ao sistema instalado na máquina, em um prazo recomendado de 6 meses.
- c) Risco Inaceitável: deve-se cessar a operação de trabalho da máquina ou equipamento até que medidas de controle tenham sido adotadas

Ainda conforme o Ministério do Trabalho e Emprego (2015), a metodologia HRN é adequada para priorização das ações de melhoria em função dos riscos estimados, pois os valores que podem resultar da estimativa abrangem um faixa grande e com inúmeros resultados intermediários que, dessa forma, podem ser bem distribuídos, facilitando a estratificação no processo de priorização.

### 2.3 CATEGORIAS DE SEGURANÇA

A NR-12 no item 12.39 faz menção aos requisitos dos sistemas de segurança selecionados e instalados em máquinas e equipamentos. O primeiro requisito apresentado (alínea a) trata sobre a necessidade de estes sistemas possuírem categoria de segurança, definida através de análise de riscos prevista nas normas técnicas oficiais vigentes (NR-12, 2010).

As partes de um sistema de comando relacionadas à segurança correspondem à parte ou subparte do sistema de comando que responde a sinais de entrada do equipamento sob comando, com ou sem a presença de um operador, e gera sinais de saída relacionados à segurança (NBR 14153, 2013).

O método escolhido para a definição da categoria de segurança de uma máquina ou equipamento é apresentado na NBR 14153:2013 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança - Princípios gerais para projeto (Ministério do Trabalho e Emprego, 2015).

A NBR 14153 (2013) conceitua categoria como a classificação das partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, com respeito a sua resistência a defeitos e seu subsequente comportamento na condição de defeito, que é alcançada pelos arranjos estruturais das partes e/ou por sua confiabilidade.

“O desempenho de uma parte de um sistema de comando relacionada à segurança, com relação à ocorrência de defeitos, é dividido em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4), que devem ser usadas como pontos de referência” (Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. p.49).

De acordo com a NBR 14153 (2013), a categoria B especifica que as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, minimamente devem ser projetadas, construídas, selecionadas, montadas e combinadas, de acordo com as normas relevantes, usando os princípios básicos de segurança para a aplicação específica, de tal forma que resistam a:

- a) Fadiga operacional prevista, como, por exemplo, a confiabilidade com respeito à capacidade e frequência de comutação;
- b) Influência do material processado ou utilizado no processo, como, por exemplo, detergentes em máquinas de lavar;
- c) Outras influências externas relevantes, como, por exemplo, vibrações mecânicas, campos externos, distúrbios ou interrupção do fornecimento de energia

Referente às notas 1 e 2 relativas a categoria B, não são aplicadas medidas especiais de segurança a partes integrantes a esta categoria, bem como quando um defeito ocorre, este pode levar a perda da função de segurança. Para atender aos requisitos de segurança da NBR NM 213-2 (substituída pela NBR 12.100:2013) podem ser necessárias medidas que não são proporcionadas pelas partes relacionadas à segurança de sistemas de comando (NBR 14153, 2013).

Na categoria 1 aplica-se os requisitos da categoria B, e além destes, as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, de categoria 1, devem ser projetadas e construídas utilizando-se componentes bem ensaiados e princípios de segurança comprovados (NBR 14153, 2013). Um componente bem ensaiado para uma aplicação relacionada à segurança é aquele que tem sido:

- a) Largamente empregado no passado, com resultados satisfatórios em aplicações similares; ou
- b) Construído e verificado utilizando-se princípios que demonstrem sua adequação e confiabilidade para aplicações relacionadas à segurança (NBR 14153, 2013).

Em alguns componentes bem ensaiados, certos defeitos podem também ser excluídos, em razão de ser conhecida a incidência de defeitos e esta ser muito baixa. A decisão de se aceitar um componente particular como bem ensaiado pode depender de sua aplicação (NBR 14153, 2013).

Conforme a nota 1 relativa a categoria 1, para componentes eletrônicos isolados, geralmente não é possível enquadramento nesta categoria (NBR 14153, 2013). Já os princípios de segurança comprovados são, por exemplo:

- a) Impedimento de certos defeitos, como, por exemplo, impedimento de curtos-circuitos por isolação;
- b) Redução da probabilidade de defeitos, como, por exemplo, superdimensionamento ou uma baixa solicitação de componentes;
- c) Pela orientação do modo de defeitos, como, por exemplo, pela garantia da abertura de um circuito, quando isso é vital para remover a energia no evento de defeitos;
- d) Detecção precoce de defeitos;
- e) O ato de restringir as consequências de um defeito, como, por exemplo, aterrando o equipamento (NBR 14153, 2013).

Atendidas as condições acima, os “princípios de segurança e componentes de desenvolvimento recente podem ser considerados princípios comprovados e componentes bem ensaiados” (NBR 14153, 2013. p.14).

Por fim, nas notas 2 e 3 relativas a categoria 1, tem-se que a probabilidade de falha na categoria 1 é inferior àquela da categoria B. Deste modo, a perda da função de segurança é menos provável. Na ocorrência de um defeito, este pode levar à perda da função de segurança. Para atender aos requisitos de segurança da NBR

NM 213-2 (substituída pela NBR 12.100:2013) podem ser necessárias medidas que não são proporcionadas pelas partes relacionadas à segurança de sistemas de comando (NBR 14153, 2013).

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego (2015), a NR-12 requer que os sistemas de segurança devem ser escolhidos e instalados de modo que estes se mantenham sob vigilância automática (exceto para dispositivos mecânicos, visto que o monitoramento não é possível). A partir desta observação, as categorias aceitáveis pela NR-12 são as categorias 2, 3 e 4, as quais serão apresentadas a seguir.

Na categoria 2 devem ser aplicados os requisitos da categoria B, e além destes, as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, de categoria 2, devem ser projetadas de tal forma que sejam verificadas em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina (NBR 14153, 2013).

A verificação das funções de segurança deve ser efetuada:

- a) Na partida da máquina e antes do início de qualquer situação de perigo; e
- b) Periodicamente durante a operação, se a avaliação do risco e o tipo de operação mostrarem que isso é necessário (NBR 14153, 2013).

O início dessa verificação pode ser automático ou manual. Qualquer verificação da(s) função(ões) de segurança deve:

- a) Permitir a operação se nenhum defeito foi constatado, ou
- b) Gerar um sinal de saída, que inicia uma ação apropriada do comando, se um defeito foi constatado. Sempre que possível, esse sinal deve comandar um estado seguro. Quando não for possível comandar um estado seguro, como, por exemplo, fusão de contatos no dispositivo final de comutação, a saída deve gerar um aviso do perigo (NBR 14153, 2013).

A verificação por si só não deve levar a uma situação de perigo. O equipamento de verificação pode ser parte integrante, ou não, da parte(s) relacionada(s) à segurança, que processa(m) a função de segurança (NBR 14153, 2013).

Após a detecção de um defeito, o estado seguro deve ser mantido até que o defeito tenha sido sanado (NBR 14153, 2013).

Referente às notas 1 e 2 e 3 relativas a categoria 2, Em algumas situações a categoria 2 não é aplicável, pelo fato de não ser possível a verificação de todos os componentes, como, por exemplo, pressostatos ou sensores de temperatura. De modo geral, a categoria 2 pode ser alcançada com técnicas eletrônicas, como, por

exemplo, em equipamento de proteção e sistemas específicos de comando. Já o comportamento de sistema de categoria 2 permite que a ocorrência de um defeito leve à perda da função de segurança apenas na etapa de verificações e, quando da perda da função de segurança, esta seja detectada nas verificações realizadas (NBR 14153, 2013).

Para a categoria 3, também devem ser aplicados os requisitos da categoria B, assim como a utilização de princípios de segurança comprovados, além dos requisitos apresentados pela NBR 14153 (2013), onde as partes relacionadas à segurança de sistemas de comando de categoria 3 devem ser projetadas de tal forma que um defeito isolado, em qualquer dessas partes, não leve à perda das funções de segurança. Defeitos de modos comuns devem ser considerados, quando a probabilidade da ocorrência de tal defeito for significante. Sempre que, razoavelmente praticável, o defeito isolado deve ser detectado durante ou antes da próxima solicitação da função de segurança.

Em seguida são apresentadas as quatro notas técnicas para a categoria 3:

“Nota 1 - Este requisito de detecção do defeito isolado não significa que todos os defeitos serão detectados. Consequentemente, o acúmulo de defeitos não detectados pode levar a um sinal de saída indesejado e a uma situação de perigo na máquina. Exemplos típicos de medidas utilizadas para a detecção de defeitos são os movimentos conectados de reles de contato ou a monitoração de saídas elétricas redundantes.

Nota 2 - Se necessário, em razão da tecnologia e aplicação, os elaboradores de normas do tipo C devem fornecer mais detalhes sobre a detecção de defeitos.

Nota 3 - O comportamento do sistema de categoria 3 permite que:

- quando o defeito isolado ocorre, a função de segurança sempre seja cumprida;
- alguns, mas não todos, defeitos sejam detectados;
- o acúmulo de defeitos não detectados leve à perda da função de segurança.

Nota 4 - “Sempre que razoavelmente praticável” significa que as medidas necessárias para a detecção de defeitos e o âmbito em que são implementadas dependem, principalmente, da consequência de um defeito e da probabilidade da ocorrência desse defeito, dentro dessa aplicação. A tecnologia aplicada irá influenciar as possibilidades da implementação da detecção de defeitos” (NBR 14153, 2013. p.15).

Finalmente, tratando-se da categoria 4, devem ser aplicados os requisitos da categoria B, assim como a utilização de princípios de segurança comprovados, e além destes, as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança da categoria 4 devem ser projetadas de tal forma que:

- a) Uma falha isolada em qualquer dessas partes relacionadas à segurança não leve à perda das funções de segurança; e

- b) A falha isolada é detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança, como, por exemplo, imediatamente, ao ligar o comando, ao final do ciclo de operação da máquina. Se essa detecção não for possível, o acúmulo de defeitos não deve levar à perda das funções de segurança (NBR 14153, 2013).

Se a detecção de certos defeitos não for possível ao menos durante a verificação seguinte à ocorrência do defeito, por razões de tecnologia ou engenharia de circuitos, a ocorrência de defeitos posteriores deve ser admitida. Nessa situação, o acúmulo de defeitos não deve levar à perda das funções de segurança (NBR 14153, 2013).

A revisão de defeitos pode ser suspensa, quando a probabilidade de ocorrência de defeitos posteriores, for considerada como sendo suficientemente baixa. Nesse caso, o número de defeitos, em combinação, que precisam ser levados em consideração, dependerá da tecnologia, estrutura e aplicação, mas deve ser suficiente para atingir o critério de detecção.

Em seguida são apresentadas as três notas técnicas da categoria 4:

"Nota 1 - Na prática, o número de defeitos; que precisam ser considerados variará consideravelmente; por exemplo, no caso de circuitos complexos de microprocessadores, um grande número de defeitos pode existir, porém em um circuito eletro-hidráulico, a consideração de três (ou mesmo dois) defeitos pode ser suficiente. Essa revisão de defeitos pode ser limitada a dois defeitos em combinação, quando:

- a taxa de defeitos de componentes for baixa, e
- os defeitos em combinação são bastante independentes uns dos outros, e
- a interrupção da função de segurança ocorre somente quando os defeitos aparecem em uma certa ordem.

Se defeitos posteriores ocorrerem como resultado do primeiro defeito isolado, o primeiro e todos os defeitos consequentes devem ser considerados como defeitos isolados. Defeitos de modo comum devem ser levados em consideração, por exemplo, utilizando diversidade, procedimentos especiais para identificar tais defeitos.

Nota 2 - No caso de estruturas de circuitos complexos (por exemplo, microprocessadores, redundâncias completas), a revisão de defeitos é geralmente executada em nível estrutural, isto é, baseado em grupos de montagem.

Nota 3 - O comportamento de sistema de categoria 4 permite que

- quando os defeitos ocorrerem, a função de segurança seja sempre processada;
- os defeitos serão detectados a tempo de impedir a perda da função de segurança" (NBR 14153, 2013. p.16).

## 2.4 MÉTODO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE SEGURANÇA

O método para classificação de categoria é apresentado no Anexo B (informativo) – Guia para a seleção de categorias da NBR 14153:2013. Trata-se de um método simplificado, baseado na NBR 14009:1997 (substituída pela NBR 12100:2013) (NBR 14153, 2013).

Este guia faz algumas ressalvas, advertindo que o roteiro apresentado é parte da apreciação do risco dada na NBR 14009:1997 (substituída pela NBR 12100:2013) e não um substituto desta e também que o método fornece apenas uma estimativa de redução do risco e que tem como objetivo orientar o projetista na escolha da categoria (NBR 14153, 2013).

A metodologia consiste basicamente na combinação de três fatores: severidade do ferimento, representada por letra S, frequência e tempo de exposição ao perigo, representada pela letra F, e possibilidade de evitar o perigo, representada pela letra P. Cada fator possui duas classificações distintas (NBR 14153, 2013).

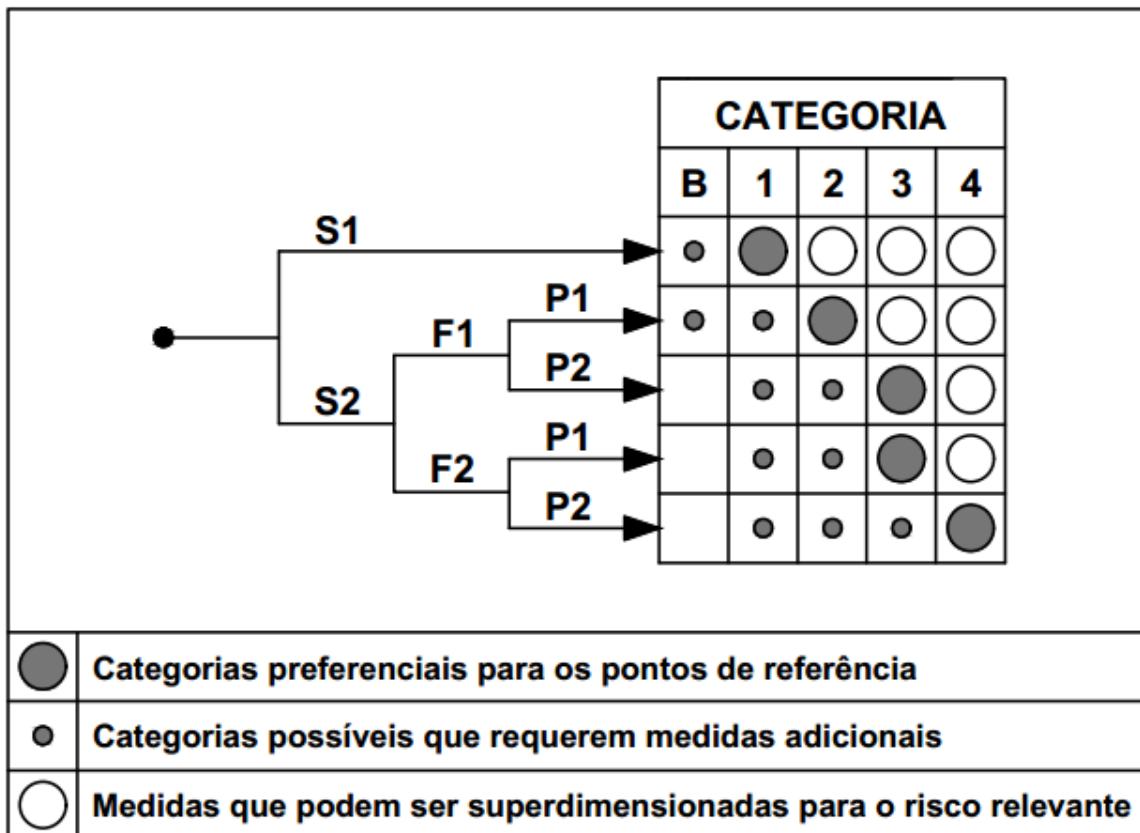
Em relação a severidade do ferimento (S), Torreira (1999) apresenta as duas possibilidades para este fator: S1 – leve (geralmente inteiramente reversível); S2 – grave (em geral irreversível, incluindo morte). O mesmo autor afirma que sendo um leve ferimento ou contusão, a opção a ser escolhida é S1. Caso as consequências sejam mais severas (inclusive morte), selecionar S2.

Sobre a duração ou frequência de exposição, as opções são F1 – exposições pouco frequentes e /ou de curtas durações; F2 – exposições frequentes e contínuas e/ou longas durações. Seleciona-se F1 apenas se o acesso ao local de risco for feito ocasionalmente e a exposição for de curto período. Para parâmetro F2 é irrelevante se tratar da mesma ou de várias pessoas expostas, o que vale é a frequência de exposição acumulada (TORREIRA, 1999).

Por fim, o fator possibilidade de evitar o risco (P) pode ser decidido entre P1 – possível sob condições específicas; P2 – pouco possível. A escolha deve levar em conta à velocidade com que se origina, à proximidade ao ponto de risco, o nível de treinamento e a experiência do operador. Se na opinião do responsável o operador reconhece os riscos envolvidos e evita ferimentos, deve-se optar por P1, do contrário, P2 (TORREIRA, 1999).

Classificados todos os parâmetros, faz-se a escolha da categoria conforme a imagem 6:

Figura 6 – Seleção possível de categorias



Fonte: Adaptado da NBR 14153 (2013)

## 2.5 PROCESSO PARA A SELEÇÃO E PROJETO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA

Após a priorização e a categorização, o processo para a seleção das medidas de segurança a serem implementadas prossegue. São 5 passos dentro de uma metodologia que contempla: passo 1 - análise do perigo e apreciação de riscos; passo 2 - decisão das medidas para redução do risco; passo 3 - especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança; passo 4 – projeto; passo 5 – validação (NBR 14153, 2013).

Inicialmente, é importante que as interfaces entre as partes relacionadas à segurança e aquelas não relacionadas à segurança do sistema de comando e todas as outras partes da máquina sejam identificadas. Deste modo, a contribuição à redução do risco pode ser especificada dentro da apreciação do risco da máquina, de acordo com a NBR 14009:1997 (substituída pela NBR 12100:2013) (NBR 14153, 2013).

Existem muitas maneiras para reduzir os riscos de uma máquina, assim como muitas formas de se projetar as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança. Trata-se de um processo interativo. Decisões tomadas em qualquer passo do procedimento podem afetar decisões anteriores. Esse aspecto pode ser checado pela volta através do procedimento, em qualquer etapa. Esta checagem na etapa de validação é essencial para assegurar que o desempenho de segurança atingido é o mesmo daquele definido na especificação (NBR 14153, 2013).

No processo apresentado na NBR 14153 (2013), no passo 1 - análise do perigo e apreciação de riscos – deve-se identificar os perigos inerentes à máquina durante todos os modos de operação e a cada estágio da vida da máquina, pelo seguimento do guia da NBR 14009:1997 (substituída pela NBR 12100:2013), deve-se também avaliar os riscos provenientes daqueles perigos e decidir sobre a apropriada redução de risco (NBR 14153, 2013).

O passo 2 - decisão das medidas para redução do risco – consiste em definir as medidas de projeto na máquina e/ou a aplicação de proteções para levar à redução do risco. Partes do sistema de comando que contribuem como parte integral das medidas de projeto ou no comando de proteções devem ser consideradas como partes do sistema de comando relacionadas à segurança (NBR 14153, 2013).

Já o passo 3 do processo apresentado na NBR 14153 (2013) atenta a especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, cujas atividades são especificar as funções de segurança a serem cumpridas no sistema de comando e especificar como a segurança deve ser atingida, selecionando-se a(s) categoria(s) para cada parte e combinações de partes dentro dos sistemas de comando relacionadas à segurança.

Na fase de projeto – passo 4 – deve-se:

- a) Projetar as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança de acordo com as especificações desenvolvidas no passo 3, e de mesmo modo com a estratégia geral de projeto;
- b) Listar os aspectos de projeto incluídos que proporcionam a base lógica de projeto para a categoria alcançada;
- c) Verificar o projeto a cada estágio, para assegurar que as partes relacionadas à segurança preencham os requisitos do estágio anterior no contexto da função e categoria especificada (NBR 14153, 2013).

Por fim, na fase de validação – passo 5 – é preciso validar as funções e categoria(s) de segurança alcançadas no projeto com relação às especificações dadas no passo 3 (NBR 14153, 2013).

## 2.6 REDUÇÃO DO RISCO

Para a redução dos riscos, a NBR 12100 (2013) define três passos para se alcançar este objetivo. O passo 1 trata das medidas de segurança inerentes ao projeto, as quais eliminam ou reduzem os riscos através da escolha apropriada das características de projeto da máquina e da interação entre pessoas exposta e a máquina.

Já o passo 2 é relativo as proteções de segurança ou medidas de proteção complementares, e considera a utilização prevista e o mal uso razoavelmente previsível, proteções e medidas de proteção complementares adequadamente selecionadas devem ser usadas para reduzir o risco, quando não for possível eliminar o perigo, ou reduzir o seu risco associado de forma suficiente por meio de medidas de segurança inerentes ao projeto (NBR 12100, 2013).

Finalizando, o passo 3 aborda as informações de uso, as quais são utilizadas em casos onde, mesmo que adotadas medidas de segurança na fase de projeto, assim como implementadas medidas de segurança complementares, ainda permaneça uma condição de risco (NBR 12100, 2013).

### **3 METODOLOGIA**

A primeira etapa deste trabalho foi marcada pela revisão bibliográfica sobre o inventário de máquinas e equipamentos, metodologia de priorização, categorias e medidas de segurança e redução de riscos.

A segunda etapa, estudo de caso, iniciou com a realização da primeira entrevista, do tipo não estruturada, no dia 23 de janeiro de 2018. A entrevista teve duração de aproximadamente uma hora. Nesta oportunidade, foram obtidos ofícios, notificações, comunicados, planilhas de controle interno, manuais de máquinas e equipamentos, entre outros documentos relevantes ao tema deste trabalho.

A apreciação dos dados obtidos na primeira entrevista e através da análise documental permitiu que fossem tiradas as primeiras conclusões. As dúvidas que surgiram durante este processo foram pauta de uma segunda entrevista, não estruturada, realizada em 06 de fevereiro de 2018. Neste dia novos documentos para estudo foram disponibilizados.

O último ciclo teve inicio com a apresentação dos resultados obtidos, assim como foram feitas as considerações e sugestões pertinentes a este trabalho. No dia 26 de fevereiro 2018 aconteceu o último encontro com o representante da empresa, oportunidade na qual lhe foram apresentadas as conclusões sobre o trabalho de pesquisa.

Esta pesquisa se limita a revisão bibliográfica e ao estudo de caso realizado numa empresa moveleira. A generalização deste estudo de caso para outras pesquisas ou empresas deve ser feita com bastante cuidado, visto que este trabalho faz uma análise pontual sobre um tema bastante amplo, não representando assim uma amostragem considerável.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso. A ordem de análise e apresentação está vinculada a etapa da revisão bibliográfica.

### 4.1 INVENTÁRIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Como primeira etapa do estudo de caso, apresenta-se na tabela 1 a relação de máquinas e equipamentos da empresa pesquisada.

Figura 7 – Relação de máquinas e equipamentos

Número	Máquina
1	Serra Fita
2	Serra Circular com Avanço 1
3	Plaina
4	Serra Circular Esquadrejadeira
5	Tupia com Avanço
6	Serra Circular Destopadeira 1
7	Serra Dupla Esquadria
8	Serra Circular Destopadeira 2
9	Serra Circular com Avanço 1
10	Perfiladeira Dupla
11	Serra Circular Seccionadora FIT 2.9
12	Furadeira de Bancada
13	Coladeira
14	Fresadora CNC
15	Furadeira Múltipla 3
16	Robô de Pintura
17	Lixadeira Rolinho Duplo
18	Mesa de Prensagem 1
19	Moldureira
20	Furadeira Múltipla 1
21	Furadeira Múltipla 2
22	Esmeril
23	Lixadeira
24	Lixadeira de Pés
25	Picador
26	Lixadeira de Fita
27	Compressor
28	Cabine de Pintura 1
29	Exaustor
30	Estufa de Secar Lixa
31	Empilhadeira

Fonte: o autor

Devido ao expressivo número de máquinas e equipamentos, o inventário restringiu-se a apresentação das máquinas e equipamentos.

#### 4.2 ORDEM DE PRIORIDADE PELO MÉTODO HRN – HAZARD RATING NUMBERS

Na segunda etapa foi estabelecida a ordem de prioridade para a adequação das máquinas e equipamentos da empresa, utilizando-se o método HRN. Os resultados são apresentados na tabela 2:

Figura 8 – Ordem de prioridade para adequação de máquinas e equipamentos

Número	Máquina	Máximo HRN	Risco
1	Serra Fita	200	Alto
2	Serra Circular com Avanço 1	100	Alto
3	Plaina	100	Alto
4	Serra Circular Esquadrejadeira	100	Alto
5	Tupia com Avanço	80	Alto
6	Serra Circular Destopadeira 1	80	Alto
7	Serra Dupla Esquadria	80	Alto
8	Serra Circular Destopadeira 2	80	Alto
9	Serra Circular com Avanço 1	80	Alto
10	Perfilaradeira Dupla	75	Alto
11	Serra Circular Seccionadora FIT 2.9	75	Alto
12	Furadeira de Bancada	75	Alto
13	Coladeira	75	Alto
14	Fresadora CNC	50	Alto
15	Furadeira Múltipla 3	50	Alto
16	Robô de Pintura	40	Significativo
17	Lixadeira Rolinho Duplo	40	Significativo
18	Mesa de Prensagem 1	40	Significativo
19	Moldureira	37,5	Significativo
20	Furadeira Múltipla 1	37,5	Significativo
21	Furadeira Múltipla 2	25	Significativo
22	Esmeril	20	Significativo
23	Lixadeira	12,5	Significativo
24	Lixadeira de Pés	12,5	Significativo
25	Picador	12,5	Significativo
26	Lixadeira de Fita	12,5	Significativo
27	Compressor	0,15	Insignificante
28	Cabine de Pintura	0	Insignificante
29	Exaustor	0	Insignificante
30	Estufa de Secar Lixa	0	Insignificante
31	Empilhadeira	0	Insignificante

Fonte: o autor

Neste ponto, definiu-se que a máquina a ser estudada neste trabalho é a serra fita, visto que esta apresentou o máximo HRN dentre todas as máquinas e equipamentos da empresa.

#### 4.3 DESCRIÇÃO DA MÁQUINA SERRA FITA

A serra fita é uma máquina cuja uma fita de serras metálicas se movimenta continuamente, através da rotação de duas polias acionadas por um motor elétrico. É uma máquina bastante versátil, pois permite a realização de cortes retos ou curvos, bem como de materiais finos e espessos.

Figura 9 – Serra Fita (vista frontal)



Fonte: o autor

Figura 10 – Serra Fita (vista lateral)



Fonte: o autor

#### 4.4 DEMONSTRAÇÃO DO MÉTODO HRN PARA A MÁQUINA SERRA FITA

Na serra fita foram identificados os seguintes perigos associados: serra de corte 1 (no ponto sobre a bancada, onde são realizadas as atividades pelo operador); serra de corte 2 (nos demais pontos acessíveis); polias; correias de transmissão.

Na serra de corte 1 (no ponto sobre a bancada, onde são realizadas as atividades pelo operador) o cálculo do HRN (CI) ficou:

$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP$ , onde:

$Se = Severidade do Dano Considerado = Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível) = 8;$

$Fr = Frequência de Exposição ao Risco = Diariamente = 2,5;$

$Pr = Probabilidade de Ocorrência do Dano = Esperado = 10;$

$NP = Número de Pessoas Expostas ao Risco = 1-2 Pessoas = 1.$

$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP = 8 \times 2,5 \times 10 \times 1 = 200$  (risco alto).

Figura 11 – Perigo associado a serra fita: serra de corte 1



Fonte: o autor

Na serra de corte 2 (demais pontos acessíveis) o cálculo do HRN (CI) ficou:

$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP$ , onde:

$Se = Severidade do Dano Considerado = Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível) = 8;$

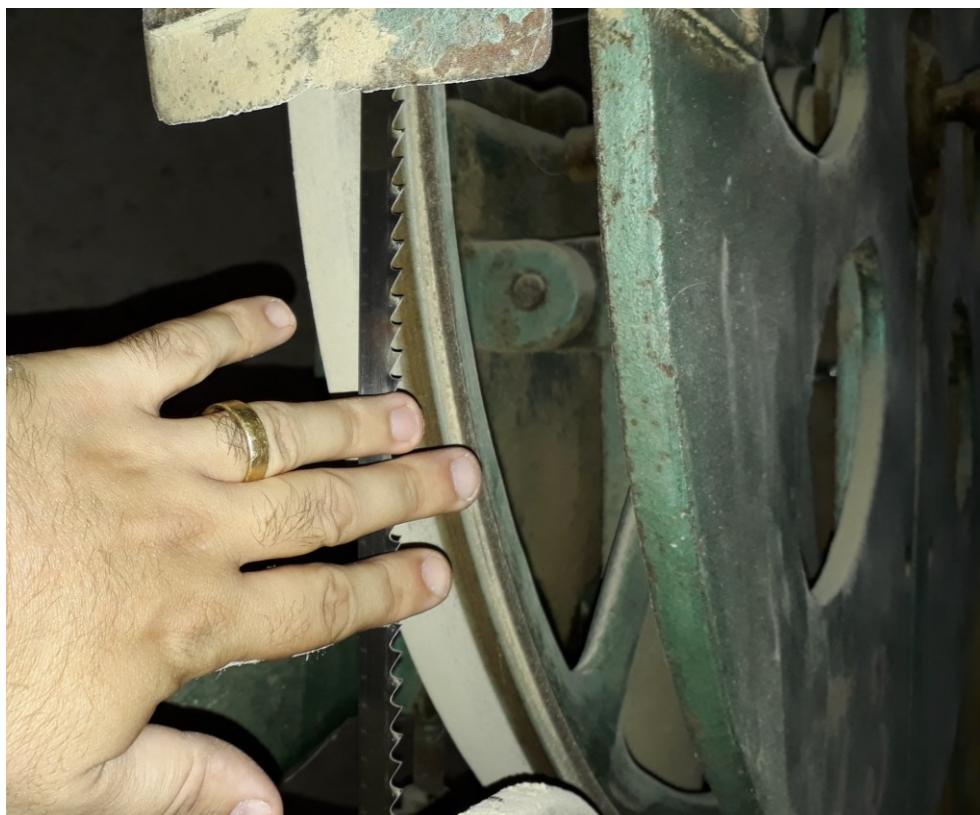
$Fr = Frequência de Exposição ao Risco = Diariamente = 2,5;$

$Pr = Probabilidade de Ocorrência do Dano = Alguma chance = 5;$

$NP = Número de Pessoas Expostas ao Risco = 1-2 Pessoas = 1.$

$$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP = 8 \times 2,5 \times 5 \times 1 = 100 \text{ (risco alto).}$$

Figura 12 – Perigo associado a serra fita: serra de corte 2



Fonte: o autor

Nas polias o cálculo do HRN (CI) ficou:

$$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP, \text{ onde:}$$

Se = Severidade do Dano Considerado = Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível) = 8;

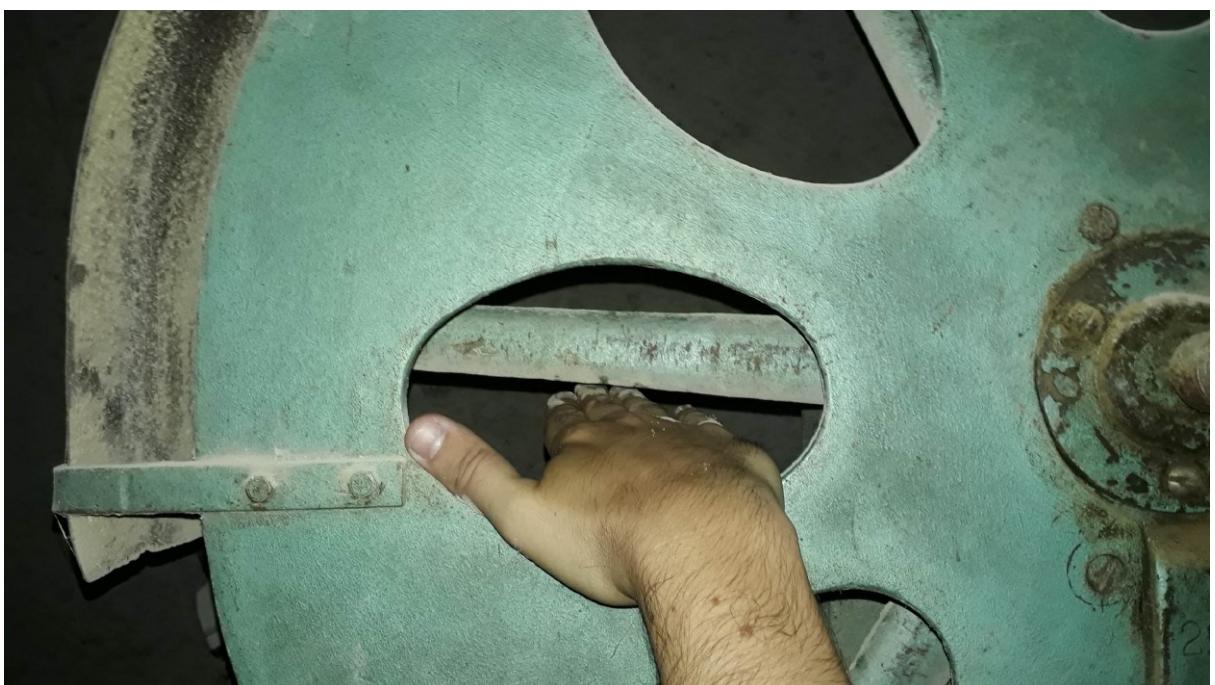
Fr = Frequência de Exposição ao Risco = Diariamente = 2,5;

Pr = Probabilidade de Ocorrência do Dano = Possível = 2;

NP = Número de Pessoas Expostas ao Risco = 1-2 Pessoas = 1.

$$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP = 8 \times 2,5 \times 2 \times 1 = 40 \text{ (risco significativo).}$$

Figura 13 – Perigo associado a serra fita: polias



Fonte: o autor

Por fim, nas correias de transmissão o cálculo do HRN (CI) ficou:

$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP$ , onde:

$Se =$  Fratura - ossos importantes ou doença leve (permanente) = 2;

$Fr =$  Frequência de Exposição ao Risco = Diariamente = 2,5;

$Pr =$  Probabilidade de Ocorrência do Dano = Não Esperado = 1;

$NP =$  Número de Pessoas Expostas ao Risco = 1-2 Pessoas = 1.

$CI = Se \times Fr \times Pr \times NP = 2 \times 2,5 \times 1 \times 1 = 5$  (Baixo, porém significativo).

Figura 14 – Perigo associado a serra fita: correias de transmissão



Fonte: o autor

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DA CATEGORIA DE SEGURANÇA DA SERRA FITA

Cada parte relacionada à segurança de sistemas de comando deve ser categorizada conforme a NBR 14153:2013. Na máquina serra fita, a parte relacionada ao sistema de comando é a mesa de corte.

Figura 15 – Mesa de corte



Fonte: o autor

Em relação à severidade do ferimento (S), as opções são:

S1 – leve (geralmente inteiramente reversível);

S2 – grave (em geral irreversível, incluindo morte).

Optou-se pelo fator S2 – grave. A serra fita tem um grande potencial para a amputação de dedos e de parte ou de toda a mão utilizada na operação da máquina.

Sobre a duração ou frequência de exposição (F), as opções são:

F1 – exposições pouco frequentes e /ou de curtas durações;

F2 – exposições frequentes e contínuas e/ou longas durações.

Foi selecionado o fator F2 – exposições frequentes e contínuas e/ou longas durações, embora a exposição seja de curta duração (geralmente os ciclos de trabalho nesta máquina duram 30 minutos), a frequência de uso é quase que diária.

Já para o fator possibilidade de evitar o risco (P), as opções são:

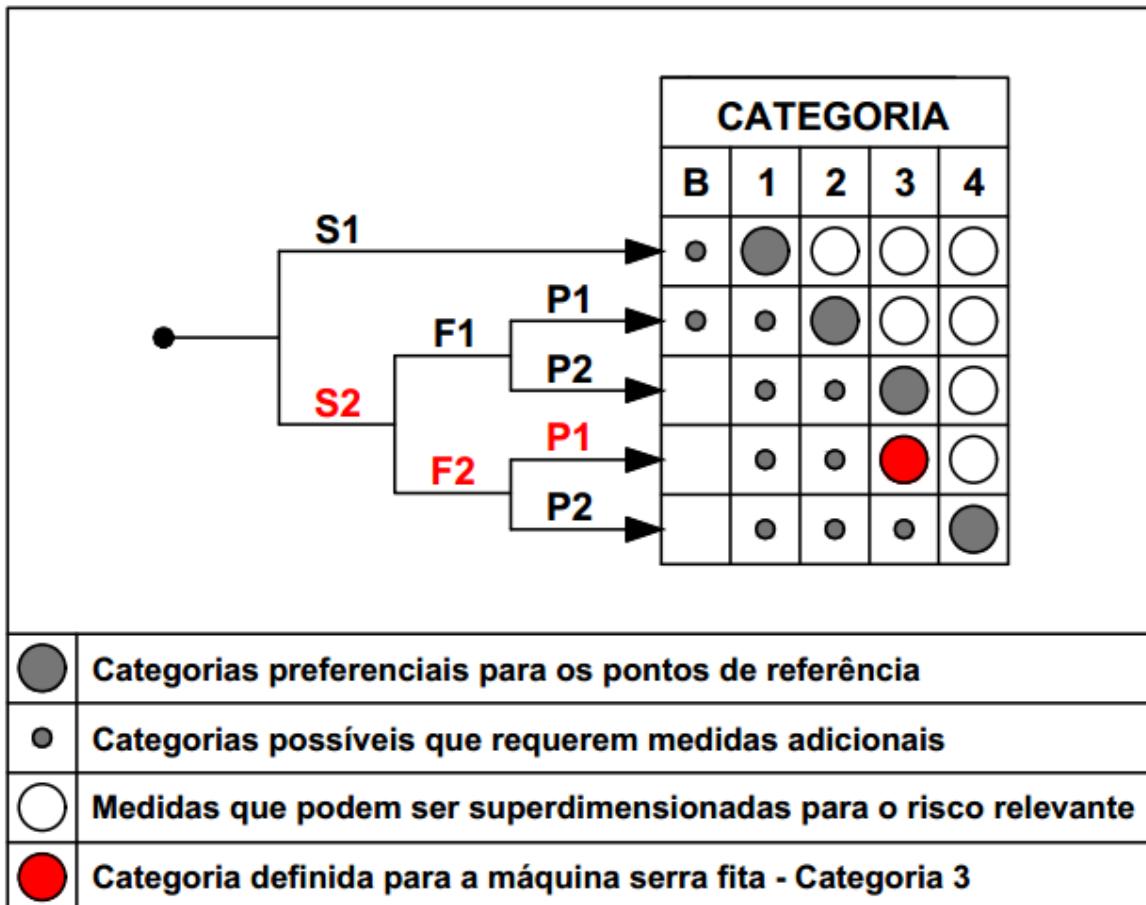
P1 – possível sob condições específicas;

P2 – pouco possível.

Escolheu-se o fator P1 – possível sob condições específicas. Nesta análise, levou-se em consideração que apenas uma pessoa dentro da empresa opera a serra fita, inclusive esta pessoa é a fundadora da empresa, possuindo grande experiência na operação da serra fita.

Com a combinação dos fatores S2, F2 e P1, a categoria de segurança imputada a máquina serra fita é a categoria 3, conforme ilustra a figura 13 a seguir.

Figura 16 – Serra fita: categoria 3



Fonte: o autor

#### 4.6 SUGESTÕES PARA O PROCESSO DE SELEÇÃO E DO PROJETO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA

Após a priorização e a categorização, o processo para a seleção das medidas de segurança a serem implementadas pode prosseguir. Lembrando que os cinco passos a seguir são: passo 1 - análise do perigo e apreciação de riscos; passo 2 - decisão das medidas para redução do risco; passo 3 - especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança; passo 4 – projeto; passo 5 – validação (NBR 14153, 2013).

#### **4.6.1 Passo 1 - Análise do perigo e apreciação de riscos**

Para a máquina serra fita, o principal perigo está na serra que passa pela mesa de corte. Neste local o acidente pode ocorrer mesmo sem a ação deliberada do operador, ainda que haja negligência, imprudência ou distração.

Nos demais pontos de perigo, a saber: serra de corte exposta em outros pontos da máquina além da mesa de corte, polias e correias de transmissão, a chance de ocorrência de acidentes existe, mas está mais relacionada a uma ação deliberada do operador. Isto porque estes locais não são acessados durante a operação normal da máquina. Presume-se que qualquer ação necessária junto a estes locais será feita com no mínimo máquina desligada e preferencialmente desenergizada.

#### **4.6.2 Passo 2 - Decisão das medidas para redução do risco**

Para a redução do risco associado a serra que passa pela mesa de corte, a principal ação é a criação de uma espécie de gabarito de corte, o qual afasta consideravelmente as mãos do operador da serra fita.

Em relação a serra de corte exposta em outros pontos da máquina além da mesa de corte, é viável a instalação de proteções fixas, de modo a isolar toda a serra de corte (com exceção da área de operação).

As polias e correias de transmissão também podem ser isoladas através de barreiras físicas.

#### **4.6.3 Passo 3 - Especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança**

Os requisitos de segurança são aqueles inerentes a categoria 3.

#### **4.6.4 Passo 4 - Projeto**

O projeto para adequação da máquina serra não foi desenvolvido no todo, visto que a empresa tem planos de não utilizar mais esta máquina no futuro. Porém,

cada manter a utilidade deste estudo de caso, são detalhadas a seguir a medidas de segurança apresentadas no passo 2.

A primeira delas trata do gabarito. O gabarito é um método simples que tem como objetivo afastar as mãos do operador da serra de corte durante a operação da serra fita. Consiste em criar um trilho junto a serra, o qual será percorrido pela base do gabarito de corte.

Figura 17 – Gabarito de corte



Fonte: o autor

Figura 18 – Base do gabarito de corte



Fonte: o autor

Figura 19 – Detalhe da operação da serra fita utilizando o gabarito de corte



Fonte: o autor

#### **4.6.5 Passo 5 - Validação**

Neste estudo de caso não foi possível alcançar a etapa de validação. Fica como sugestão para pesquisas futuras o desenvolvimento de trabalhos dentro desta temática, visto que o processo de validação é bastante amplo e enseja muitas discussões.

### **4.7 SUGESTÕES PARA A REDUÇÃO DE RISCOS**

Relembrando os três passos para a redução dos riscos apresentados pela NBR 12100 (2013), tem-se o passo 1, que trata das medidas de segurança inerentes ao projeto. Este passo não será abordado neste estudo de caso, visto que se trata de máquina antiga, a qual já foi projetada no passado, não se aplicando a máquinas existentes.

O passo 2 é relativo as proteções de segurança ou medidas de proteção complementares, ou seja, proteções necessárias face as deficiências de projeto da máquina, projetadas em funções dos riscos levantados. Para a serra fita, as sugestões apresentadas são: utilização de gabaritos nas operações de corte, proteções fixas para isolamento da serra de corte, polias e correias de transmissão.

Já o passo 3 aborda as informações de uso, as quais são utilizadas em casos onde, mesmo que adotadas medidas de segurança na fase de projeto, assim como implementadas medidas de segurança complementares, ainda permaneça uma condição de risco (NBR 12100, 2013).

Para a serra fita da empresa alvo deste estudo de caso, sugere-se as seguintes informações de uso:

- a) Placa: “Proibida a utilização desta máquina por funcionários não habilitados”;
- b) Placa: “Desligar a máquina e desconectar o cabo de energia para a realização de serviços de manutenção”;
- c) Elaboração de um manual para a correta utilização do gabarito de corte.

#### 4.8 PROPOSTA DE ANEXO A NR-12 ELABORADA PELA ABIMÓVEL PARA MÁQUINAS PARA FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA DE MÓVEIS – SERRA FITA

A Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário – ABIMÓVEL lançou em agosto de 2017 uma proposta de anexo a NR-12 para as máquinas utilizadas na fabricação de móveis.

Visto que na NR-12 existem alguns anexos específicos, como máquinas para fabricação de calçados e afins, máquinas para açougue, mercearia, bares e restaurantes, entre outros, a proposta da ABIMÓVEL pauta pelas particularidades existentes nas máquinas e equipamentos do setor moveleiro.

Em relação a serra fita, a ABIMÓVEL (2017) faz as seguintes considerações:

- a) A máquina serra de fita é definida para fins deste Anexo como sendo aquela utilizada para corte de peças de madeira.
- b) Os movimentos da fita no entorno das polias e demais partes perigosas, devem ser protegidos com proteções fixas ou proteções móveis intertravadas, conforme os itens 12.38 a 12.55 e seus subitens desta Norma Regulamentadora, à exceção da área operacional necessária para o corte da peça de madeira, onde uma canaleta regulável deslizante, ou outra forma, deve enclausurar o perímetro da fita serrilhada na região de corte, liberando apenas a área mínima de fita serrilhada para operação.
- c) O acesso ao sistema de transmissão de força deve atender a uma das seguintes condições abaixo:
  - i. proteção fixa sem necessidade de intertravamento e monitoramento de
  - ii. segurança, para os casos que não haja necessidade de acesso diário; ou
  - iii. proteção móvel com dispositivo de intertravamento, monitorado por
  - iv. sistema de segurança categoria 2, conforme norma ABNT NBR 14153, para os casos que haja necessidade de acesso diário.
- d) Os movimentos perigosos devem cessar no máximo em dois segundos quando a proteção móvel for acionada, ou deverá ser atendido o disposto no item 12.44, alínea “b” desta Norma Regulamentadora.

- e) Os circuitos elétricos do comando de partida e parada do motor elétrico que provoque movimentos perigosos devem possuir um contator sem necessidade de monitoramento de interface de segurança.
- f) Para o corte de peças pequenas ou para finalização do corte de peças de madeira, deve ser utilizado dispositivo manual tipo empurrador, gabarito".

#### 4.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o processo de adequação das máquinas não existe um modelo consagrado, isto porque para cada máquina têm-se necessidades específicas, e até mesmo máquinas com a mesma função porem de fornecedores distintos apresentam diferenças quanto aos riscos e perigos associados.

Para as empresas que estão iniciando a adequação de seu maquinário é indispensável à aplicação da metodologia de priorização. Ao projetar as medidas de segurança para os sistemas de comando, deverá haver sinergia entre operadores, supervisores, gestores, técnicos, engenheiros, fornecedores e quaisquer outros atores que possam contribuir de alguma forma com o encontro das melhores soluções.

Outra sugestão para as empresas do setor, especialmente as de pequeno e médio porte, é o compartilhamento das suas experiências. Pode-se inclusive contratar o serviço de assessoria em conjunto, reduzindo os custos no processo de adequação e certificação das máquinas.

Para os profissionais de engenharia de segurança, as ações de fiscalização do Ministério do Trabalho e Emprego abrem uma série de oportunidades dentro das empresas, independente do setor de atuação.

Por fim, ressalta-se que, em primeiro lugar, está a saúde e segurança dos trabalhadores. Por mais onerosa que possa ser a adequação de uma máquina, os prejuízos e as perdas decorrentes de um acidente de trabalho são muito maiores.

## **5 CONCLUSÕES**

Os objetivos deste trabalho foram alcançados. Foi feito o inventário das máquinas e equipamentos da empresa pesquisada.

Conforme a análise de riscos apresentada na seção 4.2, das 31 máquinas e equipamentos, 15 delas (48,4%) apresentaram graduação de risco alta pelo método *Hazard Rating Numbers*, outras 11 (35,5%) possuem risco significativo e apenas 4 (16,1%) tem risco insignificante. Com isso foi possível definir a ordem de prioridade para adequação.

Visto que a máquina serra fita era a mais temerária, foram discutidos os riscos associados a esta e sugeridas melhorias para redução destes. Foi possível atenuar os perigos, mas não eliminá-los por completo.

As ações sugeridas estão em consonância com a proposta de anexo elaborada pela Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário – ABIMÓVEL.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MOBILIÁRIO – ABIMÓVEL.

**NR-12:** Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos - Proposta de anexo máquinas para fabricação da indústria de móveis. São Paulo: Abimóvel, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12100:** Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 14153:** Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013.

A GAZETA. **As três maiores empresas exportadoras de móveis do Brasil são da região.** São Bento do Sul, 13 fev. 2018. Disponível em <<http://www.gazetasbs.com.br/site/noticias/as-tres-maiores-empresas-exportadoras-de-moveis-do-brasil-sao-da-regiao-4606>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Métodos de avaliação de risco e ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa considerando normativas Europeias e o caso brasileiro.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015.

\_\_\_\_\_. **NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2010. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>>. Acesso em: 05 jan.2018.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS – DEPEC. **Indústria de Móveis** – Junho de 2017. Osasco: Bradesco, 2017. Disponível em <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_industria\\_de\\_moveis.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_industria_de_moveis.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

DEXHEIMER, G. M.; DELWING, E. B. Estudo analisa riscos em prensa mecânica excêntrica antes e depois da adequação à NR 12. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, 11 mar. 2014. Disponível em <<http://www.protecao.com.br/site/inc/structure/printNoticia.php?id=AAy4Jyjy>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

SAFETY & HEALTH PRACTITIONER. **Risk Estimation: 25 years on**. Londres, 26 jun. 2015. Disponível em <<https://www.shponline.co.uk/risk-estimation-25-years/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SHERIQUE, J. **NR-12 - Passo a passo para a implantação**. São Paulo: LTr, 2014.

TORREIRA, R. P. **Manual De Segurança Industrial**. São Paulo: Margus, 1999.