

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

ADEQUAÇÃO DE UM TORNO AUTOMÁTICO À NR 12

VITOR HUGO RUFFONI

Orientador:

Prof. Eng. Roque Puiatti, MSc.

Porto Alegre, 07/2014

ADEQUAÇÃO DE UM TORNO AUTOMÁTICO À NR 12

por

VITOR HUGO RUFFONI

Engenheiro Mecânico

Monografia submetida ao Corpo Docente do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de

Especialista

Orientador: Prof. Eng. Roque Puiatti. MSc.

Prof. Dr. Sergio Viçosa Möller Coordenador
do Curso de Especialização em Engenharia de
Segurança do Trabalho.

Porto Alegre, 10 julho de 2014.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação do Curso e aos Professores que buscaram mostrar o real significado do Engenheiro de Segurança na sua atividade como profissional.

Ao Professor e Mestre Eng. Roque Puiatti por ter aceitado a orientação deste trabalho com apoio e confiança e principalmente pela maneira didática e construtiva na transmissão de seus conhecimentos.

Aos colegas de sala de aula em especial a turma dos trabalhos em grupo, Alessandra, Bruno, Daniela, Débora Janaína, Flávio, Renata e Vanessa pelo bom convívio e troca de conhecimentos.

RESUMO

A ausência de proteções, sejam elas fixas, móveis ou eletroeletrônicas, a falta de capacitação dos trabalhadores, inexistência de planos de manutenção em máquinas, equipamentos e mecanismos causam acidentes de trabalho com graves consequências para os trabalhadores, empresas e a sociedade devido aos altos custos previdenciários, por exemplo. As micros, pequenas e médias empresas na sua grande maioria utilizam máquinas e equipamentos obsoletos em seus processos produtivos. A NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos está estruturada de maneira que os equipamentos, máquinas e mecanismos tenham proteções baseadas nos conceitos de falha segura, redundância e monitoramento por interface de segurança. Máquinas, equipamentos e mecanismos novos devem ter estes conceitos incluídos em seus projetos, no entanto aqueles que são antigos e até obsoletos devem ser adequados. Este trabalho apresenta um processo de adequação à segurança de um torno automático a cames, utilizado para a fabricação de peças lineares. Normas brasileiras e europeias foram consultadas, concluindo-se que este processo de adequação é complexo e exige um conhecimento técnico apurado por parte das empresas.

Palavras-chave: Acidentes de Trabalho. NR 12. Processo de adequação. Torno automático.

ABSTRACT

The lack of protections, whether fixed, mobile or electro-electronics, the lack of qualified workers, lack of maintenance plans for machines, equipment and mechanisms cause accidents with serious consequences for workers, businesses and society due to high pension costs . Micro, small and medium enterprises mostly use obsolete machinery and equipment in their production processes. The NR 12 - Safety at Work in Machinery and Equipment, is structured so that the equipment, machines and mechanisms have protections based on the concepts of fail safe redundancy and monitoring. Machinery, equipment, and new mechanisms should have included these concepts in their designs, however those who are old and obsolete to be appropriate. This paper presents an adaptation process in a security cam automatic lathes for the manufacture of linear. Brazilian and European standards were consulted for this work concludes that the adaptation process is complex and requires technical knowledge ascertained by firms.

Keywords: *Accidents. NR 12. The process of adaptation. Automatic lathes*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Custos relacionados a um acidente de trabalho.....	11
Figura 2 – Torno A-25	18
Figura 3 – Processo interativo para alcance de segurança.....	20
Figura 4 – Elementos de risco.....	21
Figura 5 – Seleção possível de categorias.....	27
Figura 6 – Gráfico para o nível de performance requerido PLr para a função segurança.....	28
Figura 7 – Zona frontal da máquina.....	32
Figura 8 – Zona lateral direita da máquina.....	33
Figura 9 – Zona traseira da máquina.....	34
Figura 10 – Zona lateral esquerda da máquina.....	35
Figura 11 – Quadro do sistema elétrico de segurança.....	44
Figura 12 – Configuração do quadro de comando.....	44
Figura 13 – Comando de Emergência.....	45
Figura 14 – Chave geral e de emergência.....	45
Figura 15 – Parafuso cabeça cilíndrica ALLEN.....	46
Figura 16 – Parafuso cabeça chata ALLEN.....	46
Figura 17 – Proteções mecânicas fixas itens 8 e 9.....	47
Figura 18 – Proteção mecânica fixa item 4.....	47
Figura 19 – Proteção mecânica fixa item 10.....	48
Figura 20 – Configuração final.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Probabilidade de Ocorrência.....	29
Tabela 2 – Frequência de Exposição, Grau da Possível Lesão e Número de Pessoas sob Risco.	30
Tabela 3 – Grau de Risco calculado.....	31
Tabela 4 – Modelo para Avaliação de Risco.....	36
Tabela 5 – Avaliação de risco Zona frontal da máquina.....	37
Tabela 6 – Avaliação de risco Zona lateral direita da máquina.....	38
Tabela 7 – Avaliação de risco Zona traseira da máquina.....	39
Tabela 8 – Avaliação de risco Zona lateral esquerda da máquina.....	39
Tabela 9 – Qualificação do risco zona frontal da máquina.....	40
Tabela 10 – Qualificação Zona lateral direita da máquina.....	40
Tabela 11 – Qualificação Zona traseira da máquina.....	41
Tabela 12 – Qualificação Zona lateral esquerda da máquina.....	41
Tabela 13 – Comparação dos riscos sem adequações e com adequações.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
DOU	DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO
DRT	DELEGACIA REGIONAL DO TRABALHO
EN	NORMAS DA COMUNIDADE EUROPEIA
GM	GABINETE DO MINISTRO
<i>HRN</i>	<i>HAZARD RATING NUMBER</i>
<i>ISO</i>	<u><i>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION</i></u>
NBR	NORMAS BRASILEIRAS
NR	NORMAS REGULAMENTADORAS
PPRPS	PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS EM PRENSAS E
SIMILARES	
SIT	SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO
SSST	SECRETARIA DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO
TRAUB	FABRICANTE DE TORNOS AUTOMÁTICOS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVO GERAL.....	12
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 ESTRUTURA	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 NR-12: 2010 SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.....	13
2.2 ESTRUTURA BÁSICA DA NR 12: 2010	15
2.3 NORMAS BRASILEIRAS E EUROPEIAS	16
3 ASPECTOS LEGAIS.....	18
3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA MÁQUINA.....	18
3.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA MÁQUINA	18
3.3 APRECIÇÃO DE RISCOS NBR ISSO 12100:2013	19
3.4 REQUISITOS, CARACTERÍSTICAS E FUNÇÕES DE SEGURANÇA.....	21
3.4.1 Guia para a seleção de categorias da NBR 14153:1998	24
3.4.2 Determinação do nível de performance requerida ISO 13489:2006- Safety of machinery - Safety-related parts of control system-Part 1- General principles for design	28
3.4.3 Quantificação do risco	29
4 ASPECTOS TÉCNICOS.....	32
4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS DE RISCO.....	32
4.1.1 Zona frontal da máquina.....	32
4.1.2 Zona lateral direita da máquina	33
4.1.3 Zona traseira da máquina	34
4.1.4 Zona lateral esquerda da máquina.....	35
4.2 APRECIÇÃO DE RISCO E ADEQUAÇÕES À SEGURANÇA DA MÁQUINA..	36
4.2.1 Apreciação de risco Zona frontal da máquina	37
4.2.1.1 Adequações à segurança Zona frontal da máquina	37

4.2.2	Apreciação de risco Zona lateral direita da máquina.....	38
4.2.2.1	Adequações à segurança Zona lateral direita da máquina.....	38
4.2.3	Apreciação de risco Zona traseira da máquina.....	39
4.2.3.1	Adequações à segurança Zona traseira da máquina	39
4.2.4	Apreciação de risco Zona lateral esquerda da máquina	39
4.2.4.1	Adequações à segurança Zona lateral esquerda da máquina.....	39
4.3	QUALIFICAÇÃO DO RISCO APÓS AS ADEQUAÇÕES	40
4.3.1	Zona frontal da máquina.....	40
4.3.2	Zona lateral direita da máquina	40
4.3.3	Zona traseira da máquina	40
4.3.4	Zona lateral esquerda da máquina	41
5	VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO	42
5.1	PROJETO DO QUADRO ELÉTRICO DE SEGURANÇA	42
5.1.1	Emergência	42
5.1.1.1	Operação.....	43
5.1.1.1.2	Falhas	43
5.1.2	Operação em extrabaixa tensão	43
5.1.3	Proteções Móveis Monitoradas	43
5.1.4	Detalhes da configuração do quadro do sistema elétrico de segurança	43
5.1.6	Instruções operacionais para as condições de segurança	45
5.2	PROTEÇÕES MECÂNICAS FIXAS.....	46
5.2.1	Compar. HRN antes e depois da adeq. do torno com medidas de segurança.....	49
5.3	GESTÃO DE SEGURANÇA	50
5.3.1	Manutenção.....	50
5.3.2	Manuais	50
5.3.3	Procedimentos de trabalho e segurança.....	50
5.3.4	Capacitação.....	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
7	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

Com a incorporação de novas tecnologias que evidenciam as questões de segurança proporcionadas pelos países industrializados, os riscos mecânicos¹ notadamente aqueles relacionados a máquinas, equipamentos ou mecanismos utilizados nos processos de produção passam a ter um enfoque ligado à organização do trabalho. Um exemplo é o que ocorre com o advento da robótica ficando os trabalhadores de manutenção mais expostos aos riscos mecânicos. A relação entre o homem e a máquina pressupõe a interação de variáveis que tornam o que é considerado risco de acidente em eventos previsíveis possibilitando então agir preventivamente, evitando assim a chance do acidente ocorrer.

Investigações que qualificam o comportamento dos trabalhadores como, por exemplo, desatenção, imprudência, negligência, entre outros, pressupõe que a integridade física do trabalhador fica na dependência quase exclusiva de seu desempenho nas atividades de operador de máquinas, equipamentos ou mecanismos (Puiatti, 2013). Os projetos de máquinas, normalmente voltados para redução de custos, devem incorporar as questões de segurança do trabalhador e é neste processo de desenvolvimento que a NR 12:2010 (Norma Regulamentadora de Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos) passa a ser um fator fundamental de entrada para projetos.

Uma avaliação sobre a questão acidentária no país com ainda a utilização de máquinas antigas e obsoletas, com certeza, conclui que a proteção insuficiente ou inexistente é a principal causa de inúmeros acidentes graves e/ou fatais. Este fato se deve ao ciclo de vida das máquinas no Brasil e que comprova que seus projetos não incluíam adequadamente as questões de segurança do trabalhador e quando consideradas obsoletas são vendidas normalmente para micros ou pequenas empresas, em piores condições de operação, ou seja, probabilidade de ocorrência de novos acidentes (Del Vecchio, 2009).

A realidade é que adequações devem ser feitas em máquinas, equipamentos ou mecanismos, não importando se é antiga, obsoleta ou nova, dado que as mesmas em funcionamento são úteis ao processo de produção e estão em uso. Os meios de proteção são os mais diversos possíveis, desde os mais simples, como grades protetoras de partes móveis ou giratórias de motores, portas de acesso a máquinas e equipamentos, dentre outros, indo até cortinas de luz (barreiras óticas), relés de segurança, sensores de presença e acionamentos bi manuais, sistemas de paradas de emergência, para citar os mais utilizados. Portanto, baseado nestas considerações, será elaborada a proposta de adequação de um torno automático, com alimentação por barras, na usinagem de peças, tendo como base a NR 12:2010.

1- Os riscos mecânicos também são conhecidos como riscos de acidentes.

1.1 JUSTIFICATIVA

As empresas devem se adequar às exigências de um mercado cada vez mais competitivo, tendo como objetivo que o conceito de ganhar pedidos está relacionado com produtividade, confiabilidade e segurança no seu processo produtivo, ter um sistema de gestão da qualidade baseado em normas internacionais, por exemplo, a ISO (*International Organization for Standardization*), é o mínimo exigido, principalmente por empresas da cadeia automotiva.

Ter um ambiente de trabalho seguro, não correr riscos para evitar acidentes, objetiva não ter perdas financeiras por paradas de produção devidas por atuações de irregularidades em proteção de equipamentos por Auditores Fiscais do Trabalho, além de danos à imagem das empresas frente a seus clientes, a sociedade e aos seus próprios trabalhadores (KUSE, 2013).

Não cabe aqui analisar o custo da adequação à NR 12:2010 se compararmos com o dano causado ao operador acidentado em uma máquina; muitas vezes irreparável, deixando sequelas com consequências extensivas aos seus familiares e dependentes. Trata-se de um processo de evolução dos projetos das máquinas, equipamentos ou mecanismos, das leis e normas de segurança que com o tempo deverão ter condições de operação cada vez mais seguras. Há que se considerar também os custos diretos impostos tanto à empresa e quanto à sociedade. A figura 1 é uma representação sucinta desta realidade.

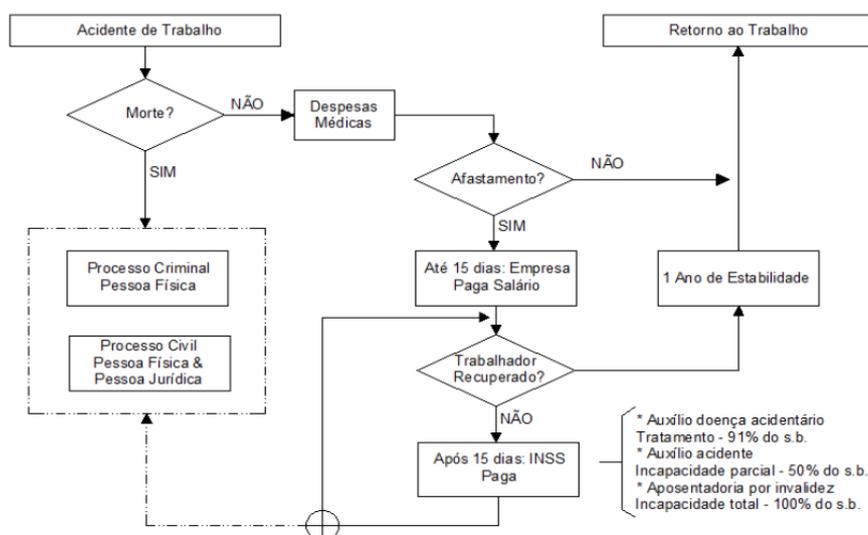


Figura 1 - Custos relacionados a um acidente de trabalho.
Fonte: Fundacentro Segurança de Máquinas e Normas, 2011.

1.2 OBJETIVO GERAL

Apresentar um trabalho de adequação de um torno automático a cames Traub A-25 utilizado para usinagem de peças lineares, tendo como referência a NR 12:2010, a partir da avaliação preliminar de riscos até o planejamento da gestão da segurança. Esta adequação foi realizada em empresa metalúrgica de médio porte localizada na região metropolitana de Porto Alegre.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Detalhar a metodologia aplicada com a aplicação das ferramentas de análise de riscos recomendadas pelas normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ISO (*International Organization for Standardization*) e revisão bibliográfica sobre a NR 12.

1.4 ESTRUTURA

Este trabalho está estruturado em sete capítulos.

O primeiro trata das considerações, com introdução, justificativa, objetivo geral, objetivos específicos e a presente estrutura.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica, salientando as normas técnicas que têm aplicações diretamente relacionadas ao objetivo geral deste trabalho.

O terceiro capítulo trata dos aspectos legais com a caracterização do equipamento, procurando identificar nas normas quais itens de análise e quantificação das situações de riscos tem aplicação neste processo de adequação definido no objetivo geral.

O quarto capítulo trata dos aspectos técnicos, ou seja, identificação das zonas de risco e medidas de proteção a serem adotadas.

O quinto capítulo trata da verificação do sistema de proteção e procedimentos para treinamentos e manutenção, entre outros, de acordo com o previsto na NR 12:2010.

O sexto capítulo trata das considerações finais ressaltando a necessidade de pessoal técnico qualificado para os processos de adequação em equipamentos que não atendem à NR 12:2010.

O sétimo capítulo apresenta conclusão do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 NR-12:2010 SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A Norma Regulamentadora NR 12 define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção visando garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Abrange métodos de controle adotados para garantir a segurança no trabalho estabelece procedimentos e fluxos de trabalho nas etapas de operação e manutenção de máquinas, treinamento de todos os envolvidos, e a projeção e instalação de sistemas de segurança, tais como proteções físicas fixas e móveis, dispositivos de monitoramento, de acionamento e mecânicos, todos instalados de forma redundante.

É aplicada em qualquer empresa que possua máquinas, equipamentos ou mecanismos utilizados nos processos de produção que apresentem riscos ao trabalhador. O item 12.4 da NR 12 estabelece medidas que são consideradas de proteção a serem adotadas na ordem de prioridade:

- Medidas de proteção coletiva;
- Medidas administrativas ou de organização de trabalho;
- Medidas de proteção individual.

Os dispositivos de segurança tratados pela NR 12:2010 são concebidos basicamente por três princípios, segundo Beck (2013):

- **Falha Segura:** Sistema entra em estado seguro, quando ocorrer falha de um componente relevante à segurança. A principal pré-condição para a aplicação desse princípio é a existência de um estado seguro em que o sistema pode ser projetado para entrar nesse estado quando ocorrerem falhas.
- **Redundância:** Aplicação de mais de um componente, dispositivo ou sistema, a fim de assegurar que, havendo uma falha em um deles na execução de sua função, o outro estará disponível para executar esta função.
- **Monitoramento:** função intrínseca de projeto do componente ou realizada por interface de segurança que garante a funcionalidade de um sistema de segurança quando um componente ou um dispositivo tiver sua função reduzida ou limitada ou quando houver situações de perigo devido a alterações nas condições do processo.

As empresas, embora adequem suas máquinas, equipamentos ou mecanismos com todos os dispositivos previstos para o funcionamento com segurança, mesmo assim não garantirá total segurança se não houver uma gestão que vise à segurança de seus trabalhadores.

Um programa de gestão deve estabelecer procedimentos que visem um acompanhamento sistemático e com controles do tipo (Beck 2013).

- *Check-list* diário;
- Instrução de trabalho interno;
- Manutenção preventiva;
- Riscos envolvidos;
- Histórico das ações tomadas.

Segundo Del Vecchio (2009) a NR 12:2010 tem seu histórico evolutivo na seguinte sequência:

- Primeiras tentativas organizadas datam da década de 70;
- Junho de 1978 nasce a NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos;
- Na década de 80, entidades representativas começaram a externar o sofrimento das vítimas decorrentes de acidentes do trabalho;
- 1989, forte trabalho de Rui Magrini DRT/SP - “Prensas de chaveta”;
- Na década de 90, primeiros programas organizados;
- 1993 a 1995, Convenção Coletiva Geral dos Metalúrgicos de São Paulo (bipartite);
- 1995, primeira convenção coletiva de Injetoras de plástico;
- 1996, DRT/SP busca um diagnóstico mais aperfeiçoado sobre o assunto. Nascia assim o PPRPS (Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares);
- 1996, por ação dos auditores fiscais do trabalho, firmou-se o Acordo para Proteção de Cilindros de Massa;
- Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que em seu artigo 184 determina que todas as máquinas e equipamentos sejam dotados dos dispositivos necessários para a prevenção de acidentes de trabalho.

Complementando com a atualização do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego):

Publicação DOU (Diário Oficial da União):

- Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 06/07/78

Atualizações DOU (Diário Oficial da União).

- Portaria SSST n.º 12, de 06 de junho de 1983 14/06/83
- Portaria SSST n.º 13, de 24 de outubro de 1994 26/10/94
- Portaria SSST n.º 25, de 28 de janeiro de 1996 05/12/96
- Portaria SSST n.º 04, de 28 de janeiro de 1997 04/03/97
- Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010 24/12/10
- Portaria SIT n.º 293, de 08 de dezembro de 2011 09/12/11

2.2 ESTRUTURA BÁSICA DA NR 12:2010

A NR 12:2010 está estruturada em princípios gerais de segurança e em anexos como segue:

- Corpo (18 Páginas – item 12.1 a 12.156), princípios gerais de segurança para uso em todas as máquinas;
- 12 Anexos (65 páginas) princípios, definições ou excepcionalidades específicas;
- I-Distâncias Seguras;
- II-Capacitação (conteúdo);
- III-Acessos Permanentes;
- IV-Glossário;
- V-Motosserras;
- VI-Máquinas Panificação / Padaria;
- VII-Máquinas Açougue / Mercearia;
- VIII-Prensas;
- IX-Injetoras de Plástico;
- X-Máquinas para Calçados e Afins;
- XI-Máquinas Agrícolas e Reflorestamento;
- XII-Equipamentos de Guindar Pessoas e Realização de Trabalho em Altura;
- Prazos para Obrigatoriedade de Observância dos itens da NR 12:2010.

Nos procedimentos de apreciação de riscos estão detalhados os itens específicos os quais se relacionam com os princípios de segurança a este trabalho.

2.3 NORMAS BRASILEIRAS E EUROPEIAS

As NBR (Normas Técnicas Brasileiras) relacionadas aos projetos de máquinas, equipamentos ou mecanismos, são fontes de consulta para adequações, ou seja, adaptar máquinas, equipamentos ou mecanismos existentes àquelas condições de projeto que não foram contemplados.

Segundo Giulliano (2011), estas normas definem com rigor:

- Conceitos fundamentais;
- Princípios de projeto;
- Aspectos gerais;
- Tipo de dispositivo condicionador de segurança;
- Prescrição detalhada de segurança aplicável a uma máquina em particular ou a um grupo de máquinas;
- A maioria das normas brasileiras são baseadas em normas ISO (*International Organization for Standardization*).

É relevante o conhecimento e a classificação das normas técnicas de segurança para projetar e/ou adequar máquinas equipamentos ou mecanismos. Segundo Campos (2013) existem Normas do tipo A, B e C classificadas conforme EN-Normas Europeias e Normas Brasileiras, e que seguem a seguinte hierarquia:

- Tipo A: Normas Básicas de Segurança: Requisitos básicos de projeto e terminologia básica;
- Tipo B: Normas de Segurança do Grupo:
 - Normas B1 - Aspectos gerais de segurança;
 - Normas B2 - Equipamentos especiais de segurança;
- Tipo C: Normas Especializadas: Características de segurança para tipos de máquinas individuais.

Para a adequação realizada neste trabalho foram consultadas e utilizadas as seguintes normas NBR (Normas Técnicas Brasileiras) e ISO (*International Organization for Standardization*):

- ABNT. NBR ISO 12100:2013 Segurança de Máquinas – Princípios gerais para apreciação de projeto-Apreciação e Redução de Riscos.

- NBR 14153:1998 – Segurança de Máquinas – Partes de comandos relacionados à segurança – Princípios gerais para projetos.
- ISO 13489-1:2006- *Safety of machinery - Safety-related parts of control system-Part 1- General principles for design.*
- ABNT NBR ISO 23125:2013- Máquinas-Ferramentas- Segurança- Tornos

As três primeiras Normas estão abordadas no capítulo três, que trata dos aspectos legais, e a última especificamente sobre tornos no capítulo seis, que trata das considerações finais.

3 ASPECTOS LEGAIS

3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA MÁQUINA

Torno Automático a Cames A-25 figura 2; Marca Traub; Ano de fabricação 1995.

Passagem do fuso:

- Material tubular redondo máx. 25 mm;
- Material cheio redondo máx. 25 mm;
- Material sextavado máx. 22 mm;
- Material quadrado máx. 18 mm.

Potência do motor principal kW 2,2 ; Rotação máxima do fuso rpm 2500;

Peso líquido kg 920; Dimensões com alimentador de barras (C x L x A) mm 4100 x 500 x 1560.

3.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA MÁQUINA

Um operador; Posição de trabalho em pé e frontal e com acesso às zonas frontal, lateral, e traseira, conforme figura 2 a seguir.



Figura 2 – Torno A-25
Fonte: Foto do autor, 2014.

3.3 APRECIACÃO DE RISCO ABNT NBR ISO 12100: 2013 Segurança de Máquinas – Princípios gerais para apreciação de projeto-Apreciação e Redução de Riscos.

Esta norma é caracterizada como tipo A (normas fundamentais de segurança) e definem com relevantes princípios fundamentais de concepção para todos os tipos de máquinas. Especifica ainda procedimentos e terminologias e definições básicas para a redução de riscos em projetos de máquinas, são 42 termos e definições, a seguir são listados alguns destes termos e definições:

1. Operabilidade- capacidade de uma máquina de ser facilmente operada devido às suas características e propriedades e que permita uma compreensão clara de suas funções;
2. Dano - lesão física ou prejuízo à saúde;
3. Perigo- fonte potencial de dano;
4. Situação perigosa- situação em que uma pessoa fica exposta a pelo menos um perigo;
5. Risco- combinação da probabilidade de ocorrência de um dano e da severidade deste;
6. Zona de perigo- qualquer zona dentro e/ou ao redor da máquina, onde uma pessoa fica exposta a um perigo;
7. Estimativa de risco- definição de provável gravidade de um dano e a probabilidade de sua ocorrência;
8. Apreciação de risco- processo completo que compreende a análise de risco e a avaliação de risco.

Este trabalho trata-se de um processo de adequação de uma máquina com 15 anos de uso, mas no entanto é importante identificar nesta norma os conceitos de segurança como mandatórios. A norma no seu item 4 – Estratégia para apreciação e redução de riscos informa que o projetista deve levar em conta:

Determinação dos limites da máquina, considerando seu uso indevido, bem como quaisquer formas de mau uso razoavelmente previsíveis;

Identificação dos perigos e situações perigosas associadas;

Estimativa de risco para cada perigo ou situação perigosa;

Avaliação de risco e tomada de decisão quanto à necessidade de redução de riscos;

Eliminação do perigo ou redução do risco associado ao perigo por meio de medidas de proteção.

Apresenta ainda um fluxograma para o processo de redução de riscos do ponto de vista do projetista e o relacionamento risco, gravidade do dano e probabilidade de ocorrência do dano, Figuras 3 e 4 a seguir.

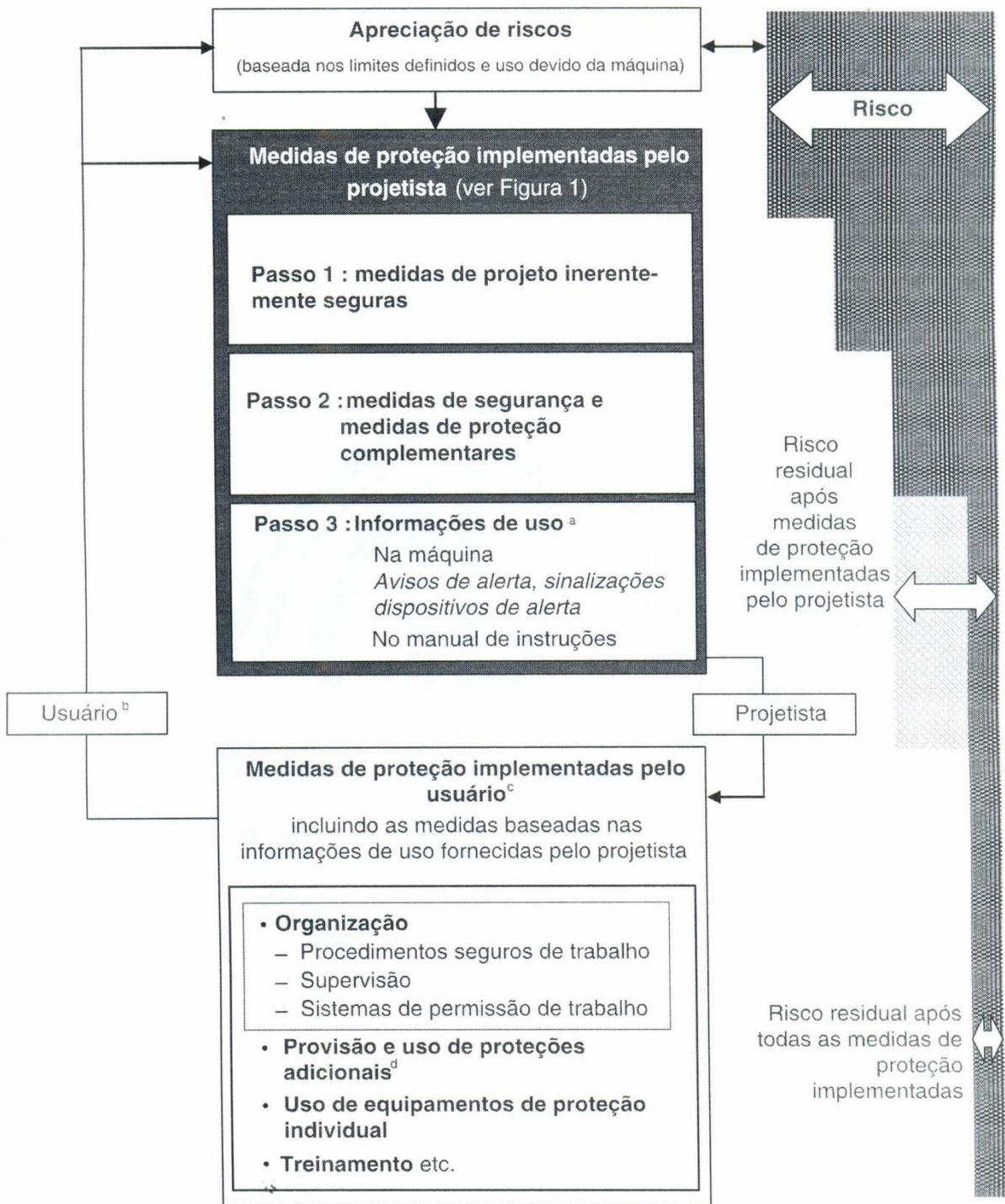


Figura 3 – Processo de redução de riscos do ponto de vista do projetista.
 Fonte: NBR ISO 12100:2013.

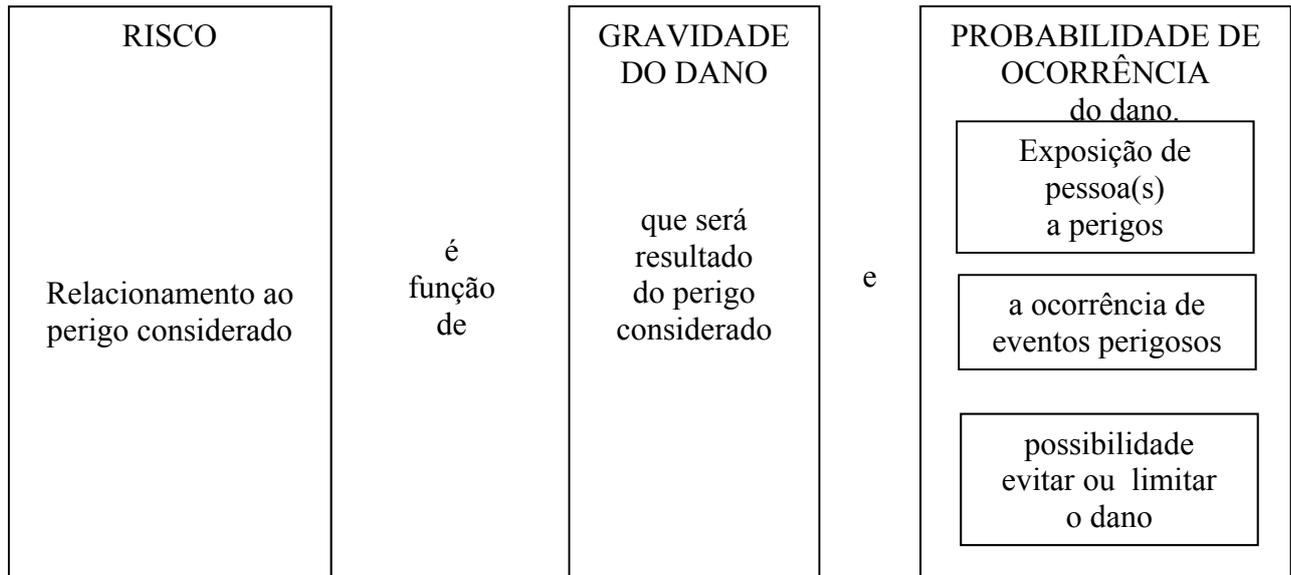


Figura 4 – Elementos de risco.
 Fonte: NBR ISO 12100:2013.

O anexo B da NBR ISO 12100:2013 (tabelas B1, B2, B3 e B4) cita 10 tipos de perigos situações perigosas e eventos perigosos:

1. Perigos mecânicos;
2. Perigos elétricos;
3. Perigos térmicos;
4. Perigos ligados a ruídos;
5. Perigos ligados à vibração;
6. Perigos ligados à radiação;
7. Materiais e substâncias perigosas;
8. Perigos ergonômicos;
9. Perigos associados ao meio ambiente no qual a máquina é utilizada;
10. Combinação de perigos.

Por exemplo, em operações de tornos tem-se um tipo de perigo originado por elementos móveis, que tem como consequências esmagamento, impactos, lesões leves e até mutilação.

Para situações perigosas, por exemplo, executar trabalhos próximos a partes móveis, trabalhar sob uma carga, exposição à ejeção de peças e exposição ao trabalhador à geração de ruídos.

Em relação a eventos perigosos, um bom exemplo é à resistência mecânica de partes da máquina e ferramentas que podem ocasionar quebra durante a operação resultando em situações de risco grave ao trabalhador.

3.4 REQUISITOS, CARACTERÍSTICAS E FUNÇÕES DE SEGURANÇA

Estas avaliações são feitas através da NBR 14153:1998 – Segurança de Máquinas– Partes de comandos relacionados à segurança.

Princípios gerais para projetos da ISO 13489-1:2006- *Safety of machinery - Safety-related parts of control system-Part 1- General principles for design.*

Essas Normas se aplicam a todas as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, independentemente do tipo de energia aplicado, por exemplo, elétrica, hidráulica, pneumática e mecânica. Por tratar-se de uma adequação, aqui estão citadas as definições mais relevantes para este trabalho:

- **Categoria:** Classificação das partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, com respeito à 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;
- **Segurança de sistemas de comando:** Habilidade de desenvolver sua(s) função(ões) para um dado período, de acordo com sua categoria especificada, baseada em seu comportamento no caso de defeito(s).
- **Defeito:** Estado de um item caracterizado pela inabilidade de desenvolver a função requerida, excluindo a inabilidade durante manutenções preventivas ou outras ações planejadas, ou devido à perda de recursos externos. Um defeito é, frequentemente, o resultado de uma falha do próprio item, porém pode existir sem falha prévia.
- **Falha:** Término da habilidade de um item em desenvolver uma função requerida.
NOTA 1 Após a falha o item tem um defeito.
NOTA 2 Falha é um evento, distintamente de defeito, que é um estado.
NOTA 3 Esse conceito, como definido, não se aplica a item constituído apenas por software.
NOTA 4 Na prática, os termos defeito e falha são frequentemente usados como sinônimos.
- **Pausa:** Suspensão temporária automática da(s) função(ões) de segurança, por parte do sistema de comando, relacionadas à segurança;

- Rearme manual: Função com que as partes de um sistema de comando relacionadas à segurança recuperam, manualmente, suas funções de segurança, antes do reinício de operação da máquina.

Em relação ao processo de seleção e projeto, neste caso de adequação, a norma sinaliza cinco passos a serem seguidos:

- **Passo 1:** Análise do perigo e apreciação de riscos:
 - Identificar os perigos presentes na máquina durante todos os modos de operação e a cada estágio da vida da máquina, pelo seguimento do guia da EN 292-1 e NBR ISO 12100:2013;
 - Avaliar os riscos provenientes daqueles perigos e decidir sobre a apropriada redução de risco para essa aplicação, de acordo com as EN 292-1 e NBR ISO 12100:2013.
- **Passo 2:** Decisão das medidas para redução do risco:
 - Definir 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.
- **Passo 3:** Especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança:
 - Especificar as funções de segurança a serem cumpridas no sistema de comando. São as funções de segurança mais comuns e as características que devem ser incluídas se uma função particular de segurança que for selecionada.
 - Especificar como a segurança deve ser atingida e selecionar a(s) categoria(s) para cada parte e combinações de partes, dentro das partes de sistemas de comando relacionadas à segurança.
- **Passo 4:** Projeto:
 - Projetar as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança de acordo com as especificações desenvolvidas no passo 3, e a estratégia geral de projeto. Listar os aspectos de projeto incluídos que proporcionam a base lógica de projeto para a(s) categoria(s) alcançadas;
 - Verificar o projeto a cada estágio, para assegurar que as partes relacionadas à segurança preenchem os requisitos do estágio anterior no contexto da(s) função(ões) e categoria(s) especificada(s).

- **Passo 5:** Validação:
 - Validar as funções e categoria(s) de segurança alcançadas no projeto com relação às especificações do passo 3, reprojeter, se necessário;
 - Quando a eletrônica programável for usada no projeto de partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, outros procedimentos detalhados são necessários.

3.4.1 Guia para a seleção de categorias da NBR 14153:1998

O ANEXO B (informativo) da NBR 14153:1998 apresenta um guia baseado na NBR ISO 12100-2013 para a seleção de categorias apropriadas em relação à simplificação das categorias de risco.

Este método apenas diz respeito à contribuição para a redução do risco, feita pelas partes relacionadas à segurança de sistemas de comando, fornece somente uma estimativa da redução do risco e tem a intenção de orientar o projetista a escolher a categoria, baseado em seu comportamento, no caso de um defeito.

Entretanto, isso é apenas um aspecto e outras variáveis também irão contribuir para a avaliação de que a segurança adequada tenha sido atingida. Isso inclui, por exemplo, confiabilidade de componentes, tecnologia aplicada, aplicação particular, as quais podem indicar um desvio da categoria, antecipadamente escolhida.

O método é como segue:

A severidade do ferimento (representada por S) é relativamente fácil de ser estimada (por exemplo, laceração, amputação, fatalidade).

Para a frequência da ocorrência, parâmetros auxiliares são usados para melhorar a estimativa. Esses parâmetros são:

- Frequência e tempo de exposição ao perigo (F);
- Possibilidade de evitar o perigo (P).

A experiência tem mostrado que esses parâmetros podem ser combinados, como mostrado na figura 5, para fornecer uma gradação do risco, de baixo a alto. É enfatizado que isso é um processo qualitativo, que fornece apenas uma estimativa do risco.

Na figura 5, a categoria preferencial é indicada por um círculo maior totalmente cheio. Em algumas aplicações, o projetista pode desviar para outra categoria, indicada por um círculo totalmente preenchido menor, ou um círculo maior, vazio.

Outras, diferentes das categorias preferenciais, podem ser utilizadas, porém o comportamento pretendido do sistema na ocorrência de defeitos deve ser mantido. As razões

para o desvio devem ser expostas. Essas razões para a seleção de outra categoria com relação à preferencial podem ser a aplicação de outra tecnologia, como, por exemplo, componentes hidráulicos ou eletromecânicos bem ensaiados (categoria 1), em combinação com sistemas elétricos ou eletrônicos (categoria 3 ou 4).

Quando as categorias indicadas com um círculo pequeno na figura 5 forem selecionadas, medidas adicionais podem ser necessárias, como, por exemplo:

- Superdimensionamento ou aplicação de técnicas que levem à exclusão de defeitos;
- Utilização de monitoração dinâmica.

Por exemplo, uma estimativa de risco, com um parâmetro S1 determina uma categoria da parte relacionada à segurança do sistema de comando como categoria 1. Em algumas aplicações, o projetista pode escolher a categoria B pela utilização de outras medidas de proteção.

Seleção dos parâmetros S, F e P para a estimativa do risco:

- Severidade do ferimento S1 e S2.

Na estimativa do risco proveniente de um defeito na parte relacionada à segurança de um sistema de comando, apenas ferimentos leves (normalmente reversíveis) e ferimentos sérios (normalmente irreversíveis, incluindo a morte) são considerados.

Para tomar uma decisão, as consequências usuais de acidentes e processos normais de cura devem ser levadas em consideração na determinação de S1 e S2, por exemplo, contusões e/ou lacerações, sem complicações devem ser classificadas como S1, enquanto que uma amputação ou morte deve ser classificada como S2.

- Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo F1 e F2.

Um período de tempo geralmente válido para a escolha do parâmetro F1 ou F2 não pode ser especificado. Entretanto, a seguinte explicação pode ajudar a tomar a decisão correta, em caso de dúvida. F2 deve ser selecionado, se a pessoa estiver, frequentemente ou continuamente, exposta ao perigo. É irrelevante se a mesma pessoa ou pessoas diferentes estiverem expostas ao perigo em sucessivas ocasiões, como, por exemplo, para a utilização de elevadores.

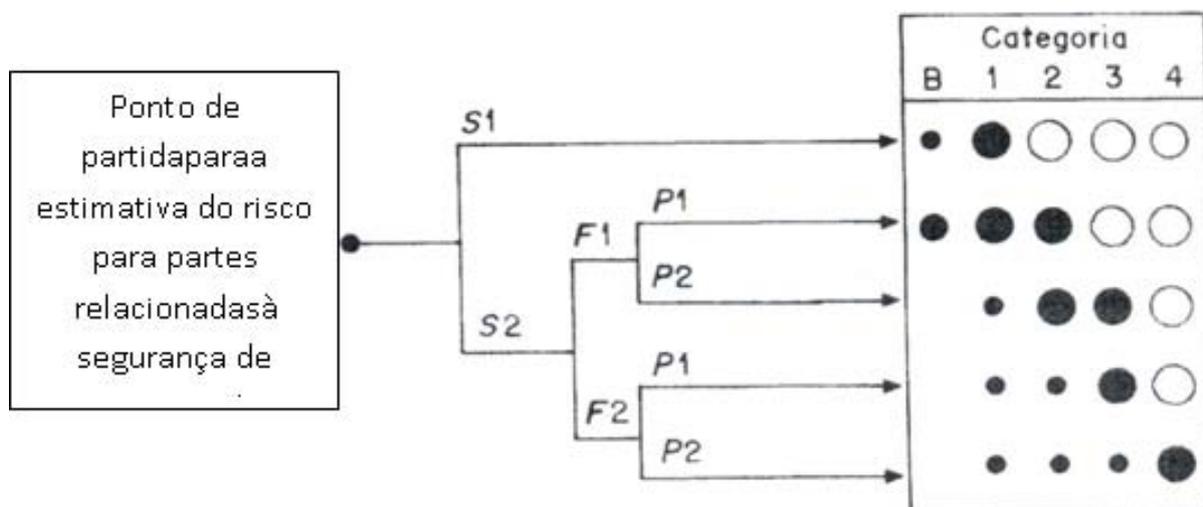
O período de exposição ao perigo deve ser avaliado com base no valor médio observado, com relação ao período total de utilização do equipamento. Por exemplo, se for necessário acessar regularmente as ferramentas da máquina durante sua operação cíclica, para a alimentação e movimentação de peças, F2 deve ser selecionado. Se o acesso somente for necessário de tempo em tempo, pode-se selecionar F1.

Possibilidade de evitar o perigo P.

Quando um perigo aparece, é importante saber se ele pode ser reconhecido e quando pode ser evitado, antes de levar a um acidente. Por exemplo, uma importante consideração é se o perigo pode ser diretamente identificado por suas características físicas ou por meios técnicos, por exemplo, indicadores. Outro aspecto importante que influencia a seleção do parâmetro P inclui, por exemplo:

- Operação com ou sem supervisão;
- Velocidade com que o perigo aparece, por exemplo, rapidamente ou lentamente;
- Operação por especialistas ou por não profissionais;
- Possibilidades de se evitar o perigo, por exemplo, por fuga ou por intervenção de terceiros; experiências práticas de segurança relativas ao processo;

Quando uma situação de perigo ocorre, P1 deve apenas ser selecionado se houver uma chance real de se evitar um acidente ou reduzir significativamente o seu efeito. P2 deve ser selecionado se praticamente não houver chance de se evitar o perigo.



S Severidade do ferimento.

S1 Ferimento leve (normalmente reversível)

S2 Ferimento sério (normalmente irreversível) incluindo morte

F Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo.

F1 Raro a relativamente frequente e/ou baixo tempo de exposição

F2 Frequente a contínuo e/ou baixo tempo de exposição longo

P Probabilidade de evitar o perigo.

P1 Possível sob condições específicas

P2 Quase nunca possível

B, 1 a 4 Categorias para partes relacionadas à segurança de sistema de comando.

● Categoria preferencial para pontos de referência.

● Categorias possíveis que requerem medidas adicionais.

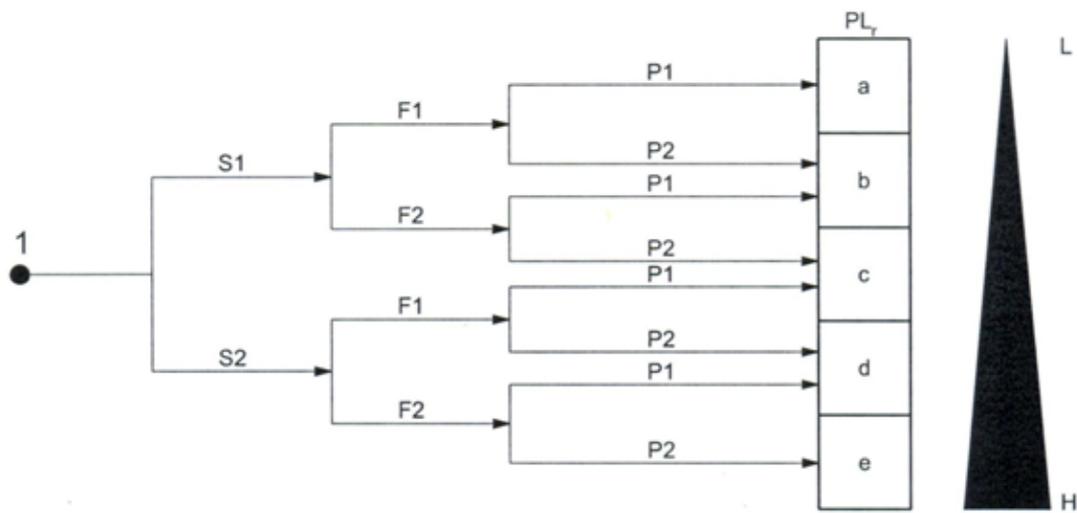
Medidas que podem ser super dimensionadas para o risco relevante.

Figura 5 – Seleção possível de categorias.
Fonte: NBR 14153:1998

3.4.2 Determinação do nível de performance requerida ISO 13489:2006- *Safety of machinery - Safety-related parts of control system-Part 1- General principles for design*

O ANEXO A da ISO 13489:2006 utiliza um guia semelhante ao da NBR 14153:1998 para a seleção de categorias apropriadas em relação à simplificação das categorias de risco.

A figura 6 mostra graficamente como utilizar a avaliação do risco.



1-ponto de partida para avaliação de função de segurança

contribuição para redução do risco;

L-baixa contribuição para redução do risco;

H-alta contribuição para redução do risco;

PLr- nível de desempenho exigido;

S-severidade de dano; S1- leve (normalmente dano reversível); S2- sério (normalmente dano irreversível ou morte);

F- exposição e/ou frequência para o risco; F1- raramente e/ou frequentemente com tempo de exposição curto; F2-contínuo e/ou frequentemente com tempo de exposição

longo;

Figura 6 – Gráfico para o nível de performance requerido PLr para a função segurança.

Fonte: ISO13489-1:2006.

3.4.3 Quantificação do risco

Para a quantificação do risco é utilizada a METODOLOGIA HRN (2010) que está baseada na ISO 12100:2013.

Esta metodologia é usada como ferramenta para quantificação e gradação do risco através do HRN (*Hazard Rating Number*), ou seja, Número de Avaliação de Perigos. Este método é usado para classificar um risco de raro a extremo, dando ao risco uma nota baseado em diversos fatores e parâmetros. Usado e reconhecido mundialmente, o HRN é muito frequentemente usado na análise de riscos de máquinas, equipamentos e mecanismos e pode ser adaptado a qualquer avaliação de análise de risco.

Os parâmetros utilizados por este método são:

- A probabilidade de ocorrência (LO) de estar em contato com o risco;
- A frequência de exposição ao risco (FE);
- O grau de severidade do dano (DPH);
- O número de pessoas expostas ao risco (NP).

Para cada item mencionado acima, é estabelecido um número que representa a variável de cálculo usada para encontrar o HRN do risco ou item avaliado. A fórmula aplicada para encontrar o nível de risco quantificado é a seguinte:

$$\mathbf{HRN = LO \times FE \times DPH \times NP}$$

Os parâmetros mencionados assim como as variáveis que cada um representa estão mencionados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Probabilidade de Ocorrência.

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

Fonte: METODOLOGIA HRN.

Tabela 2 – Frequência de Exposição, Grau da Possível Lesão e Número de Pessoas sob Risco.

2	Frequência da Exposição		(FE)
	0,5	Anualmente	
	1	Mensalmente	
	1,5	Semanalmente	
	2,5	Diariamente	
	4	Em termos de hora	
	5	Constantemente	
3	Grau da Possível Lesão		(DPH)
	0,1	Arranhão / Escoriação	
	0,5	Dilaceração / corte / enfermidade leve	
	1	Fratura leve de ossos - dedos das mãos / dedos dos pés	
	2	Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	
	4	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés	
	8	Amputação de perna / mão, perda parcial da audição ou visão.	
	10	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou mãos.	
	12	Enfermidade permanente ou crítica	
	15	Fatalidade	
4	Número de Pessoas sob Risco		(NP)
	1	1 - 2 pessoas	
	2	3 - 7 pessoas	
	4	8 - 15 pessoas	
	8	16 - 50 pessoas	
	12	Mais do que 50 pessoas	

Fonte: METODOLOGIA HRN.

Com estes dados, ou seja, valores e variáveis estabelecidas o cálculo do HRN determina o nível de risco mínimo ou máximo de uma máquina, equipamento ou dispositivo. A tabela 3 mostra o grau de risco e a extensão do perigo que pode ser calculado.

Tabela 3 – Grau de Risco calculado.

Tabela de Grau de Risco calculado		
HRN	Risco	Comentário
0 - 1	Raro	Apresenta um nível de risco muito pequeno
1 - 5	Baixo	Apresenta um nível de risco a ser avaliado
5 - 50	Atenção	Apresenta riscos em potencial
50 - 100	Significativo	Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de uma semana
100 - 500	Alto	Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de um dia
> 500	Extremo	Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança imediata

Fonte: METODOLOGIA HRN.

A quantificação do grau de risco por meio deste método, considerando uma análise qualificada dos níveis de risco podem apresentar valores de 0,00165 que representa um nível de risco muito baixo classificado como raro e de 13500 que representam o nível de risco máximo classificado como risco extremo.

A sua aplicação é importante para o caso de inventários principalmente em estabelecimentos industriais, onde o número de adequações é significativa, através da quantificação do HRN deve-se priorizar a ordenação das adequações.

4 ASPECTOS TÉCNICOS

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS DE RISCO

Para a identificação das zonas de risco, devem ser observadas as condições de acesso do operador e das atividades de manutenção, em cada zona de risco estão sinalizadas, partes móveis, fixas com a existência ou não de proteção mecânica e de proteção elétrica.

4.1.1 Zona frontal da máquina figura 7.



Figura 7 – Zona frontal da máquina.

Fonte: Foto do autor, 2014.

A proteção mecânica móvel 1 não é monitorada por chave de segurança do mesmo modo a proteção mecânica fixa 2 que pode ser desparafusada pelo operador, não possuindo nenhum sistema de segurança, permitindo, então, o livre acesso do operador a sistemas de giro da máquina, não atendendo à NR 12:2010 item 12.38 “As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores”.

A chave geral 3 possui bloqueio mecânico atendendo à NR 10:2004 item 10.3.1 “É obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação de operação operativa”.

4.1.2 Zona lateral direita da máquina figura 8.

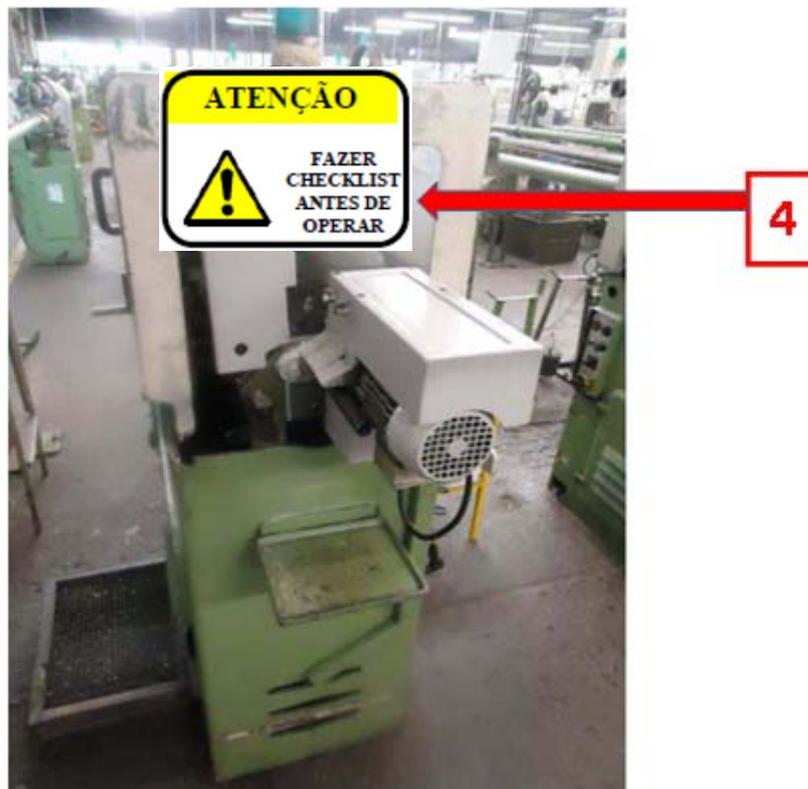


Figura 8 – Zona lateral direita da máquina.
Fonte: Foto do autor, 2014.

Não existe nenhuma proteção no item 4 que impeça o livre acesso do operador, portanto não atendendo à NR 12:2010 item 12.38 “As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores”.

4.1.3 Zona traseira da máquina figura 9.



Figura 9 – Zona traseira da máquina.

Fonte: Foto do autor, 2014.

Existem duas proteções mecânicas móveis 5 e 6, que não são monitoradas por chaves de segurança, e uma proteção mecânica fixa 7 do mecanismo motorizado, que constitui-se numa tampa e pode ser desparafusada, permitindo o livre acesso do operador a polias e correias; portanto, não atendendo à:

NR 12:2010 item 12.38 “As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores”.

4.1.4 Zona lateral esquerda da máquina figura 10.

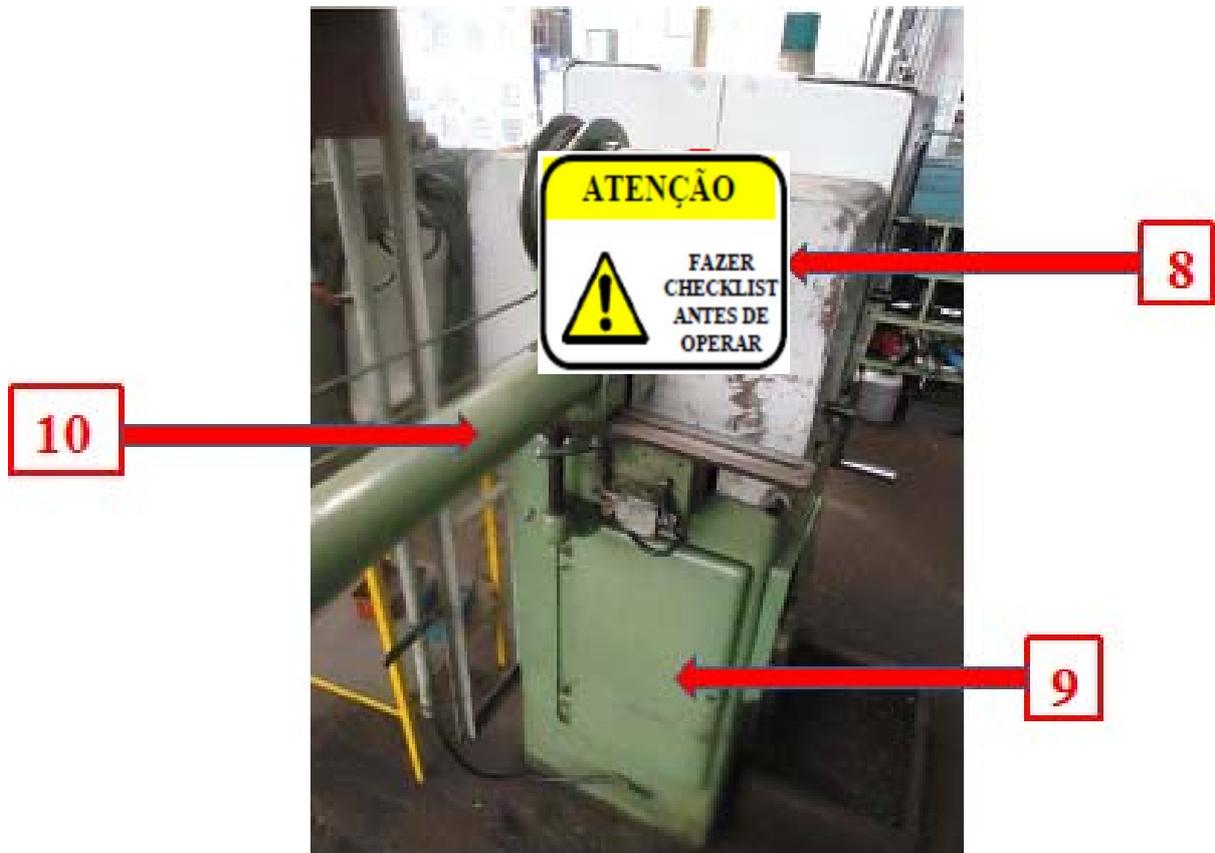


Figura 10 – Zona lateral esquerda da máquina.
Fonte: Foto do autor, 2014.

Existem duas proteções mecânicas móveis 8 e 9 (tampas) que não são monitoradas por chaves de segurança e um sistema de abastecimento ou tubo alimentador que, ao ser aberto, pode permitir o contato com as partes móveis, item 10, do sistema de transmissão de usinagem das peças, portanto estas proteções mecânicas permitem o livre acesso do operador a polias, correias e engrenagens, não atendendo à:

NR 12: 2010 item 12. 38 “As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores”.

4.2 APRECIACÃO DE RISCO E ADEQUAÇÕES À SEGURANÇA DA MÁQUINA

A apreciação de risco constitui na aplicação dos itens avaliados no capítulo três referente aos aspectos legais:

- 3.4.1 Guia para a seleção de categorias da NBR 14153:1998;
- 3.4.2 Determinação do nível de performance requerida ISO 13489:2006;
- 3.4.3 Quantificação do risco pela METODOLOGIA HRN.

Para a apreciação de cada uma das zonas de risco, é utilizado um modelo padrão, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Modelo para Apreciação de Risco.

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)		
Frequência de Exposição (FE)		
Grau de Severidade do Dano (DPH)		
Número de Pessoas Expostas (NP)		
$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$		
Categoria		
Nível de desempenho exigido PLr		
Qualificação do risco		

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

Para este tipo de equipamento, neste caso torno automático a cames, as probabilidades de risco mais comuns são todos relacionados aos membros superiores:

- Corte;
- Esmagamento;
- Fratura.

Neste processo de apreciação, simultaneamente estão apresentadas as adequações que devem ser implantadas no equipamento, conforme os itens identificados nas zonas de risco avaliadas nos itens:

- 4.1.1 Zona frontal da máquina. Figura 7;
- 4.1.2 Zona lateral direita da máquina. Figura 8;
- 4.1.3 Zona traseira da máquina. Figura 9;
- 4.1.4 Zona lateral esquerda da máquina. Figura 10.

4.2.1 Apreciação de risco Zona frontal da máquina tabela 5.

Tabela 5 – Apreciação de risco Zona frontal da máquina.

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	15	Certeza
Frequência de Exposição (FE)	5	Constantemente
Grau de Severidade do Dano (DPH)	12	Enfermidade permanente
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1-2 Pessoas
$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$	900	
Categoria	4	
Nível de desempenho exigido PLr	e	
Qualificação do risco		Extremo

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.2.1.1 Adequações à segurança Zona frontal da máquina.

O item 1 possui chave fim de curso de segurança original da máquina, porém não atende à NR 12:2010 item 12.39, os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender os seguintes requisitos:

- a) Ter categoria segurança conforme prévia análise de riscos prevista nas normas técnicas oficiais vigentes;
- b) Estar sob responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;
- c) Possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;
- d) Instalação de modo que não possam ser neutralizados ou burlados;
- e) Manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos;
- f) Paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.

O item 2 deve ser adequado para proteção mecânica fixa e acessada por ferramenta não convencional somente para atividades de manutenção atendendo à NR 12:2010 item 12.38 "As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores".

O item 3 é a chave geral da máquina, e deve ser adaptado um botão de parada de emergência, interligado à relé conforme à NR 12: 2010 item 12.58 "Os dispositivos de parada de emergência devem:

- a) Ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio;
- b) Ser usados como medida auxiliar, não podendo ser alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança;
- c) Possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização;
- d) Prevalecer sobre todos os outros comandos;
- e) Provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares;
- f) Ser mantidos sob monitoramento por meio de sistemas de segurança;
- g) Ser mantidos em perfeito estado de funcionamento.

A instalação de um botão de reset manual também deve existir conforme item 12.40 NR 12:2010 "Os sistemas de segurança, de acordo com a categoria de segurança requerida, devem exigir rearme, ou reset manual, após a correção da falha ou situação anormal de trabalho que provocou a paralisação da máquina".

4.2.2 Apreciação de risco Zona lateral direita da máquina tabela 6.

Tabela 6 – Apreciação de risco Zona lateral direita da máquina.

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	10	Muito provável
Frequência de Exposição (FE)	4	Em termos de horas
Grau de Severidade do Dano (DPH)	4	Perda de 1 ou 2 dedos da mão
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1-2 Pessoas
HRN = LO x FE x DPH x NP	160	
Categoria	3	
Nível de desempenho exigido PLr	d	
Qualificação do risco		Alto

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.2.2.1 Adequações à segurança Zona lateral direita da máquina.

No item 4, deve ser adaptada uma proteção mecânica fixa em chapa de aço e aparafusada de modo a ser acessada por ferramenta não convencional somente para atividades de manutenção atendendo à NR 12: 2010 item 12.38 "As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção a saúde e a integridade física dos trabalhadores".

4.2.3 Apreciação de risco Zona traseira da máquina tabela 7.

Tabela 7 – Apreciação de risco Zona traseira da máquina

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	10	Muito provável
Frequência de Exposição (FE)	4	Em termos de horas
Grau de Severidade do Dano (DPH)	12	Perda de 1 ou 2 dedos da mão
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1 -2 Pessoas
HRN = LO x FE x DPH x NP	480	
Categoria	3	
Nível de desempenho exigido PLr	D	
Qualificação do risco		Alto

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.2.3.1 Adequações à segurança Zona traseira da máquina.

O item 5 deve ter procedimento igual ao item 1 de 4.2.1.1 Adequações à segurança Zona frontal da máquina Figura 7.

Os itens 6 e 7 devem ser adequados para proteção fixa, mecânica fixa, e acessada por ferramenta não convencional somente para atividades de manutenção atendendo à NR 12: 2010 item 12.38 "As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores".

4.2.4 Apreciação de risco Zona lateral esquerda da máquina tabela 8.

Tabela 8 – Apreciação de risco Zona lateral esquerda da máquina

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	10	Muito provável
Frequência de Exposição (FE)	4	Em termos de horas
Grau de Severidade do Dano (DPH)	12	Perda de 1 ou 2 dedos da mão
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1-2 pessoas
HRN = LO x FE x DPH x NP	480	
Categoria	3	
Nível de desempenho exigido PLr	d	
Qualificação do risco		Alto

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.2.4.1 Adequações à segurança Zona lateral esquerda da máquina

Os itens 8 e 9 devem ser adequados para proteções mecânicas fixas, assim como o item 10 deve receber uma tampa metálica tornando-se uma proteção mecânica fixa, deste modo estes três itens só podem ser acessados por ferramenta não convencional somente para

atividades de manutenção atendendo à NR 12: 2010, item 12.38 "As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores".

4.3 QUALIFICAÇÃO DO RISCO APÓS AS ADEQUAÇÕES

4.3.1 Zona frontal da máquina tabela 9.

Tabela 9 – Qualificação do risco zona frontal da máquina

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	0,033	Quase impossível
Frequência de Exposição (FE)	2,5	Diariamente
Grau de Severidade do Dano (DPH)	12	Enfermidade permanente
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1-2 Pessoas
HRN = LO x FE x DPH x NP	0,99	
Qualificação do risco		Raro

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.3.2 Zona lateral direita da máquina tabela 10.

Tabela 10 – Qualificação Zona lateral direita da máquina

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	0,033	Quase impossível
Frequência de Exposição (FE)	2,5	Em termos de horas
Grau de Severidade do Dano (DPH)	4	Perda de 1 ou 2 dedos da mão
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1-2 Pessoas
HRN = LO x FE x DPH x NP	0,33	
Qualificação do risco		Raro

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.3.3 Zona traseira da máquina tabela 11.

Tabela 11 – Qualificação Zona traseira da máquina

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	0,033	Quase impossível
Frequência de Exposição (FE)	2,5	Em termos de horas
Grau de Severidade do Dano (DPH)	4	Perda de 1 ou 2 dedos da mão
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1 -2 Pessoas
HRN = LO x FE x DPH x NP	0,33	
Qualificação do risco		Raro

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

4.3.4 Zona lateral esquerda da máquina tabela 12.

Tabela 12 – Qualificação Zona lateral esquerda da máquina

Apreciação de risco	Quantificação	Qualificação
Probabilidade de Ocorrência (LO)	0,033	Quase impossível
Frequência de Exposição (FE)	2,5	Em termos de horas
Grau de Severidade do Dano (DPH)	4	Perda de 1 ou 2 dedos da mão
Número de Pessoas Expostas (NP)	1	1-2 Pessoas
$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$	0,33	
Qualificação do risco		Raro

Fonte: Adaptado da Metodologia HRN.

5 VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO

A partir da identificação das adequações necessárias para que o equipamento atenda às condições de segurança da NR 12: 2010 a empresa adotou os seguintes procedimentos:

- O projeto do quadro de comando elétrico deve ser realizado por profissional qualificado;
- Adequações de proteções fixas manutenção devem ser realizadas internamente em atendimento aos perigos de enroscamento do vestuário, erro humano, procedimento inadequado, ruptura de peça girando a altas rotações e contato de pessoas com peças da máquina estão no item 5.2.
- As questões de manutenção, manuais, procedimentos de segurança e capacitação estão evidenciados em 5.3.

5.1 PROJETO DO QUADRO ELÉTRICO DE SEGURANÇA

O projeto apresentado para o quadro elétrico de segurança está priorizado em emergência, operação em baixa tensão e proteções móveis monitorados.

5.1.1 Emergência

Adequação do painel para colocação de relé de parada de emergência, deste modo atendendo:

- Falha/desarranjo do sistema de controle;
- Restauração do fornecimento de energia após uma interrupção;
- Habilidade insuficiente para desacelerar, parar e imobilizar a máquina.

Os componentes para interligação de emergência são:

- Relé de segurança categoria 4, redundância e auto teste;
- Botão tipo cogumelo $\phi 30$ mm vermelho com fundo amarelo com dois contatos NF;
- Botão reset (azul diâmetro $\phi 22$ mm);
- Sinalização do sistema operando/ em falha cor azul;
- Dois contactores com contatos positivamente guiados.

5.1.1.1 Operação

- Quando acionado deve interromper todos os movimentos da máquina;
- Para reiniciar o sistema é necessário desacionar o botão de emergência e pressionar o botão reset.

5.1.1.1.2. Falhas

O sistema será monitorado por um relé de segurança que bloqueará suas saídas caso ocorram as seguintes falhas:

- Falha na fiação elétrica (rompimento de um cabo ou curto circuito);
- Quebra do botão.

5.1.2 Operação em extra baixa tensão

Em atendimento ao perigo do contato com baixa tensão. Alteração do projeto elétrico para que os botões de comando (instalando transformador para extra baixa tensão). Passem a atender a: NR 12: 2010, item 12.36 da “Os componentes de partida, parada, acionamento e outros controles que compõem a interface de operação das máquinas devem: a) operar em extra baixa tensão de até 25V (vinte e cinco volts) em corrente alternada ou de até 60V (sessenta volts) em corrente contínua; b) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, conforme itens 12.56 a 12.63 e seus subitens”.

5.1.3 Proteções Móveis Monitoradas

Atendimento aos perigos de enroscamento e erro humano ou procedimento inadequado. Instalação de proteção mecânica móvel monitorada por fim de curso magnético junto às portas de inspeção frontal e lateral da máquina.

5.1.4 Detalhes da configuração do quadro do sistema elétrico de segurança

As figuras 11 e 12 mostram e a posição a configuração do quadro colocado na parte superior da máquina.



Figura 11 – Quadro do sistema elétrico de segurança.
Fonte: Foto do autor, 2014.



Figura 12 – Configuração do quadro de comando.
Fonte: Foto do autor, 2014.

5.1.5 Configuração do comando de emergência

A figura 13 mostra a configuração do comando de emergência.

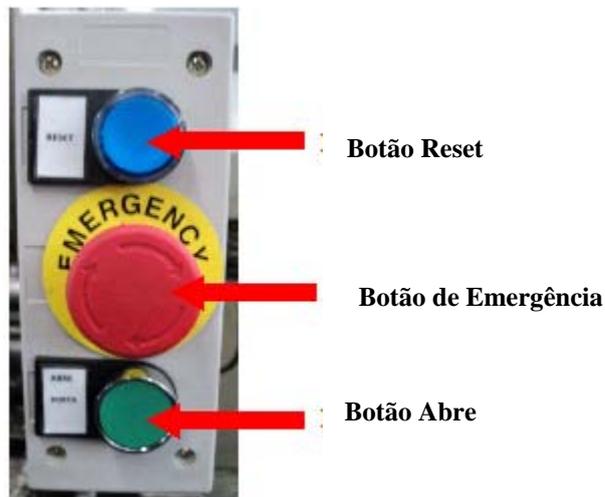


Figura 13 – Comando de Emergência.
Fonte: Foto do autor, 2014.

5.1.6 Instruções operacionais para as condições de segurança

As instruções operacionais para as condições de segurança têm por objetivo garantir a correta sequência para ligar/desligar o equipamento com segurança. Tendo em vista as adequações efetuadas, é necessário que o operador domine o novo processo de interagir com o equipamento, dado que, era normal abrir as partes móveis para verificar acabamento das peças, avaliação das ferramentas, limpezas e até reapertos com o equipamento em movimento.

Estas situações não podem mais ocorrer, o operador entendia que estas intervenções eram seguras porque ele confiava na sua habilidade, no entanto, os riscos eram grandes e não percebidos pelo próprio operador, as instruções explicitadas na figura 14 correspondente às chaves geral e de emergência da máquina garantem ao operador uma operação segura.



Figura 14 – Chave geral e de emergência.
Fonte: Foto do autor, 2014

Chave Geral	Chave de Emergência.
1-Liga toda a máquina	1-Reset da máquina
2-Modo automático/manual	2-Emergência
3-Rotação do fuso	3-Abre porta
4-Liga/desliga estrela	Nota:Em caso de risco acione o botão 2
5-Chave principal	

5.2 PROTEÇÕES MECÂNICAS FIXAS

Nas zonas de risco adequadas para proteções mecânicas fixas, podem ser adotados parafusos especiais, conforme figuras 15 e 16 referente aos itens:

- 2 figura 7 zona frontal da máquina;
- 6 e 7 figura 9 zona traseira da máquina.



Figura 15 – Parafuso cabeça cilíndrica ALLEN.
Fonte: Foto do autor, 2014.



Figura 16 – Parafuso cabeça chata ALLEN.
Fonte: Foto do autor, 2014.

A figura 17 mostra a adequação de um dispositivo que somente pode ser acessado por chave especial nos itens 9 e 10 zona lateral esquerda da máquina.



Figura 17 – Proteções mecânicas fixas itens 8 e 9.
Fonte: Foto do autor, 2014.

No item 4 da zona de risco lateral direita da máquina, figura 8, foi adequada uma proteção mecânica fixa, conforme figura 18.



Figura 18 – Proteção mecânica fixa item 4.
Fonte: Foto do autor, 2014.



Figura 19 – Proteção mecânica fixa item 10.
Fonte: Foto do autor, 2014.

No item 10 da zona de risco lateral esquerda da máquina, figura 8, foi instalada uma proteção mecânica fixa, conforme figura 19.

Detalhes da configuração final da adequação da máquina à NR 12. Figura 20.



Figura 20 – Configuração final.
 Fonte: Foto do autor, 2014.

5.2.1 Comparação do HRN antes e depois da adequação do torno com as medidas de segurança, tabela 13.

Tabela 13. Comparação dos riscos sem adequação e com adequação.

Zonas de Risco da Máquina	Sem adequação	Com adequação
Frontal	EXTREMO	RARO
Lateral Direita	ALTO	RARO
Traseira	ALTO	RARO
Lateral Esquerda	ALTO	RARO

5.3 GESTÃO DE SEGURANÇA

Para este trabalho de adequação serão evidenciados os itens constantes da NR 12:2010 referentes à manutenção, manuais, procedimentos de trabalho e segurança e capacitação.

5.3.1 Manutenção

A NR 12:2010 cita do item 12.111 ao item 12.124 que a empresa deve adotar procedimentos de manutenção aos dispositivos de segurança instalados em conjunto aos procedimentos de manutenção corretiva/preventiva constantes nos manuais de instruções dos equipamentos. Neste caso específico, a empresa possui software de manutenção com todas as atividades de, troca de peças, lubrificações, inclusive *retrofit* registradas e disponíveis em meio eletrônico e físico quando necessário.

5.3.2 Manuais

A NR 12:2010 do item 12.125 ao item 12.129 diz que as empresas devem ter à disposição os manuais de instruções fornecidos pelos fabricantes com informações relativas à segurança.

A empresa tem os manuais, mas as instruções que tratam de segurança são limitadas, pois se tratando de equipamentos cujos projetos originais não incluíam a NR 12:2010, as instruções de segurança vão sendo acrescentadas conforme os equipamentos sejam adequados, tal como o apresentado no item 5.1.6 e figura 13.

5.3.3 Procedimentos de trabalho e segurança

Os itens 12.130 a 12.132 da NR 12:2010 indicam que a empresa deve ter procedimentos de trabalho e segurança, ou seja, deve elaborar um procedimento para manutenção e limpeza e um *checklist* para verificação diária e por turno de trabalho do sistema de segurança, neste caso do sistema de segurança que foi adequado. O procedimento de trabalho padronizado consiste numa instrução de trabalho que deve ser fixada na máquina com fotos indicativas das operações a serem efetuadas na seguinte sequência:

- Acionar botão de emergência;
- Colocar cadeado de segurança na chave geral ou no disjuntor individual da máquina no quadro elétrico do setor da máquina;

- Liberar as partes móveis desconectando os atuadores das chaves de segurança;
- Proceder as manutenções e limpezas indicadas;
- Liberar a chave geral retirando o cadeado de segurança;
- Fechar as partes móveis e conectar os atuadores das chaves de segurança;
- Liberar o botão de emergência;
- Acionar o botão reset para habilitar o equipamento e iniciar a operação de produção.

O *checklist* trata-se de um procedimento para registros de verificação antes de iniciar a operação por turno de trabalho, as anotações devem ser feitas pelo operador e o documento deve ser mantido em arquivo próprio no setor de Manutenção da empresa, as anotações , seguem a sequência:

- Verificar se todas as proteções fixas estão realmente seguras, ou seja, não foram retiradas por um motivo qualquer;
- Verificar o sistema de segurança, conforme descrito em 5.1.6.

5.3.4 Capacitação

A NR 12: 2010 indica, do item 135 ao item 147, a necessidade de que os operadores sejam capacitados para operar os equipamentos com segurança. A empresa possui um documento denominado Matriz de Habilidades onde constam todos os registros de treinamentos, sejam os efetuados em empresas anteriores e principalmente aqueles que fazem parte das orientações dos Recursos Humanos para habilitá-los a determinadas atividades. As avaliações são realizadas pelo responsável do setor e registradas neste documento. Embora tenha experiências anteriores, o trabalhador contratado para operar determinado equipamento recebe orientações específicas, dividida em parte teórica e *on the job*, ou seja, no local de trabalho. Esta documentação está disponível em meio físico no setor de Recursos Humanos da empresa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vigor desde 1978, a norma foi reformulada ao longo do tempo, o atual texto da NR 12: 2010 foi aprovado em dezembro de 2010, por uma comissão tripartite, que envolveu representantes do governo federal, dos trabalhadores e dos empresários e estabelece responsabilidades para:

- Fabricante/Importador;
- Usuários;
- Trabalhadores.

A norma é complexa, exige conhecimentos específicos nas áreas de projetos de máquinas, equipamentos e dispositivos, considerando que já estão em funcionamento e necessitam de adequações, em sua maioria antigas, para não dizer obsoletas, este fato deve-se à característica do parque fabril brasileiro, dominado por micros, pequenas e médias empresas. Estas empresas têm foco em produção e principalmente fornecedoras de peças para as grandes empresas.

A norma tem reflexos na relação custo x investimento, os custos são os gastos relativos ao produto final ou o cumprimento do serviço contratado, o investimento refere-se à aplicação do que visa o aumento da capacidade produtiva ou do retorno sobre o capital.

As adaptações resultam em gastos (adequação, capacitação e manutenção), no entanto devem ser considerados como investimentos em relação à segurança, ou seja, reduzem acidentes, afastamentos e prováveis ações judiciais.

A norma é uma realidade, e as futuras revisões, com certeza, cada vez mais serão acompanhadas de novas tecnologias em relação à segurança e saúde dos trabalhadores.

As empresas devem se adaptar, fazer planejamento de adequações sejam com recursos técnicos internos ou com a contratação de empresas qualificadas para tanto.

É importante salientar a norma ABNT NBR ISO 23125:2013 Máquinas-ferramentas-Segurança-Tornos, tipo C (normas de segurança por categoria de máquinas), que dão diretrizes de segurança aplicáveis a uma máquina em particular ou a um grupo de máquinas, neste caso tornos. Referencia nível de desempenho definido na ISO 13489:2006, considerando probabilidade de falha por hora, mas é uma norma para ser aplicada nas fases iniciais de concepção do projeto.

Os tornos estão classificados em quatro grupos:

1. Controlados manualmente sem controle numérico;
2. Controlados manualmente com capacidade limitada de controle numérico;

3. Tornos e centros de torneamento de controle numérico;
4. Automáticos de fuso único ou multifuso.

A norma ainda define quatro modos de operação:

1. 0-Manual- (operação sem função de NC-CONTROLE NUMÉRICO COMPUTADORIZADO- o operador tem o controle do processo sem uso de operações pré-programadas);
2. 1-Automático- (operação pode ser sequencial ou automática com recurso para carregamento/descarregamento manual ou automático da peça, até ser interrompida pelo programa ou operador);
3. 2-Ajuste- (as regulagens para o processo de usinagem subsequente são feitas pelo operador);
4. 3-Serviço- (manutenção como calibração de eixo por laser e análise de erros do fuso, não é permitida a usinagem de uma peça de trabalho).

No caso específico do torno automático com comes, pode ser enquadrado no modo 1-Automático, porém sem NC não atende os requisitos propostos na NBR ISO 23125:2013, razão pela qual o mesmo foi adequado, mas se for feita uma análise mais detalhada pode-se observar que itens como ruídos, medições de velocidade, ensaios de impacto, instruções de segurança, lista de checagem, manutenções e inspeções de segurança, não fizeram parte dos documentos técnicos da máquina.

Estas considerações sobre esta nova norma NBR ISO 23125:2013, foram necessárias para reforçar a necessidade de adequação quanto à NR 12:2010 dos equipamentos em uso e reforçar a obrigatoriedade dos novos equipamentos seguirem as diretrizes normativas em geral.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a aplicação de uma adequação ao sistema de segurança previsto pela NR 12: 2010 em uma máquina, torno automático a cames, marca Traub, para a usinagem de peças lineares em uma empresa de médio porte na região metropolitana de Porto Alegre.

O trabalho inicia com uma revisão bibliográfica focada principalmente na NR 12: 2010 procurando identificar os itens da norma necessários ao processo de adequação, a partir destas identificações observou-se a complexidade da norma em se tratando de adequação em máquinas, equipamentos ou mecanismos, principalmente aqueles mais antigos, esta constatação proporcionou uma melhor interpretação da norma e orientando que, neste trabalho, o conteúdo da norma sinaliza para a aplicação de normas brasileiras e europeias para entender os aspectos legais que são mandatórios neste processo de adequação.

As normas brasileiras e europeias abordadas nos aspectos legais são normas a serem aplicadas no processo de desenvolvimento do produto, ou seja, no projeto como um todo, são dados de entrada os aspectos relacionados à segurança de operação. Avaliações de riscos devem ser consideradas nas diversas fases de um projeto, isto significa uma equipe multidisciplinar que deve abranger mais de uma área de conhecimento, neste trabalho de adequação, por exemplo, o domínio do projeto de circuitos elétricos é fundamental.

Os aspectos técnicos são a concretização da adequação proposta no trabalho, baseado nas normas, as análises e apreciações de riscos definiram como deve ser feita a adequação, observou-se a semelhança entre as normas brasileiras e europeias, com critérios bem definidos em relação a projetos.

Na avaliação do sistema de segurança desta adequação procedimentos de manutenção, treinamento de pessoal e instruções de trabalho devem ser implementadas para garantir o processo de adequação, os históricos dos registros destes procedimentos têm objetivo de sinalizar melhorias e garantir que as instruções de segurança estão sendo cumpridas pelos operadores.

A partir destas conclusões, algumas recomendações podem ser feitas para trabalhos futuros ou, até mesmo, para aprofundar este processo de adequação.

- 1 Maior detalhamento nas análises e apreciações de riscos que podem evoluir para se estabelecer uma metodologia de adequação em máquinas similares.
- 2 Maior detalhamento no projeto do circuito elétrico com a identificação dos componentes e qualificação dos mesmos.

3 Implantar um cronograma para a realização das adequações através de priorizações com a utilização da **METODOLOGIA HRN**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR ISO 12100:2013** Segurança de Máquinas – Princípios gerais para apreciação de projeto-Apreciação e Redução de Riscos. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT **NBR ISO 23125:2013** Máquinas-Ferramentas- Segurança- Tornos. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. **NBR 14153:1998** Segurança de Máquinas – Partes de comandos relacionados à segurança – Princípios gerais para projetos. Rio de Janeiro, 1998.
- BECK, João Baptista Pinto. **Seminário Nacional NR:12**. Porto Alegre, 2013.
- BRASIL. **NR:10** Segurança em instalações e serviços em eletricidade. 2004.
- BRASIL. **NR:12** Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. 2010.
- CAMPOS, Armando. **Seminário Nacional NR-12**. Porto Alegre, 2013.
- DEL VECCHIO, Marcelo. **NR:12 SEM MISTÉRIOS CIESP**. 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfObYAI/ciesp-nr-12>> Acesso em 20 jan. 2014.
- FUNDACENTRO. **Segurança de Máquinas e Normas**, 2011.
- GIULLIANO, Roberto Vale. **Proteção de Máquinas**. Ministério do Trabalho e do Emprego. Fundacentro. 2011.
- ISO **13489-1:2006: *Safety of machinery - Safety-related parts of control system-Part 1- General principles for design.***
- KUSE, Vladimir. **Curso NR:12**. Alvorada: Automasafety, 2013.
- Metodologia **HRN:2010** Disponível:<<http://www.utilidades.com.br/media/6958/Metodologia-HRN-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-riscos.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2014.
- PUIATTI, Roque. **Riscos em Máquinas-Especialização Eng.Seg**. Notas de aula; DEMEC, UFRGS. Porto Alegre 2013/2014.