

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO  
TRABALHO

LUCAS QUADROS OBRZUT

**QUANTIFICAÇÃO DE RISCOS EM TORNO MECÂNICO  
HORIZONTAL**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2019

LUCAS QUADROS OBRZUT

## **QUANTIFICAÇÃO DE RISCOS EM TORNO MECÂNICO HORIZONTAL**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. MEng Roberto Serta

CURITIBA

2019

**LUCAS QUADROS OBRZUT**

**QUANTIFICAÇÃO DE RISCOS EM TORNO MECÂNICO  
HORIZONTAL**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. M.Eng. Roberto Serta  
Professor do CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

---

Prof. Dr. Ronaldo Luis dos Santos Izzo  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mario Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2019

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Jair e Marisete, pelo amor, apoio e por sempre me mostrarem que a educação é o melhor caminho, não importa o quão penoso seja.

À minha amada companheira Amanda, por sempre estar ao meu lado, por ser meu suporte e inspiração em todos os momentos. Obrigado pelo amor, companheirismo, incentivo e pelos momentos de alegria.

À minha irmã Lauren pela amizade, mesmo estando nós hoje separados pelo Oceano Atlântico.

Ao professor Roberto Serta, pela oportunidade e confiança, e por me orientar no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores membros da banca avaliadora Adalberto Matoski e Ronaldo Izzo por todos os conselhos e críticas construtivas que contribuíram no desenvolvimento desse trabalho.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e todo o corpo docente por me proporcionar um ensino de qualidade.

Aos colegas e amigos que estiveram presente nessa jornada. Obrigado pelas risadas e momentos de descontração.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte de minha trajetória, o meu muito obrigado.

## RESUMO

Um dos equipamentos mais utilizados na indústria metalúrgica é o torno mecânico horizontal. Por esse equipamento estar presente na indústria há décadas, as máquinas mais antigas não possuem diretrizes de projeto ou dispositivos para minimizar ou eliminar os riscos que existem na operação dos mesmos. Os índices de acidentes de trabalho provenientes dos riscos proporcionados por essas máquinas mostram que demanda-se cada vez mais a atenção das empresas no intuito de evitar que mais acidentes ocorram. Para tanto, se faz necessário identificar os riscos que os colaboradores envolvidos estão expostos, quantificá-los e classificá-los. Neste trabalho é realizado um estudo de caso na qual são identificados os riscos que um torno mecânico horizontal proporciona ao trabalhador durante sua operação. Os riscos, por sua vez, são quantificados e classificados de forma a sugerir se é necessária alguma medida para mitigá-los através da metodologia de análise de riscos denominada HRN (*Hazard Rating Number*). A partir da análise e classificação dos riscos, percebe-se que os riscos mais significativos estão presentes nas partes móveis do equipamento, e, para minimizá-los, recomenda-se a instalação de proteções.

**Palavras-chave:** torno mecânico horizontal; análise de risco; apreciação de risco; metodologia HRN.

## **ABSTRACT**

One of the most used equipment in the metallurgical industry is the horizontal lathe. Because this equipment has been present in the industry for decades, older machines do not have design guidelines or devices to minimize or eliminate the risks that exist in their operation. The indices of work-related accidents arising from the risks generated by these machines show that the attention of companies is increasingly demanded in order to avoid the occurrence of further accidents. Therefore, it is necessary to identify the risks that the employees involved are exposed, quantify them and classify them. In this work a case study is carried out in which the risks that a horizontal lathe generates to the worker during its operation are identified. The risks are quantified and classified in order to suggest whether some task is needed to mitigate them through the risks analysis methodology called HRN (Hazard Rating Number). From the analysis and classification of the risks, it is noticed that the most significant risks are related to the moving parts of the equipment, and in order to minimize them, it is recommended to install protections.

**Key-words: horizontal lathe; risk analysis; risk assessment; HRN methodology.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Torno mecânico horizontal. ....	8
Figura 1.2 – Tipos de tornos.....	12
Figura 1.3 – Exemplos de operações em tornos. ....	13
Figura 1.4 – Exemplo de peças usinadas em torno. ....	14
Figura 1.5 – Exemplo do operador exposto ao risco proporcionado pelo equipamento. ....	9
Figura 1.6 – Ilustração de um torno sem proteções adequadas.....	9
Figura 2.1 – Etapas da análise de riscos. ....	16
Figura 2.2 – Condições de ocorrência de danos. ....	18
Figura 2.3 – Combinação dos parâmetros para seleção da categoria. ....	26
Figura 2.4 – Torno de pequeno porte.....	27
Figura 2.5 – Torno de grande porte.....	28
Figura 3.1 – Torno Clever L-2680. ....	31
Figura 4.1 – Etiqueta de identificação do torno. ....	33
Figura 4.2 – Riscos apresentados pelo torno.....	35
Figura 4.3 – Botão de emergência localizado na face frontal do cabeçote fixo do torno.....	36
Figura 4.4 – Painel elétrico do torno Clever L-2680. ....	37
Figura 4.5 – Categoria de segurança ideal para o torno avaliado.....	38
Figura 4.6 – Rampa de acesso. ....	38
Figura 4.7 – Proteção na torre porta ferramentas. ....	39
Figura 4.8 – Proteção da placa. ....	39
Figura 4.9 – Alicates de pressão.....	39

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 3.1 – Especificações e limites do torno. ....	32
Tabela 4.1 – Aplicação da metodologia HRN para cada risco identificado .....	36

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 2.1 – Tabela base para obtenção dos índices HRN. ....	19
Quadro 2.2 – Resultante da avaliação HRN e ação requerida.....	20
Quadro 2.3 – Resumo dos requisitos por categorias. ....	24
Quadro 2.4 – Classificação dos tipos de tornos conforme sua operação.....	27
Quadro 4.1 – Lista de verificação de atendimento dos requisitos de identificação. ..	34
Quadro 4.2 – Identificação dos perigos e riscos relacionados a cada atividade. ....	34
Quadro 4.3 – Propostas de melhorias para minimização dos riscos.....	38



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
FE	Frequência de Exposição
HRN	Número de Classificação do Perigo ( <i>Hazard Rating Number</i> )
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NP	Número de Pessoas em Risco
NR	Norma Regulamentadora
PG	Potencial de Gravidade do Dano
PO	Probabilidade de Ocorrência do Dano
TR	Relatório Técnico ( <i>Technical Report</i> )

# SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>v</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
1.1 Tipos de tornos	11
1.2 Operações em tornos	13
1.3 Caracterização do problema	8
1.4 Objetivos	9
1.5 Justificativa	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
2.1 Normas Regulamentadoras	14
2.2 Normas técnicas	14
2.3 Apreciação de riscos	15
2.3.1 Determinação dos limites da máquina .....	16
2.3.2 Identificação dos perigos .....	17
2.3.3 Estimativa dos riscos .....	17
2.3.4 Ferramentas de estimativa de riscos .....	18
2.4 Metodologia HRN	19
2.5 Categorias de segurança	21
2.5.1 Categoria B .....	21
2.5.2 Categoria 1 .....	22
2.5.3 Categoria 2.....	22
2.5.4 Categoria 3.....	23
2.5.5 Categoria 4.....	23
2.5.6 Seleção de categorias.....	25
2.6 Máquinas-ferramenta – Tornos	26
2.6.1 Torno de pequeno porte.....	27
2.6.2 Torno de grande porte .....	28
2.6.3 Zonas de perigo .....	28
2.6.4 Marcações e identificações.....	29
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
4.1 Verificação da identificação do equipamento	33
4.2 Verificação dos riscos do equipamento	34
4.3 Aplicação da metodologia HRN	35
4.4 Determinação da categoria de segurança	36
4.5 Melhorias propostas	38
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>

REFERÊNCIAS .....	42
-------------------	----

# 1 INTRODUÇÃO

Até meados do século XVIII, o principal material utilizado para peças e componentes de engenharia era a madeira. A partir da Revolução Industrial, novos e mais resistentes materiais surgiram, impulsionando o aprimoramento dos aços. A utilização da água e do vapor como fontes de energia propiciaram, no final do século XVIII e início do século XIX, o surgimento das primeiras máquinas-ferramentas (MACHADO *et al.*, 2009). Com o surgimento das máquinas-ferramentas, o processo de usinagem de materiais se tornou mais aprimorado.

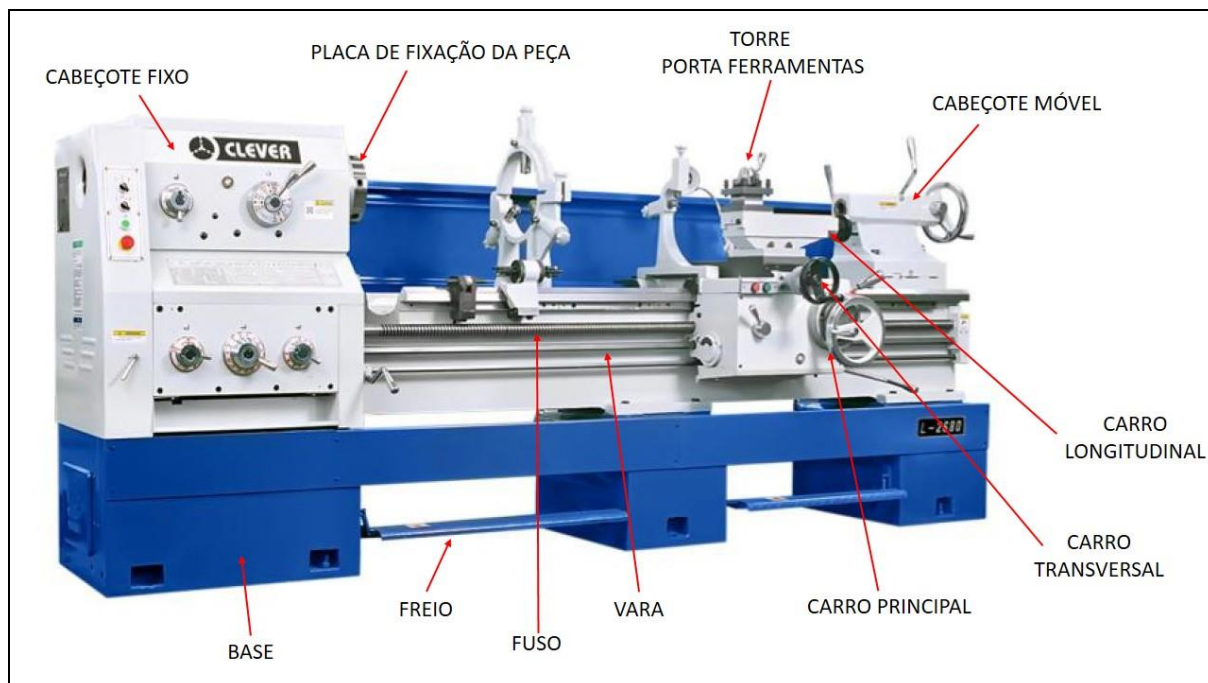
A usinagem é o processo de desbaste de um material bruto, seja ele metálico ou não, visando dar forma a uma peça. É um processo de manufatura muito difundido e de grande importância para a indústria. É reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo, correspondendo cerca de 10% de toda a produção de metais e empregando dezenas de milhões de pessoas (TRENT, 1985).

Um dos processos mais comuns da usinagem é o torneamento. O torneamento é o processo realizado pela máquina-ferramenta denominada torno. De acordo com a norma 23.125, “torno é a máquina-ferramenta em que o movimento principal é a rotação da peça de trabalho contra a(s) ferramenta(s) de corte estacionária(s)” (ABNT<sup>1</sup>, 2013). A Figura 1.1 apresenta o exemplo de um torno e seus principais componentes.

O processo de torneamento é muito presente e de grande importância para a indústria metal mecânica nacional. Por outro lado, é um processo que apresenta diversos riscos para o operador, principalmente através das partes móveis que ficam expostas. Conforme definição da norma NBR ISO 31000, risco é definido como sendo o “efeito da incerteza nos objetivos” (ABNT<sup>2</sup>, 2018). E com os riscos, sucedem-se os acidentes de trabalho.

Segundo Wermuth e Heberle (2018), ocorreram mais de 600 mil acidentes de trabalho no Brasil no ano de 2015, proporcionando um custo superior a R\$10 bilhões à Previdência Social. Considerando essa totalidade de acidentes, aproximadamente 60% são relacionados a riscos mecânicos, 30% a riscos ergonômicos e 10% a riscos ambientais. Dos riscos mecânicos, 40% dos acidentes provocam lesões e danos a

mãos e dedos dos trabalhadores, representando cerca de 170 mil acidentes nessa região do corpo (*apud* SHERIQUE, 2016).

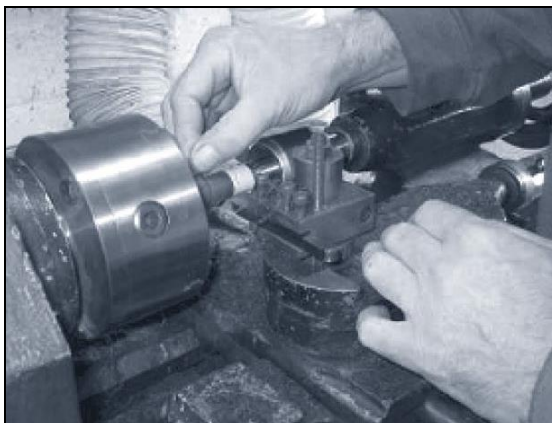


**Figura 1.1 – Torno mecânico horizontal.**  
(Fonte: Adaptado de CIMHSA, 2009)

A partir disso, nota-se a importância dos investimentos e ações em prol da saúde e segurança das pessoas envolvidas na gestão, operação e manutenção de máquinas e equipamentos industriais.

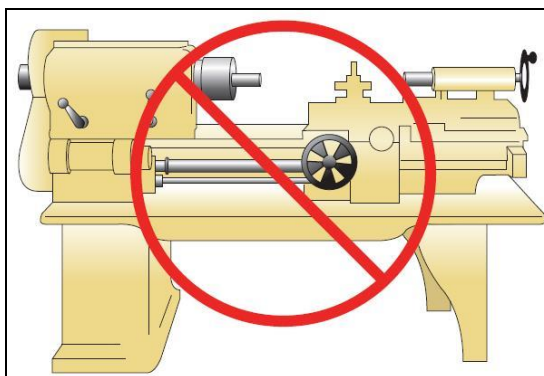
## 1.1 Caracterização do problema

Conforme comentado, máquinas-ferramentas possuem partes ou equipamentos rotativos, apresentando risco para o trabalhador caso o mesmo tenha acesso facilitado às partes móveis. Observa-se na Figura 1.2 que o risco existe simplesmente pela proximidade do operador às partes rotativas do equipamento.



**Figura 1.2 – Exemplo do operador exposto ao risco proporcionado pelo equipamento.  
(Fonte: OREGON OSHA, 2015)**

Além do risco de ser preso nas partes rotativas, o operador ainda pode estar sujeito a riscos oriundos da projeção de peças e materiais e o esmagamento devido ao avanço da ferramenta de corte. A Figura 1.3 apresenta uma representação de um torno mecânico horizontal sem as devidas proteções.



**Figura 1.3 – Ilustração de um torno sem proteções adequadas.  
(Fonte: Rockford Systems, 2018)**

## **1.2 Objetivos**

Esta monografia tem como objetivo geral identificar e quantificar os riscos aos quais o trabalhador está exposto quando opera um torno mecânico horizontal.

Os objetivos específicos são três e estão listados abaixo:

- i. Aplicar a metodologia HRN para análise dos riscos;

- ii. Verificar a identificação do equipamento conforme as normas vigentes;
- iii. Propor medidas para diminuir, mitigar ou eliminar os riscos envolvidos na operação do equipamento.

### **1.3 Justificativa**

Além dos números apresentados pela Seção 1 desta presente monografia, o Artigo 186 da CLT (BRASIL<sup>1</sup>, 1943) e a Norma Regulamentadora 12 (BRASIL<sup>2</sup>, 1978) estabelecem que devem existir proteções e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados com maiores detalhes os conceitos relacionados a segurança de máquinas e equipamentos.

### 2.1 Tipos de tornos

Existem diversos tipos de tornos disponíveis para utilização na indústria. Dentre os principais, pode-se citar o torno mecânico horizontal, o torno mecânico vertical, o torno revólver, o torno automático, o torno platô e o torno CNC.

A Figura 2.1(a) apresenta um exemplo de torno mecânico horizontal. Os tornos mecânicos horizontais são possivelmente os tornos mais difundidos na indústria e são amplamente utilizados para a fabricação dos mais variados tipos de peças.

A Figura 2.1(b) apresenta um exemplo de torno revólver. O torno revólver é voltado para a fabricação de peças simples e pequenas, além de possuir alta produtividade, por ser um equipamento que proporciona rápida usinagem.

Por sua vez, torno vertical é um tipo específico de torno voltado para a usinagem de grandes peças, conforme ilustra a Figura 2.1(c).

O torno automático pode ser considerado uma evolução do torno revólver. Conforme comentado por Ferrari (2004), os tornos automáticos são muito utilizados para a produção em série de peças devido aos curtos tempos de ciclos de trabalhos e à simultaneidade das operações por ele realizadas. Esse tipo de torno não demanda de um operador comandando a máquina. Como exemplo, a Figura 2.1(d) apresenta um torno automático.

A Figura 2.1(e) apresenta um exemplo de torno CNC. Esse tipo de torno é comandado através de controle numérico computadorizado, ou seja, existe um algoritmo que define as operações que serão executadas pelo equipamento para a fabricação das peças.

Por fim, a Figura 2.1(f) apresenta um exemplo de torno platô. O torno platô é muito utilizado para usinagem de peças curtas, porém de grandes diâmetros.





**(a) Torno mecânico horizontal.**  
(Fonte: Romi<sup>1</sup>, 2019)



**(b) Torno revólver.**  
(Fonte: M&S Industrial<sup>1</sup>, 2019)



**(c) Torno vertical.**  
(Fonte: Romi<sup>2</sup>, 2019)



**(d) Torno automático.**  
(Fonte: Ergomat, 2019)



**(e) Torno CNC.**  
(Fonte: Romi<sup>3</sup>, 2019)

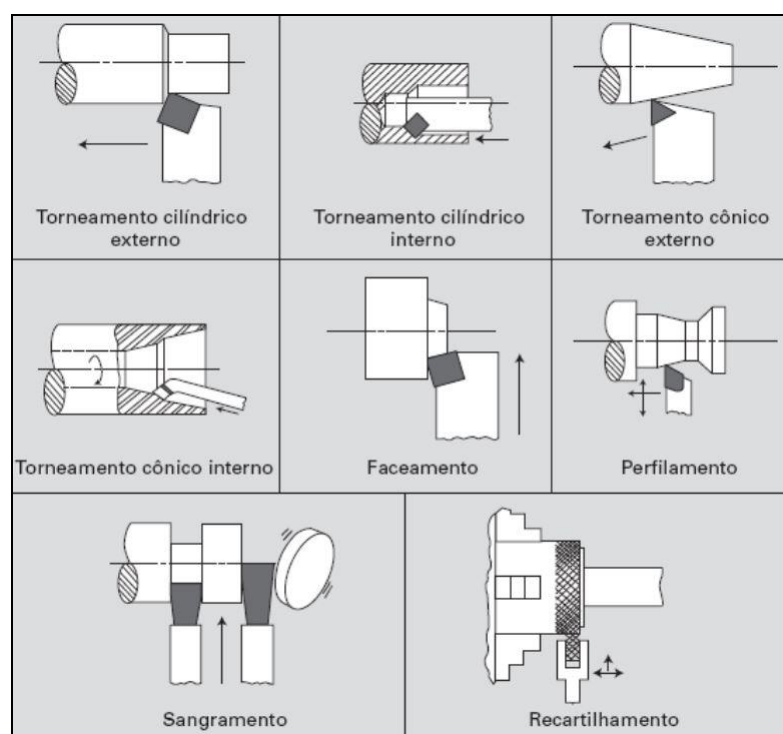


**(f) Torno platô.**  
(Fonte: M&S Industrial<sup>2</sup>, 2019)

**Figura 2.1 – Tipos de tornos.**

## 2.2 Operações em tornos

O torno é um equipamento muito versátil e capaz de produzir peças com diversos formatos. A Figura 2.2 apresenta as principais operações a serem realizadas em um torno. Conforme Machado *et al.* (2009), para essas operações, a peça de trabalho é girada em torno de seu próprio eixo enquanto a ferramenta de corte realiza os movimentos de avanço transversal e/ou longitudinal.



**Figura 2.2 – Exemplos de operações em tornos.**  
(Fonte: Machado *et al.*, 2009)

Como resultado das operações listadas na Figura 2.2, tem-se as peças fabricadas conforme demonstra a Figura 2.3.



**Figura 2.3 – Exemplo de peças usinadas em torno.**  
(Fonte: Grupo Tecnofix, 2019)

## **2.3 Normas Regulamentadoras**

As Normas Regulamentadoras (NR) foram aprovadas e instituídas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) em 8 de julho de 1978 através da portaria n.º 3.214. As NR, “relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT” (BRASIL<sup>3</sup>, 1978).

Em especial a NR-12, Norma Regulamentadora com maior enfoque neste presente trabalho, juntamente com 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” (BRASIL<sup>2</sup>, 1978).

## **2.4 Normas técnicas**

Juntamente com a NR-12, outras normas técnicas dão suporte no desenvolvimento deste trabalho, uma vez que as normas técnicas tratam assuntos específicos com maior detalhamento e suas respectivas diretrizes.

As normas técnicas relacionadas a máquinas são divididas em classes, conforme definidas na NBR ISO 12100 (ABNT<sup>3</sup>, 2013). São elas:

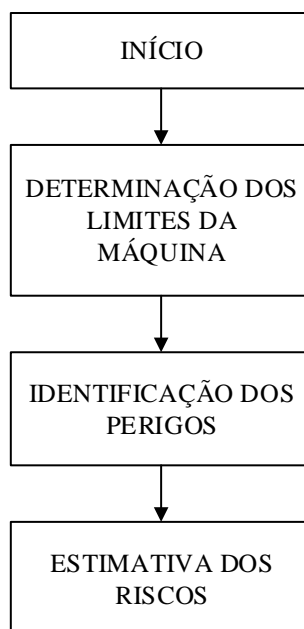
- i. Classe A: normas de segurança que definem conceitos fundamentais e aspectos gerais válidos para todos os tipos de máquinas. Como exemplo, tem-se a NBR ISO 12100, que “especifica a terminologia básica, princípios e uma metodologia para obtenção da segurança em projetos de máquinas” (ABNT<sup>3</sup>, 2013);
- ii. Classe B: normas de segurança relativas a um grupo, ou seja, tratam de aspectos ou elementos que condicionam a segurança e são válidas para diversos tipos de máquinas. Como exemplo, tem-se a NBR 14153, que “especifica os requisitos de segurança e estabelece um guia sobre os princípios para projeto de partes de sistemas de comando relacionadas à segurança. Para essas partes, especifica categorias e descreve as características de suas funções de segurança” (ABNT<sup>5</sup>, 2013);
- iii. Classe C: normas de segurança por categoria de máquinas, ou seja, fornecem diretrizes detalhadas de segurança aplicáveis a um determinado tipo de máquina. Como exemplo, tem-se a NBR ISO 23125 (ABNT<sup>1</sup>, 2013), é uma norma classe C que aponta as condições e medidas para eliminar os perigos ou reduzir os riscos em tornos projetados principalmente para dar forma a uma peça de metal através da atividade de corte.

## **2.5 Apreciação de riscos**

A apreciação de riscos é exigida no item 12.5 da NR-12 para todas as máquinas e equipamentos nas quais se apliquem essa Norma Regulamentadora.

De acordo com a norma NBR ISO 12100, “a apreciação de riscos é um processo composto por uma série de etapas que permite, de forma sistemática, analisar e avaliar os riscos associados à máquina” (ABNT<sup>3</sup>, 2013). Portanto, sempre que necessário, tem-se a apreciação de riscos seguida da redução de riscos.

Conforme explana a norma NBR ISO 12100, dentro do processo de apreciação de riscos estão compreendidos dois subprocessos: a análise de riscos e a avaliação de riscos. A Figura 2.4 apresenta as etapas de elaboração da análise de riscos.



**Figura 2.4 – Etapas da análise de riscos.**  
(Fonte: Adaptado de ABNT<sup>3</sup>, 2013)

As análises de riscos tem por objetivo atender ao item 12.39 da NR-12, conforme Sherique (2016).

### **2.5.1 Determinação dos limites da máquina**

Conforme a ISO-TR 14121 (ABNT<sup>4</sup>, 2018), determinar os limites da máquina consiste em reconhecer e estabelecer as funções da máquina, como a máquina será operada, as tarefas relacionadas a ela, sua capacidade funcional, sua intenção de uso e o ambiente na qual a máquina será utilizada.

## **2.5.2 Identificação dos perigos**

A etapa de identificação dos perigos consiste em realizar uma relação ou uma listagem de perigos, situações perigosas e/ou eventos perigosos que permitam antecipar potenciais cenários de acidentes e, por consequência, os danos que podem ser causados.

## **2.5.3 Estimativa dos riscos**

De acordo com a ISO-TR 14121, “os dois principais elementos de risco são a gravidade do dano e a probabilidade de ocorrência deste dano” (ABNT<sup>4</sup>, 2018)

### **2.5.3.1 Gravidade do dano**

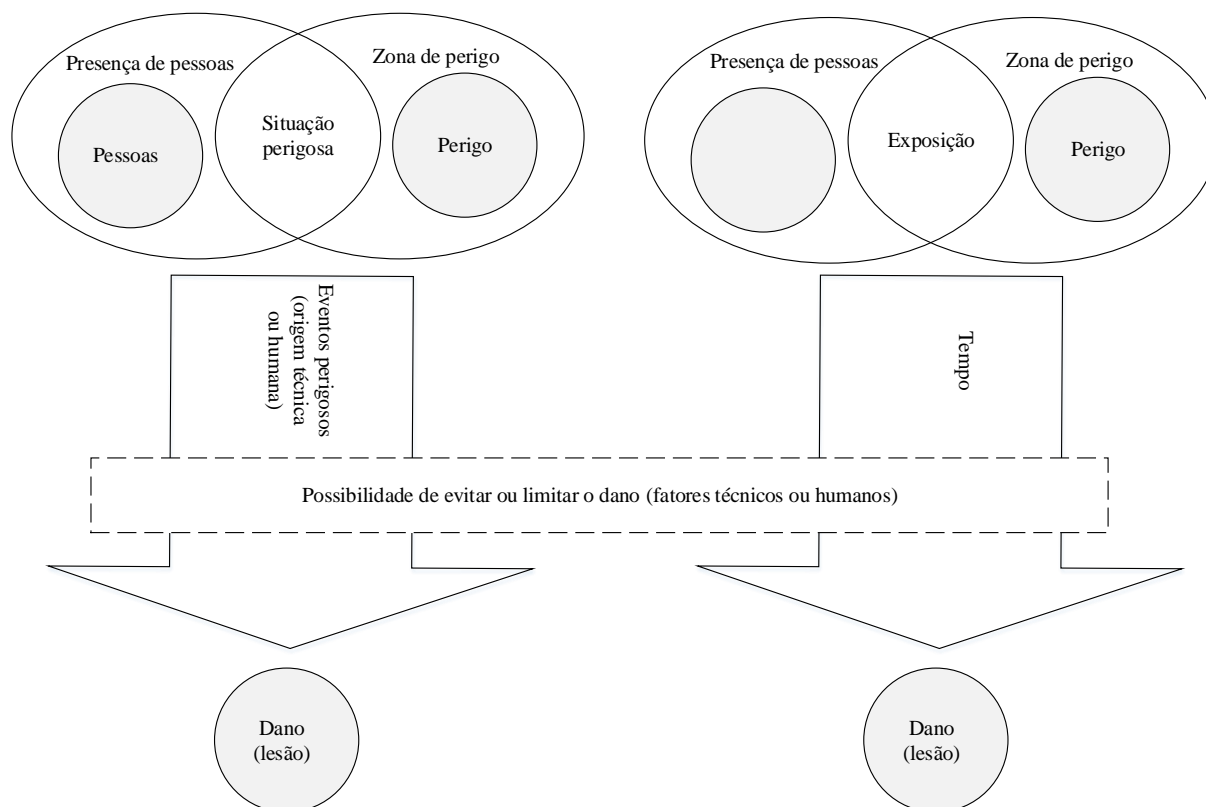
Estimar a intensidade da gravidade do dano é uma tarefa subjetiva. Dentro da estimativa dos riscos, considerar sempre o dano mais grave pode tornar o risco improvável e, então, a estimativa dos riscos acaba se afastando da realidade. Da mesma forma o oposto também deve ser levado em consideração, uma vez que uma gravidade com maior probabilidade de ocorrência pode ser insignificante, conforme explana a ISO-TR 14121 (ABNT<sup>4</sup>, 2018). Por isso, a gravidade do dano deve ser determinada de forma realista e equilibrada, levando-se em consideração todos os possíveis cenários.

### **2.5.3.2 Probabilidade de ocorrência do dano**

A ISO-TR 14121 relata que a estimativa da probabilidade da ocorrência do dano deve considerar:

- i. “A exposição de pessoa(s) ao perigo;
- ii. A probabilidade de ocorrência de um evento perigoso; e
- iii. As possibilidades técnicas e humanas para evitar ou limitar os danos” (ABNT<sup>4</sup>, 2018)

Portanto, define-se a situação perigosa como a existência de uma ou mais pessoas expostas a um determinado perigo. E, com isso, os danos ocorrem como resultante de um evento perigoso, conforme ilustrado na Figura 2.5.



**Figura 2.5 – Condições de ocorrência de danos.**  
(Fonte: adaptado de ABNT<sup>4</sup>, 2018)

#### 2.5.4 Ferramentas de estimativa de riscos

Conforme apontado pela ISO-TR 14121, existem várias ferramentas para estimativas de riscos, e a maioria delas está baseada nos seguintes métodos:

- i. Matriz de riscos;
- ii. Gráfico de riscos; e
- iii. Pontuação numérica.

A metodologia abordada nessa monografia é a HRN, que é uma metodologia baseada na pontuação numérica e será melhor apresentada na Seção 2.6.

## 2.6 Metodologia HRN

A metodologia de apreciação de riscos HRN (Número de classificação do Perigo – *Hazard Rating Number*) foi apresentada por Steel (1990). Ela foi definida pelo autor como uma técnica para estimativa da magnitude de riscos. É uma metodologia que estima o risco de forma quantitativa e envolve:

- i. A probabilidade da ocorrência do dano;
- ii. A frequência de exposição ao perigo;
- iii. O número de pessoas em risco; e
- iv. O potencial de gravidade do dano.

Com isso, Steel (1990) ilustrou o método através da definição de valores relacionados aos itens anteriormente citados. Desta forma, o autor elaborou o Quadro 2.1. A partir dos valores extraídos do Quadro 2.1, calcula-se o índice HRN através da Eq.(2.1).

$$HRN = PO \times FE \times PG \times NP \quad (2.1)$$

**Quadro 2.1 – Tabela base para obtenção dos índices HRN.**

<b>PROBABILIDADE DA OCORRÊNCIA DO DANO</b>	<b>PO</b>
Certamente	15
Esperado	10
Provável	8
Alguma chance	5
Possível	2
Não esperado	1
Impossível	0,03
<b>POTENCIAL DE GRAVIDADE DO DANO</b>	<b>PG</b>
Morte	15
Perda de dois membros/olhos ou doença grave (irreversível)	8
Perda de um membro/olho ou doença grave (temporária)	4
Fratura – ossos importantes ou doença leve (permanente)	2
Fratura – ossos menores ou doença leve (temporária)	1

(Continua)



(Continuação)

<b>POTENCIAL DE GRAVIDADE DO DANO</b>	<b>PG</b>
Laceração/efeito leve na saúde	0,5
Arranhão/contusão	0,1
<b>FREQUÊNCIA DE EXPOSIÇÃO AO PERIGO</b>	<b>FE</b>
Constantemente	5
Horário	4
Diariamente	2,5
Semanal	1,5
Mensal	1
Anual	0,2
Raramente	0,1
<b>NÚMERO DE PESSOAS EM RISCO</b>	<b>NP</b>
Mais de 50 pessoas	12
16 a 50 pessoas	8
8 a 15 pessoas	4
3 a 7 pessoas	2
1 a 2 pessoas	1

(Fonte: Adaptado de Wermuth e Heberle, 2018)

Após calculado o índice HRN, analisa-se a avaliação do risco e se há necessidade de alguma ação a ser tomada através do Quadro 2.2.

**Quadro 2.2 – Resultante da avaliação HRN e ação requerida.**

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

(Fonte: Adaptado de Wermuth e Heberle, 2018)

## 2.7 Categorias de segurança

A NBR 14153 estabelece cinco categorias de segurança que são usadas como referência para o desempenho de uma parte de um sistema de comando com relação à ocorrência de defeitos (ABNT<sup>5</sup>, 2013).

“As categorias podem ser aplicadas para:

- comandos para todo tipo de máquinas, desde máquinas simples (por exemplo, pequenas máquinas para cozinha) até complexas instalações de manufatura (por exemplo, máquinas de embalagem, máquinas de impressão, prensas etc.);
- sistemas de comando de equipamentos de proteção, por exemplo, dispositivos de comando a duas mãos, dispositivos de intertravamento, dispositivos de proteção eletrossensitivos, por exemplo, barreiras fotoelétricas e plataformas sensíveis à pressão” (ABNT<sup>5</sup>, 2013).

As categorias, portanto, definem o desempenho requerido, das partes pertinentes à segurança de sistemas de comando, com relação à sua resistência a falhas (ABNT<sup>5</sup>, 2013).

As cinco categorias são definidas como B, 1, 2, 3 e 4, sendo a categoria básica, e o desempenho das categorias aumentam em ordem crescente de 1 a 4.

### 2.7.1 Categoria B

As partes de sistemas de comando pertinentes à segurança devem ser projetadas, construídas, selecionadas, montadas e combinadas minimamente utilizando princípios fundamentais de segurança para a aplicação em questão, de tal forma que resistam a:

- i. Fadiga operacional prevista;
- ii. Influência do material processado ou utilizado no processo;
- iii. Outras influências externas relevantes.

Não são aplicadas medidas especiais para segurança para as partes que integram a categoria B.

### **2.7.2 Categoria 1**

As partes de sistemas de comando pertinentes à segurança que fazem parte da categoria 1 devem ser projetadas e contruídas empregando-se componentes bem ensaiados e princípios de segurança comprovados. Um componente bem ensaiado é definido como:

- i. Amplamente empregado no passado, com resultados satisfatórios em aplicações análogas, ou
- ii. Construído e verificado utilizando-se princípios que comprovem sua adequação e confiabilidade.

Com isso, “a probabilidade de uma falha na categoria 1 é menor que na categoria B. Consequentemente, a perda da função de segurança é menos provável” (ABNT<sup>5</sup>, 2013).

Nota-se que, para enquadramento em categoria 1, todos os requisitos dessa subseção devem ser atendidos juntamente com os requisitos da categoria B.

### **2.7.3 Categoria 2**

Sherique (2016) escreve que as partes de sistemas de comando pertinentes à segurança que fazem parte da categoria 2 devem ser projetadas de tal forma que a verificação das funções de segurança deve ser realizada:

- i. Na partida da máquina e antes do início de quaisquer circunstâncias de perigo, e
- ii. Periodicamente durante a operação, se a avaliação do risco e o tipo de operação mostrarem que isso é necessário.

A verificação das funções de segurança pode ser manual ou automática e deve, além de permitir a operação da máquina caso nenhum defeito seja constatado, gerar um sinal de saída iniciando uma ação apropriada do comando caso seja constatado algum tipo de falha. Esse sinal deve também, sempre que

possível, comandar um estado seguro. Se não for possível haver um estado seguro, o sinal de saída deve, pelo menos, originar um aviso do perigo.

Vale salientar que, para enquadramento em categoria 2, todos os requisitos dessa subsecção devem ser atendidos juntamente com os requisitos da categoria B.

### **2.7.4 Categoria 3**

As partes de sistemas de comando pertinentes à segurança que fazem parte da categoria 3 devem ser projetadas de tal forma que um defeito isolado não leve à perda das funções de segurança.

O comportamento de sistema de categoria 3 permite que:

- i. Quando o defeito isolado ocorre, a função de segurança sempre é cumprida;
- ii. Algumas falhas, porém não todas, sejam detectadas; e
- iii. O acúmulo de falhas não detectadas leve à perda da função de segurança.

Para enquadramento em categoria 3, todos os requisitos dessa subsecção devem ser atendidos juntamente com os requisitos da categoria B.

### **2.7.5 Categoria 4**

Partes de sistemas de comando pertinentes à segurança que fazem parte da categoria 4 devem ser projetadas de tal forma que:

- i. Uma falha isolada em qualquer parte pertinente à segurança não leve à perda das funções de segurança; e
- ii. A falha isolada é detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança. Caso a detecção do defeito não seja possível, o acúmulo de falhas não deve levar à perda das funções de segurança.

Portanto, o desempenho de um sistema enquadrado em categoria 4 permite que:

- i. Quando as falhas ocorrerem, a função de segurança seja sempre processada; e
- ii. As falhas serão detectadas a tempo de impedir a perda da função de segurança.

O Quadro 2.3 apresenta um resumo dos requisitos das categorias de segurança para auxílio na identificação da categoria de um sistema de comando.

**Quadro 2.3 – Resumo dos requisitos por categorias.**

CATEGORIA	REQUISITOS	COMPORTAMENTO DO SISTEMA	PRINCÍPIOS PARA ATINGIR A SEGURANÇA
B	Partes de sistemas de comando, relacionadas à segurança e/ou equipamentos de proteção, bem como seus componentes, devem ser projetados, construídos, selecionados, montados e combinados de acordo com as normas relevantes, de tal forma que resistam às influências esperadas.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança.	Principalmente caracterizado pela seleção de componentes.
1	Os requisitos de B se aplicam. Princípios comprovados e componentes de segurança bem testados devem ser utilizados.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança, porém a probabilidade de ocorrência é menor que para a categoria B.	
2	Os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam. A função de segurança deve ser verificada em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança entre as verificações. A perda da função de segurança é detectada pela verificação.	Principalmente caracterizado pela estrutura
3	Os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam. As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que:	Quando um defeito isolado ocorre, a função de segurança é sempre cumprida. Alguns defeitos serão detectados. O acúmulo de defeitos não detectados pode levar à perda da função de segurança.	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ um defeito isolado não leve à perda da função de segurança, e</li> <li>▶ sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado seja detectado.</li> </ul>		
4	Os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam. As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que:	Quando os defeitos ocorrem, a função de segurança é sempre cumprida. Os defeitos serão detectados a tempo de impedir a perda das funções de segurança.	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ um defeito isolado não leve à perda da função de segurança, e</li> <li>▶ o defeito isolado seja detectado durante ou antes da próxima demanda da função de segurança. Se isso não for possível, o acúmulo de defeitos não pode levar à perda das funções de segurança.</li> </ul>		

(Fonte: Adaptado de ABNT<sup>5</sup>, 2013)

### **2.7.6 Seleção de categorias**

A norma NBR 14153 define um método simplificado para seleção da categoria de segurança apropriada para determinado projeto, dispositivo ou equipamento. Esse método contribui para a redução do risco, definindo o comportamento dos sistemas de comando em relação a uma falha de acordo com a categoria escolhida. É um método qualitativo, fornece apenas uma estimativa do risco e faz parte da apreciação de risco total da máquina, não substituindo a avaliação como um todo.

A seleção de categorias é baseada em três variáveis: severidade do ferimento (S), frequência e tempo de exposição ao perigo (F) e a possibilidade de evitar o perigo (P). A Figura 2.6 apresenta como a combinação desses três fatores resulta na determinação da categoria de segurança.

#### **2.7.6.1 Severidade do ferimento**

A severidade do ferimento é classificada em S1 (ferimentos leves, normalmente reversíveis) e S2 (ferimentos sérios, normalmente irreversíveis ou morte).

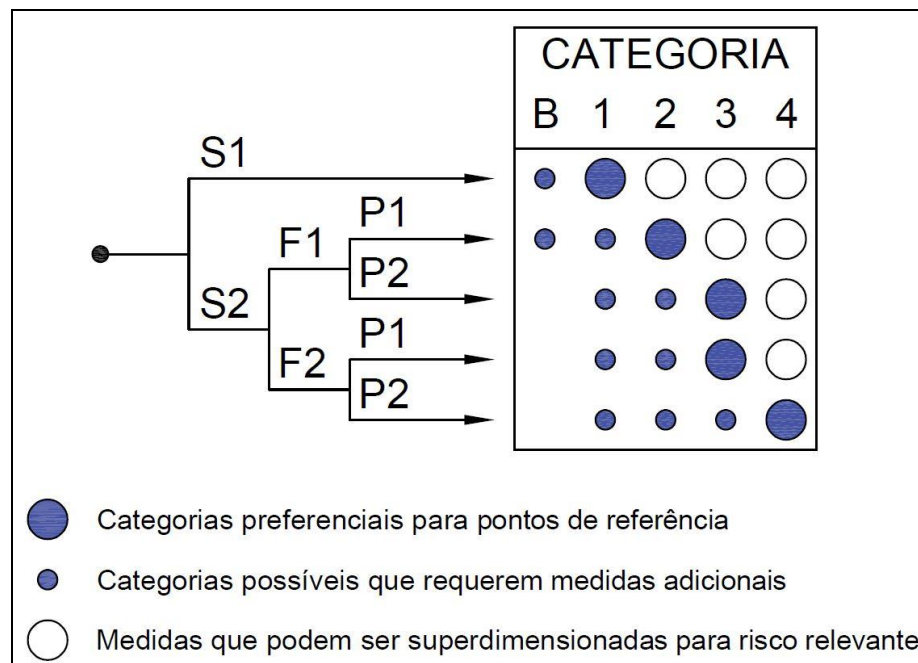
#### **2.7.6.2 Frequência e tempo de exposição ao perigo**

Não há um período de tempo determinado para escolher entre os parâmetros F1 e F2. Porém, F2 deve ser escolhido caso o operador estiver exposto ao perigo de forma frequente ou contínua.

#### **2.7.6.3 Possibilidade de evitar o perigo**

Conforme citado na norma NBR 14153, “quando um perigo aparece, é importante saber se ele pode ser reconhecido e quando pode ser evitado, antes de levar a um acidente” (ABNT<sup>5</sup>, 2013). Ou seja, quando houver um momento de perigo, P2 deve ser escolhido quando a possibilidade de ocorrer o perigo for inevitável. A NBR 14153 lista alguns aspectos que podem influenciar na escolha entre os parâmetros P1 e P2:

- i. “Operação com ou sem supervisão;
- ii. Operação por especialistas ou por não profissionais;
- iii. Velocidade com que o perigo aparece, por exemplo, rapidamente ou lentamente;
- iv. Possibilidades de se evitar o perigo, por exemplo, por fuga ou por intervenção de terceiros;
- v. Experiências práticas de segurança relativas ao processo” (ABNT<sup>5</sup>, 2013).



**Figura 2.6 – Combinação dos parâmetros para seleção da categoria.**  
(Fonte: Adaptado de ABNT<sup>5</sup>, 2013)

## 2.8 Máquinas-ferramenta – Tornos

De acordo com a definição do item 3.1.1 da norma NBR ISO 23125, torno é “a máquina-ferramenta em que o movimento principal é a rotação da peça de trabalho contra a(s) ferramenta(s) de corte estacionária(s) (ABNT<sup>1</sup>, 2013). Esta norma classifica os tornos em quatro grupos, conforme Quadro 2.4.

**Quadro 2.4 – Classificação dos tipos de tornos conforme sua operação.**

<b>Grupo</b>	<b>Definição</b>
1	Tornos controlados manualmente sem controle numérico
2	Tornos controlados manualmente com capacidade limitada de controle numérico
3	Tornos e centros de torneamento de controle numérico
4	Tornos automáticos de fuso único ou múltiplo

**(Fonte: Adaptado de ABNT<sup>1</sup>, 2013)**

Além disso, os tornos são classificados, de acordo com seu tamanho, em tornos de pequeno porte e tornos de grande porte.

### 2.8.1 Torno de pequeno porte

Segundo a norma NBR ISO 23125, torno de pequeno porte deve possuir os seguintes limites dimensionais:

- i. “Tornos de fuso horizontal e centros de torneamento com distância entre centros até e incluindo 2000 mm, projetados para aceitar dispositivos de fixação da peça de trabalho de até e incluindo 500 mm de diâmetro externo;
- ii. Tornos verticais, tornos de fuso invertido, incluindo máquinas coletoras e centros de torneamento, projetados para aceitar dispositivos de fixação das peças de trabalho de até e incluindo 500 mm de diâmetro externo” (ABNT<sup>1</sup>, 2013)

A Figura 2.7 apresenta um exemplo de torno de pequeno porte.



**Figura 2.7 – Torno de pequeno porte.**  
**(Fonte: Nardini<sup>1</sup>, 2019)**



## 2.8.2 Torno de grande porte

Segundo a norma NBR ISO 23125, torno de grande porte deve ultrapassar os seguintes limites dimensionais:

- i. “Tornos de fuso horizontal e centros de torneamento com distância entre centros que excede 2000 mm, projetados para aceitar dispositivos de fixação da peça de trabalho que excedam 500 mm de diâmetro externo;
- ii. Tornos verticais, tornos de fuso invertido, incluindo máquinas coletoras e centros de torneamento, projetados para aceitar dispositivos de fixação das peças de trabalho que excedam 500 mm de diâmetro externo” (ABNT<sup>1</sup>, 2013).

A Figura 2.8 apresenta um exemplo de torno de grande porte.



**Figura 2.8 – Torno de grande porte.**  
(Fonte: Nardini<sup>2</sup>, 2019)

## 2.8.3 Zonas de perigo

A partir das definições dos tornos nas Seções 2.8.1 e 2.8.2, a norma NBR ISO 23125 classifica as zonas de perigo como:

- i. “áreas de trabalho com fuso(s) móvel(eis), componentes de fixação de trabalho, como placa e mandril, carro(s) de transporte da ferramenta, torre(s), unidade(s) copiadora(s), lunetas, cabeçote móvel, transportador

- do fuso de indexação, peça(s) de trabalho, equipamento de manuseio de limalhas e cavacos (se integrado);
- ii. Dispositivos de manuseio para carregamento/descarregamento da peça, incluindo dispositivos de avanço da barra;
  - iii. Magazines de ferramentas externas e trocadores de ferramentas;
  - iv. Zona de descarga de cavacos;
  - v. Caixa de engrenagens;
  - vi. Traseira do fuso;
  - vii. Mecanismos do excêntrico;
  - viii. Parafuso de avanço (Grupo 1: máquinas manuais sem funções de NC);
  - ix. Parafuso de alimentação (Grupo 1: máquinas manuais sem funções de NC);
  - x. Parafuso de esfera (Grupos 2, 3 e 4, máquinas manuais com capacidade de NC, máquinas de NC e centros de torneamento, tornos automáticos);
  - xi. Comandos lineares” (ABNT<sup>1</sup>, 2013).

#### **2.8.4 Marcações e identificações**

De acordo com as normas NBR ISO 12100 e NBR ISO 23125, os tornos devem possuir as seguintes marcações e identificações:

- i. Nome da empresa fabricante e seu endereço;
- ii. A designação “torno”, o tipo de torno, o grupo e o tamanho;
- iii. Número de série;
- iv. Ano de fabricação;
- v. Indicação de conformidade com os requisitos e normas obrigatórias;
- vi. A velocidade máxima permissível do(s) fuso(s);
- vii. A velocidade máxima permissível da placa;

- viii. Identificação das proteções e dispositivos de proteção que não estão permanentemente fixadas;
- ix. Identificação caso exista risco de incêndio ou explosão e a maneira na qual pode-se extinguir o incêndio.

Além dos requisitos acima, o equipamento deve possuir manual de instruções completo, provendo as informações necessárias para o transporte, montagem, desmontagem, operação, ajuste, manutenção e limpeza do equipamento. O manual deve explicitar a necessidade de treinamento dos operadores.

### 3 METODOLOGIA

O ponto central dessa monografia é avaliar os riscos e mensurá-los a partir da metodologia HRN em um torno mecânico horizontal, instalado em uma empresa fabricante de máquinas e equipamentos da região metropolitana de Curitiba-PR. O torno está identificado conforme a Tabela 3.1. A Tabela 3.1 lista os dados referente às especificações, limites e informações operacionais e de manutenção referentes ao torno mecânico avaliado neste presente trabalho. A Figura 3.1 apresenta o torno avaliado.



**Figura 3.1 – Torno Clever L-2680.**  
(Fonte: Do autor)

Os passos para o desenvolvimento deste estudo de caso são:

- i. Verificar se a identificação do equipamento está adequada;
- ii. Verificar os riscos que o equipamento proporciona;
- iii. Aplicar a metodologia HRN para quantificar e classificar os riscos;
- iv. Com os resultados da quantificação e classificação dos riscos, analisar e propor melhorias para minimiza-los;
- v. Determinar a categoria de segurança do torno;

Tabela 3.1 – Especificações e limites do torno.

<b>ESPECIFICAÇÕES</b>	
<b>Máquina:</b>	Torno mecânico horizontal
<b>Modelo:</b>	L-2680
<b>Fabricante:</b>	Clever
<b>Número de série:</b>	389
<b>Local de instalação:</b>	Setor de usinagem
<b>Função da máquina:</b>	Usinagem de peças
<b>Posição de trabalho:</b>	Frontal
<b>Acesso para manutenção</b>	Sim
<b>Histórico de acidentes:</b>	Não
<b>Tensão de alimentação:</b>	220 VCA
<b>Tensão de comando:</b>	24 VCC
<b>Potência:</b>	15 HP
<b>Número de operadores por turno:</b>	1
<b>Número de turnos de trabalho por dia:</b>	1
<b>Dias por semana:</b>	5
<b>Carga/descarga de peças:</b>	Manual
<b>LIMITES DA MÁQUINA</b>	
<b>Ambiente de trabalho:</b>	Industrial
<b>Nível de treinamento requerido:</b>	Curso técnico de mecânica ou curso de torneiro
<b>Operado por:</b>	Torneiro mecânico
<b>Uso pretendido:</b>	Usinagem de peças
<b>Comprimento:</b>	3682 mm
<b>Largura:</b>	1298 mm
<b>Altura</b>	1430 mm
<b>Distância entre pontas:</b>	2000 mm
<b>Diâmetro máximo admissível sobre o carro transversal:</b>	430 mm
<b>Grupo (conforme NBR ISO 23125)</b>	1
<b>Tamanho (conforme NBR ISO 23125)</b>	Pequeno porte
<b>Manual de instruções em português:</b>	Sim
<b>INFORMAÇÕES OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO</b>	
<b>Matéria prima:</b>	Materiais metálicos e poliméricos
<b>Responsável pela manutenção:</b>	Operador
<b>Frequência de manutenção:</b>	Conforme manual do fabricante
<b>Limpeza:</b>	Semanal

(Fonte: Do autor)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das avaliações executadas no torno mecânico estudado nessa monografia.

### 4.1 Verificação da identificação do equipamento

A etiqueta de identificação do equipamento é um item indispensável no equipamento pois a partir dela extrai-se as informações pertinentes à máquina. A NBR ISO 12100 e a NBR ISO 23125 definem as informações mínimas que devem estar contidas na etiqueta de identificação do equipamento. Para o torno avaliado, a identificação do equipamento está mostrada na Figura 4.1.



**Figura 4.1 – Etiqueta de identificação do torno.  
(Fonte: Do autor)**

Com isso, aplicou-se uma lista de verificação de atendimento às normas NBR ISO 12100 e NBR ISO 23125, conforme Seção 2.8.4 deste trabalho. O Quadro 4.1 apresenta a verificação de atendimento aos requisitos de identificação pelo torno analisado.

**Quadro 4.1 – Lista de verificação de atendimento dos requisitos de identificação.**

DESCRIÇÃO	ATENDE	NÃO ATENDE
Nome da empresa fabricante e seu endereço	x	
A designação “torno”, o tipo de torno, o grupo e o tamanho		x
Número de série	x	
Ano de fabricação		x
Identificação de conformidade com os requisitos e normas obrigatórias		x
A velocidade máxima permissível do(s) fuso(s)		x
A velocidade máxima permissível da placa		x
Identificação das proteções e dispositivos de proteção que não estão permanentemente fixadas		x
Identificação caso exista risco de incêndio ou explosão e a maneira na qual pode-se extinguir o incêndio		x

(Fonte: Do autor)

Nota-se que a maioria dos requisitos não estão sendo atendidos, dificultando a operação e manutenção do equipamento de maneira adequada.

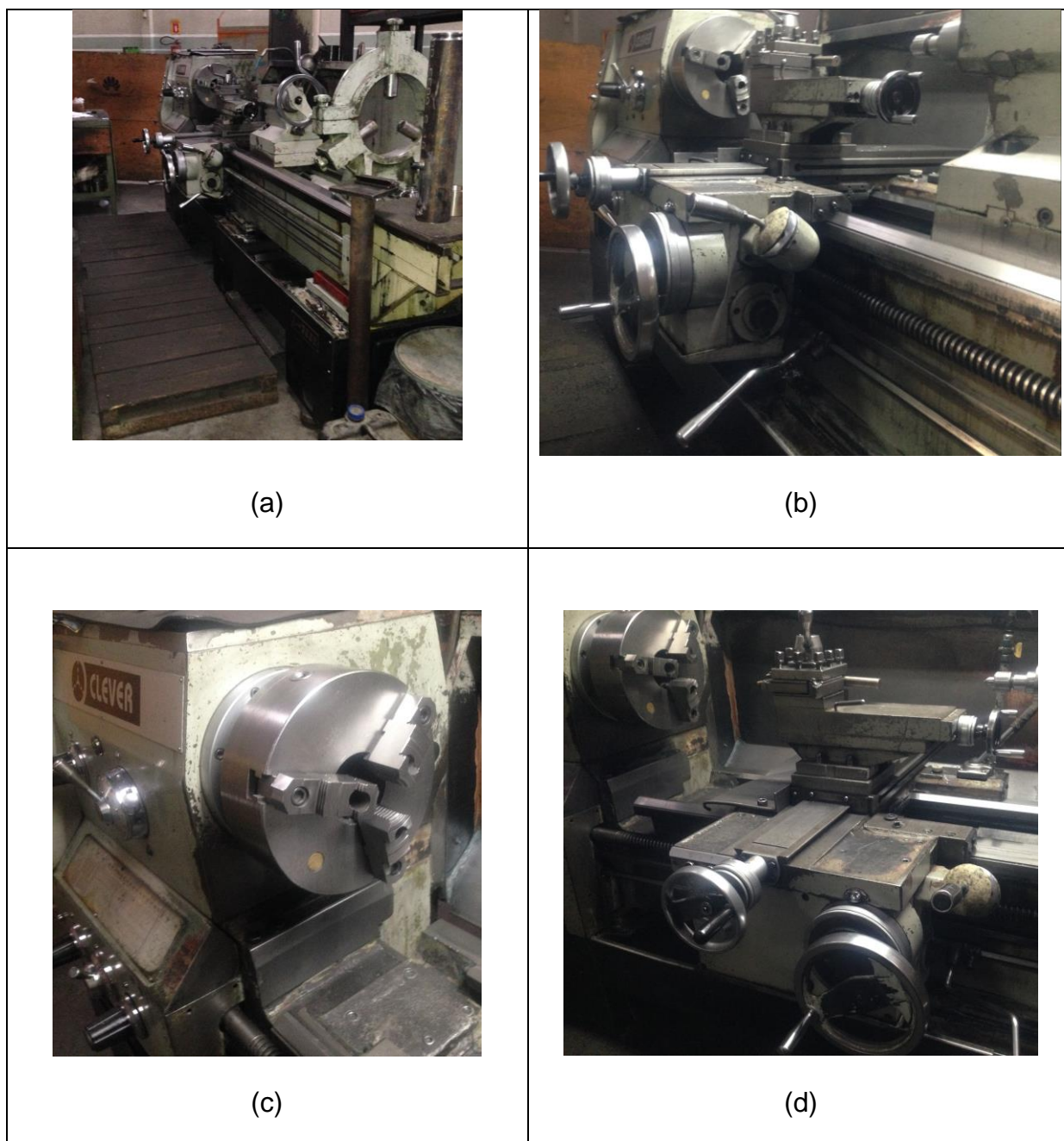
## 4.2 Verificação dos riscos do equipamento

A primeira parte da apreciação de riscos de um equipamento é realizar o levantamento das atividades envolvidas na máquina, identificar os perigos proporcionados em cada tarefa e os respectivos riscos. O Quadro 4.2 apresenta a identificação das tarefas e os respectivos perigos e riscos relacionados ao torno analisado.

**Quadro 4.2 – Identificação dos perigos e riscos relacionados a cada atividade.**

TAREFA	PERIGOS IDENTIFICADOS	RISCO	IMAGEM
Acesso ao posto de trabalho	Superfície escorregadia ou diferença de nível	Queda	Figura 4.2(a)
Operação	Elementos móveis	Amputações e/ou fraturas	Figura 4.2(b)
	Elementos rotativos	Amputações e/ou fraturas	Figura 4.2(b) e Figura 4.2(c)
	Ejeção de objetos	Ferimentos e escoriações	Figura 4.2(d)
Troca da ferramenta ou peça de trabalho	Objetos ou materiais com temperatura alta ou baixa	Risco de queimaduras	Figura 4.2(c)

(Fonte: Do autor)



**Figura 4.2 – Riscos apresentados pelo torno: (a) no acesso ao posto de operação do torno; (b) nos elementos móveis e rotativos do torno; (c) na placa e (d) no carro principal. (Fonte: Do autor)**

### 4.3 Aplicação da metodologia HRN

A segunda parte da apreciação de riscos é a aplicação da metodologia HRN para cada risco identificado, para que cada risco seja mensurado e classificado. A Tabela 4.1 apresenta a aplicação da metodologia HRN aplicada para cada risco identificado no Quadro 4.2.



Tabela 4.1 – Aplicação da metodologia HRN para cada risco identificado

RISCO	PO	PG	FE	NP	HRN	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	AÇÃO
Queda	2	1	5	1	10	Baixo	Melhoria recomendada
Amputações e/ou fraturas	8	4	5	1	160	Alto	Necessária ação de melhoria
Amputações e/ou fraturas	8	4	5	1	160	Alto	Necessária ação de melhoria
Ferimentos e escoriações	8	4	5	1	160	Alto	Necessária ação de melhoria
Risco de queimaduras	2	2	4	1	16	Baixo	Melhoria recomendada

(Fonte: Do autor)

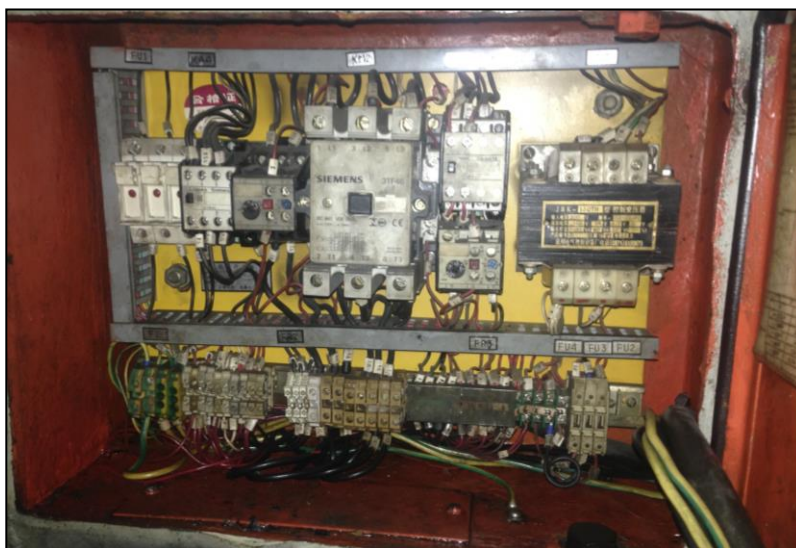
#### 4.4 Determinação da categoria de segurança

O passo inicial para avaliação do sistema de comando é identificar os dispositivos de segurança instalados na máquina. Para o torno que está sendo avaliado nessa monografia, o único dispositivo de segurança presente no equipamento é o botão de emergência, conforme mostrado na Figura 4.3.



Figura 4.3 – Botão de emergência localizado na face frontal do cabeçote fixo do torno  
(Fonte: Do autor)

Além disso, nota-se na Figura 4.4 que o painel elétrico não possui interface de segurança, ou seja, o único dispositivo de segurança presente no equipamento não possui monitoramento.



**Figura 4.4 – Painel elétrico do torno Clever L-2680.  
(Fonte: Do autor)**

Portanto, de acordo com o método de definição da categoria de segurança conforme norma NBR 14153, o torno avaliado encontra-se na categoria de segurança B.

Porém, avaliando os riscos que o equipamento oferece, nota-se que a categoria de segurança atual não é adequada de acordo com a análise da NBR 14153.

Conforme mostrado na Seção 2.7.6, determina-se que a severidade do risco é S2. A frequência de exposição é contínua (F2), pois o operador trabalha o período inteiro de sua jornada junto ao equipamento. Porém, existe a possibilidade de se evitar o risco, sendo o parâmetro P1 escolhido. Como resultado, tem-se que a categoria ideal para o torno é a categoria 3, conforme Figura 4.5.

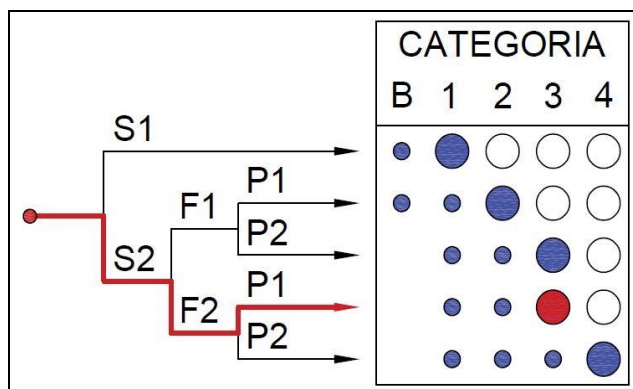


Figura 4.5 – Categoria de segurança ideal para o torno avaliado.


## 4.5 Melhorias propostas

Com a identificação dos riscos e a aplicação da metodologia HRN para mensurá-los, realizados nas Seções 4.2 e 4.3, respectivamente, apresenta-se então a proposição de melhorias para minimizar ou mitigar os riscos, de acordo com o Quadro 4.3.

Para o sistema de comando elétrico, recomenda-se a instalação de uma interface de segurança para monitorar os dispositivos de segurança. Dessa forma, a categoria de segurança subiria para no mínimo 2.

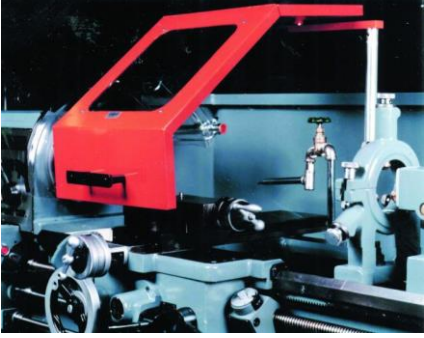
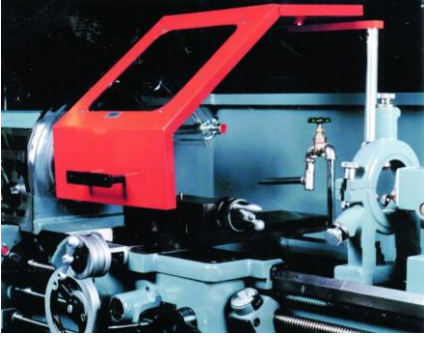


Em relação à identificação do equipamento, sugere-se solicitar ao fabricante uma nova etiqueta de identificação, desta vez com todas as informações necessárias, para atendimento pleno do Quadro 4.1.

Quadro 4.3 – Propostas de melhorias para minimização dos riscos.

RISCO	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	MELHORIA PROPOSTA	EXEMPLO
Queda	Baixo	Rampa de acesso ao tablado.	 <p>Figura 4.6 – Rampa de acesso. (Fonte: Denios, 2019)</p>

(Continua)

(Continuação)

RISCO	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	MELHORIA PROPOSTA	EXEMPLO
Amputações e/ou fraturas	Alto	<p>Proteções móveis na torre porta ferramentas evitando o acesso à ferramenta durante a operação.</p> <p>Essa proteção deve ser monitorada por sensor, inibindo a operação da máquina quando a proteção estiver aberta.</p>	 <p>Figura 4.7 – Proteção na torre porta ferramentas. (Fonte: Stronghold, 2019)</p>
Ferimentos e escoriações	Alto	<p>Proteções móveis na torre porta ferramentas contra ejeção de cavacos e/ou respingos de fluido.</p> <p>Essa proteção deve ser monitorada por sensor, inibindo a operação da máquina quando a proteção estiver aberta.</p>	 <p>Figura 4.7 – Proteção na torre porta ferramentas. (Fonte: Stronghold, 2019)</p>
Amputações e/ou fraturas	Alto	<p>Proteção móvel na placa e fixa no fuso. A proteção móvel deve ser monitorada por sensor, inibindo a operação da máquina quando a proteção estiver aberta.</p>	 <p>Figura 4.8 – Proteção da placa. (Fonte: Romi<sup>4</sup>, 2019)</p>
Risco de queimaduras	Baixo	<p>Implantação de procedimento ou ferramenta para evitar que o operador toque a ferramenta de corte ou a peça de trabalho com as próprias mãos quando as mesmas estiverem em alta temperatura.</p>	 <p>Figura 4.9 – Alicates de pressão. (Fonte: Bellotti Ferramentas, 2019)</p>

(Fonte: Do autor)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um estudo de caso na qual foram avaliados os riscos que um torno mecânico oferece a seu operador.

A identificação do equipamento mostra que o mesmo não atende completamente os requisitos da NBR ISO 23125, sendo, portanto, sugerido que seja solicitado ao fabricante uma nova placa de identificação com todas as informações pertinentes.

Os riscos identificados foram o de queda devido ao desnível do piso, amputações e/ou fraturas que podem ser provocadas pelos elementos móveis do equipamento, ferimentos e escoriações provenientes da ejeção de objetos e queimaduras durante as etapas de troca de ferramenta ou peça de trabalho.

Com os riscos identificados, utilizou-se a metodologia de análise de riscos HRN para mensurá-los e classificá-los quanto a sua magnitude. Com isso, percebeu-se que os riscos proporcionados pelas partes móveis são os que mais oferecem risco para o operador. Por isso, esses riscos devem ter maior atenção quanto às ações propostas no Quadro 4.3.

Para tanto, sugeriu-se que para mitigar o risco de queda fosse implantada uma rampa de acesso ao posto de trabalho.

Para diminuir o risco de fraturas e/ou amputações, assim como o risco de ejeção de objetos, sugeriu-se a instalação de proteções móveis monitoradas por sensores.

Para minimizar o risco de queimaduras, sugeriu-se a implantação de um procedimento no qual seria utilizado uma ferramenta auxiliando o manejo da peça de trabalho e da ferramenta de corte.

Durante a avaliação do sistema de comando elétrico da máquina, observou-se que o torno possui apenas um dispositivo de segurança, que é o botão de emergência. Por não possuir monitoramento através de interface de segurança, a categoria de segurança identificada é a B. Para aumentar-se a categoria de segurança, sugere-se a instalação de uma interface de segurança e de sensores

monitorando a abertura e fechamento das proteções móveis, devendo ser realizado por profissional habilitado devidamente registrado em conselho de classe, conforme alínea “b” do item 12.39 da NR-12.

## REFERÊNCIAS

ABNT<sup>1</sup>. **NBR ISO 23125: Máquinas-ferramenta - Segurança - Tornos**. Rio de Janeiro. 2013.

ABNT<sup>2</sup>. **NBR ISO 31000: Gestão de Riscos - Diretrizes**. Rio de Janeiro. 2018.

ABNT<sup>3</sup>. **NBR ISO 12100: Segurança de Máquinas - Princípios gerais de projeto - Avaliação e redução de riscos**. Rio de Janeiro. 2013.

ABNT<sup>4</sup>. **ISO/TR 14121-2: Segurança de Máquinas - Avaliação de riscos Parte 2: Guia prático e exemplos de métodos**. Rio de Janeiro. 2018.

ABNT<sup>5</sup>. **NBR 14153: Segurança de Máquinas - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança - Princípios gerais para projeto**. Rio de Janeiro. 2013.

BELLOTTI FERRAMENTAS, 2019. Disponível em: <<https://www.bellottiferramentas.com.br/produto/alicata-de-pressao-para-solda11-polegadas-carbografite.htm>>. Acesso em: 09 Maio 2019.

BRASIL<sup>1</sup>. Decreto-Lei n.º 5.452, de 1º de maio de 1943. **Consolidação das Leis do Trabalho**, Rio de Janeiro, Maio 1943.

BRASIL<sup>2</sup>. **NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>>. Acesso em: 16 Março 2019.

BRASIL<sup>3</sup>. **NR 1 - DISPOSIÇÕES GERAIS**, 1978. Disponível em: <[https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-01.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-01.pdf)>. Acesso em: 04 Maio 2019.

CIMHSA. **Manual de Instruções Torno Mecânico Convencional Clever Modelo L-2660.L-26200 Modelo L-2660A.L-26200A**. [S.l.]. 2009.

DENIOS, 2019. Disponível em: <<https://www.denios.pt/shop/rampa-de-acesso-em-aco-ajustavel-em-altura-150-270-mm/>>. Acesso em: 08 Maio 2019.

ERGOMAT, 2019. Disponível em: <<http://www.ergomat.com.br/blog/2016/03/03/torno-automatico-monofuso-a-cames-a15-a25/>>. Acesso em: 01 Maio 2019.

FERRARI, A. V. F. **A anatomia dos tornos automáticos de acionamentos mecânicos**. [S.l.]. 2004.

GRUPO TECNOFIX, 2019. Disponível em: <<http://grupotecnofix.com.br/pecas-usinadas.php>>. Acesso em: 05 Maio 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14119: Interlocking devices associated with guards - Principles for design and selection**. [S.l.]. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16156: Safety requirements for the design and construction of work holding chucks**. [S.l.]. 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13857: Safety distances for prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs**. [S.l.]. 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 702-1: Connecting dimensions of spindle noses and work holding chucks - Part 1: Conical connection**. [S.l.]. 2009.

KAMINSKI, D. **PROPOSTA TÉCNICO ECONÔMICA PARA ADEQUAÇÃO DE TORNO MECÂNICO CONVENCIONAL NORMA NR12**. UNESC. Criciúma-SC. 2015.

M&S INDUSTRIAL<sup>1</sup>, 2019. Disponível em: <<http://mesindustrial.com.br/torno-revolver/>>. Acesso em: 01 Maio 2019.

M&S INDUSTRIAL<sup>2</sup>, 2019. Disponível em: <<http://mesindustrial.com.br/torno-plato/>>. Acesso em: 02 Maio 2019.

MACHADO, Á. R. et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.



NARDINI<sup>1</sup>, 2019. Disponível em: <<http://www.nardinisa.com.br/site/?product=mascote-ms-205x1000>>. Acesso em: 04 Maio 2019.

NARDINI<sup>2</sup>, 2019. Disponível em: <<http://www.nardinisa.com.br/site/?product=am-650>>. Acesso em: 04 Maio 2019.

OREGON OSHA. **Machine Safeguarding at the Point of Operation**. [S.l.]. 2015.

ROCKFORD SYSTEMS<sup>1</sup>. **Safety Shields For Cutting and Turning Machines**. Rockford. 2018.

ROCKFORD SYSTEMS<sup>2</sup>, 2019. Disponível em: <<https://www.rockfordsystems.com/product/electrically-interlocked-lathe-chuck-shields/>>. Acesso em: 05 Maio 2019.

ROMI<sup>1</sup>. **Tornos Universais Linha ROMI T**. [S.l.]. 2019.

ROMI<sup>2</sup>. **Tornos Verticais CNC Linha ROMI VT**. [S.l.]. 2019.

ROMI<sup>3</sup>. **Tornos CNC Linha Centur**. [S.l.]. 2019.

ROMI<sup>4</sup>, 2019. Disponível em: <<https://www.romi.com/produtos/linha-romi-t/>>. Acesso em: 06 Maio 2019.

SANTOS, A. M. S. et al. **SEGURANÇA EM MÁQUINAS OPERATRIZES: ADEQUAÇÃO DE UM TORNO CONVENCIONAL A NR-12**. SENAI. Araras-SP. 2012.

SHERIQUE, J. **NR-12 - Passo a Passo para Implantação**. 2<sup>a</sup>. ed. [S.l.]: Editora LTR, 2016.

STEEL, C. Risk Estimation. **The Safety & Health Practitioner**, Junho 1990.

STRONGHOLD, 2019. Disponível em: <<https://www.strongholdsafety.com/flexbar-travel-guard.html>>. Acesso em: 07 Maio 2019.

TRENT, E. M. **Metal Cutting**. 2<sup>a</sup>. ed. Londres: Butterworths & Co., 1985.

WERMUTH, E. J.; HEBERLE, J. R. Verificação criteriosa. **PROTEÇÃO**, Novo Hamburgo/RS, n. 316, p. 66-72, Abril 2018.