

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO SUL - *CAMPUS* ERECHIM
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA MECÂNICA

Iúri Calderan Zaparoli

Adequação à NR-12 de um Protótipo de afiação

Erechim

2023

Iúri Calderan Zaparoli

Adequação à NR-12 de um Protótipo de afiação

Trabalho Conclusão de Curso realizado no *Campus* Erechim do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Jakerson Ricardo Gevinski

Coorientador: Prof. Dr. Alisson Dalsasso Corrêa de Souza

Erechim

2023

RESUMO

Há um grande número de acidentes de trabalhos em máquinas, principalmente portáteis utilizadas em serrarias. Este trabalho propõe a adequação de uma máquina de afiação de serra à norma regulamentadora NR- 12, a qual trata de segurança de máquinas e equipamentos. Diante disso, para que seja possível fazer adequação da máquina bem como a análise e apontamento dos riscos envolvidos, se utilizou da metodologia de segurança da NR-12 com a parte de apreciação de risco. Dentro da apreciação de risco, tem-se o método de classificação de risco, a qual foi utilizado para elencar os maiores perigos encontrados na utilização do operador, perante esse maquinário. A classificação se tornou necessária a implementação da parte elétrica e de proteção, além da utilização de equipamentos de proteção individual, perante ao ambiente trabalha. Foi analisado o projeto de concepção das proteções e dispositivos, e realizado novamente o método de classificação de risco para que fosse possível averiguar se com as proteções principais na parte elétrica e mecânica, seriam mesmos necessárias, e supririam com a falta de segurança. Com a análise feita em comparação do antes e depois da implementação do projeto de proteção, os dispositivos se mostraram realmente eficazes reduzindo de forma plena os riscos encontrados e garantindo a segurança do trabalhador perante as conformidades da NR-12. O trabalho proposto contribui para análise dos equipamentos envolvendo afiadores, de forma a explicar métodos utilizados em suas possíveis áreas de segurança, com ênfase a vida, saúde e segurança dos trabalhadores.

Palavras - chaves: Protótipo de afiação; acidente; segurança; adequação; NR-12.

ABSTRACT

There are a large number of accidents at work on machines, mainly portable ones used in sawmills. This work proposes the adequacy of a saw sharpening machine to the regulatory standard NR-12, which deals with the safety of machines and equipment. In view of this, in order to make it possible to adapt the machine as well as analyze and point out the risks involved, the NR-12 safety methodology was used with the risk assessment part. Within the risk assessment, there is the risk classification method, which was used to list the greatest dangers encountered in the operator's use of this machinery. The classification became necessary for the implementation of the electrical and protection part, in addition to the use of personal protective equipment, in the face of the working environment. The design project for the protections and devices was analyzed, and the risk classification method was carried out again so that it would be possible to verify whether the main protections in the electrical and mechanical part were really necessary, and would compensate for the lack of security. With the analysis made in comparison of before and after the implementation of the protection project, the devices proved to be really effective, fully reducing the risks encountered and guaranteeing the safety of the worker in the face of NR-12 compliance. The proposed work contributes to the analysis of equipment involving sharpeners, in order to explain methods used in their possible areas of safety, with emphasis on life, health and safety of workers.

Keywords: Sharpening prototype; accident; security; adequacy; NR-12.

Agradecimento

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de seguir esse caminho. Agradeço a minha mãe Marivete, meu pai Itacir (*in memoriam*), meus avós, minha dinda, minha namorada, e toda minha família por acreditar em meu potencial e me ajudar nas horas que mais precisei.

Agradeço a meu orientador Jakerson a qual não mediu esforços para me ajudar em relação as dúvidas eventuais que ocorriam no trabalho e no cotidiano, também a meu coorientador Alysson, e a minha professora de TCC Amanda, os quais me ajudaram nessa última parte da graduação.

Perante ao colegiado e toda parte de docentes meus sinceros agradecimentos, foi muito importante e decisiva para os conhecimentos absorvidos no decorrer dos anos de instituição.

Agradeço também, a todos meus amigos que a faculdade me proporcionou, e a todos os outros os quais seguiam e continuaram seguindo junto comigo nessa caminhada.

Simplesmente sou grato por ter escolhido cursar Engenharia Mecânica, na instituição do IFRS- Campus Erechim, a qual sempre vou lembrar com muito carinho dos ensinamentos absorvidos e nos ensinamentos de vida.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores relacionados a SE	30
Tabela 2 – Valores relacionados a FR	30
Tabela 3 – Valores relacionados a PR	31
Tabela 4 – Valores Relacionados a NP	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas Regulamentadoras no ano de 2023 (continua).....	22
Quadro 2 – Valores de CL para o Método, com sua classificação e ação prevista	32
Quadro 3 – Classificação da segurança	34
Quadro 4 – Matriz de Pugh	35
Quadro 5 – Dispositivos de proteção e protetores	36
Quadro 6 – Estimativa de Risco, pela metodologia HRN.	51
Quadro 7 – Avaliação de risco método HRN. (continua).....	52
Quadro 8 – Requisitos de segurança (continua)	53
Quadro 9 – Critérios e concepções para os componentes do projeto	56
Quadro 10 – Quadro de valor dos componentes elétricos	67
Quadro 11 – Quadro do valor dos componentes e das estruturas mecânicas	68
Quadro 12 – Quadro de valor dos EPIs	69
Quadro 13 – Avaliação de risco anterior à adequação para os principais riscos.....	70
Quadro 14 – Avaliação de risco após as adequações para os principais riscos.....	71

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CTPP	Comissão Tripartite Paritária Permanente
CLT	Consolidação de Leis Trabalhistas
EN	Norma Européia
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional.
INSS	Instituto Nacional de Segurança do Trabalho
IN	Instrução Normativa
MPT	Ministério Público do Trabalho
MTP	Ministério do Trabalho e Previdência
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileiras
NR-12	Norma Regulamentadora 12
NRs	Normas Regulamentadoras
ISO	Organização Internacional de Normatização
SST	Segurança e Saúde do Trabalho
V	Volts
Vca	Tensão em corrente alternada.
Vcc	Tensão em corrente contínua.
HRN	Hazard Rating Number
CL	Classe de risco
FR	Frequência de exposição ao risco
NP	Número de pessoas expostas ao risco
PR	Probabilidade de ocorrência do dano
SE	Severidade do dano

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de mortes por acidentes de trabalho no ano de (2012-2018)	17
Figura 2 – Número de mortes por acidente de trabalho de trabalhadores com carteira assinada (2012–2022)	18
Figura 3 – Fluxograma de Avaliação de Risco.....	25
Figura 4 – Fluxograma de Redução e Avaliação de risco.	26
Figura 5 – Fluxograma de Análise de Risco.....	27
Figura 6 – Fluxograma de Avaliação de Risco.....	28
Figura 7 – Representação para determinação da categoria de segurança na NBR 14153.....	33
Figura 8 – Exemplo de máquina de afiar lâmina de serra fita disponível no mercado	38
Figura 9 – Análise da parte de afiação do protótipo (a) e do ajuste do braço (b).....	41
Figura 10 – Lâmina a ser afiada	42
Figura 11 – Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto	43
Figura 12 – Fluxograma do projeto para o desenvolvimento do produto	44
Figura 13 – Risco elétrico na ligação (a) e risco no contato (b).....	48
Figura 14 – Não adequação no dispositivo de ligação da botoeira de aço (a) e do interruptor de plástico (b).....	48
Figura 15 – As polias do empurrador (a) e o esmeril (b) não possuem proteção física	49
Figura 16 – A ausência de dispositivos de fixação pode gerar vibrações e ocasionar ruídos. .	50
Figura 17 – Categoria de segurança para máquinas (50 – 500) e (500+).....	54
Figura 18 – Possível ligação elétrica de energia e componentes da categoria 3	55
Figura 19 – Dispositivo do sistema do braço, para o qual será instalada a proteção.	57
Figura 20 – Proteção fixa para o sistema de movimentação do braço	58
Figura 21 – Conjunto da afiação por esmeril que receberá uma proteção móvel.	58
Figura 22 – Proteção móvel do motor do dispositivo de afiação	59
Figura 23 – Caracterização da altura (A1), largura (B1) e espessura (E) da chapa expandida	60
Figura 24 – Trajetória do fragmento em relação à velocidade.	61
Figura 25 – Componentes do sistema elétrico: a) relé de segurança, b) sensor magnético, c) botão de emergência, d) botão de reset, e) botão de liga e desliga, f) chave comutadora rotativa, g) disjuntor motor e, por final, o contator h).....	64

Figura 26 – Porcentagens referentes à notificação de acidentes sem os EPIs.....	65
Figura 27 – Detalhamento do sistema de ligação de energia	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Acidentes de trabalho e suas consequências.....	16
3.2 Segurança no trabalho.....	19
3.3 Normas regulamentadoras	21
3.4 Avaliação de Risco	24
3.4.1 Análise de Risco	26
3.4.1.1 Especificação dos Limites da Máquina	27
3.4.1.2 Identificação do Perigo.....	28
3.4.1.3 Estimativa de Risco	29
3.4.1.4 Avaliação do Risco.....	31
3.5 Matriz de Pugh.....	35
3.6 Dispositivos de proteção.....	36
3.7 Equipamento de afiar lâmina de serra fita móvel	38
4 METODOLOGIA.....	40
4.1 Classificação da pesquisa	40
4.2 Planejamento do Trabalho	40
4.3 Metodologia de Projeto.....	42
4.3.1 Definição da Tarefa	44
4.3.2 Concepção	45
4.3.3 Projeto Preliminar.....	45
4.3.4 Projeto detalhado	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
5.1 Definição da Tarefa	46
5.1.1 Limites da máquina	46
5.1.2 Identificação dos Perigos.....	47

5.1.3 Estimativa de Risco	50
5.1.4 Avaliação do Risco	52
5.1.5 Categoria de Segurança	54
5.2 Concepção	56
5.3 Projeto Preliminar	57
5.3.1 Proteção mecânica	57
5.3.2 Cálculo da espessura da chapa de proteção	60
5.3.3 Proteção do circuito de comando.....	63
5.3.4 EPI	65
5.4 Projeto detalhado	66
5.4.1 Análise pelo método HRN.....	70
6 CONCLUSÃO.....	72
7 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, principalmente após a segunda revolução industrial (1871 a 1880), torna-se evidente o avanço tecnológico da humanidade devido ao aprimoramento das máquinas, tanto no que se refere ao aumento do processo produtivo quanto à eficiência no aproveitamento do tempo. No entanto, pode-se afirmar que não houve o mesmo zelo com a segurança do operador, o que resultou em proteções precárias, ou até mesmo a falta delas, ocasionando inúmeros acidentes na utilização das máquinas.

O Brasil, em 2018, ocupou a quarta posição no ranking mundial de incidência de acidentes de trabalho, com a ocorrência de um acidente de trabalho a cada 48 segundos e a perda de uma vida a cada 3h38min, resultado da ausência de uma cultura voltada à prevenção da saúde e à segurança do trabalho (BRASIL, 2018a).

Os acidentes de trabalho são uma preocupação constante no cenário trabalhista, principalmente em empresas que possuem maquinários de grande periculosidade operados por trabalhadores, tais como serra fita e aplainadoras, largamente utilizadas em madeireiras onde é feito o corte de eucaliptos e pinus para produção de tábuas. No caso da serra fita, é necessário utilizar uma máquina para que seja feita a afiação dos dentes da lâmina de serra, proporcionando, assim, um aumento no rendimento do trabalho.

Segundo Santini (2000), as máquinas de afiação têm a vantagem de permitir maior repetitividade e produtividade pela afiação das ferramentas de trabalho. Nesse processo, alguns cuidados precisam ser tomados para que o operador realize seu trabalho sem riscos à sua integridade física, já que muitos equipamentos utilizados são antigos e não possuem proteções de segurança adequadas.

A Norma Regulamentadora 12 (NR-12), fazendo parte da Associação de Normas Técnicas Brasileiras (ABNT), foi publicada pela primeira vez na Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, e tem o objetivo de “garantir a segurança de máquinas e equipamentos (...) garantindo a saúde e a integridade física dos” (BRASIL, 2023). Essa norma será abordada mais aprofundadamente no capítulo 3.4.

Em relação aos perigos que envolvem a afiação, este trabalho tem por objetivo adequar um protótipo de afiação às exigências da NR-12. O protótipo a qual vai ser abordado o estudo é utilizado para afiar a lâmina serra fita, de uma serraria móvel, e necessita de dispositivos de proteção adequados à NR-12 para segurança dos operadores.

2 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento do projeto, são apresentados, a seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos.

2.1 Objetivo Geral

Adequar um protótipo de afiação de lâmina serra fita, com a metodologia de apreciação de risco da NR-12, para a segurança dos operadores.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) realizar uma explanação referente aos acidentes de trabalho e suas possíveis consequências;
- b) realizar um levantamento das normas regulamentadoras de equipamentos vigentes no Brasil;
- c) elencar os maiores riscos para o operador no protótipo;
- d) realizar o cálculo do dispositivo de proteção física para o protótipo de afiação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para viabilizar o aumento da segurança em máquinas diante do elevado número de acidentes, faz-se necessária a implementação de normas regulamentadoras específicas de segurança para cada tipo de equipamento, tais como a NR-12 (discutida no capítulo 3.3), em conjunto com a análise do ambiente de trabalho e dos potenciais riscos presentes.

Para a implementação da referida norma, é necessário possuir conhecimento de outras normas, já que ela engloba um conjunto de conteúdos técnicos, sociais e temáticos, além das próprias normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As normas que sustentam a NR-12 são (ABMQ, 2015):

- Normas e Convenções de conteúdos sociais: Convenções Coletivas, NR-05, NR-07 e NR-09;
- Normas de conteúdos técnicos: NR-10, NR-11, NR-13, NR-17, NR-23, NR-33;
- Normas de conteúdo temático: NR-18, NR-22, NR-31, NR-32, NR-34;
- Normas ABNT (Referências): NBR 12100, NBR 14009, NBR13852, NBR 14153, NBR ISO 13849.

Apesar de todo o respaldo descrito anteriormente, o número de acidentes ainda é significativo e tem apresentado um aumento nos últimos cinco anos. As empresas de pequeno e médio porte são as principais responsáveis por esse aumento, sendo assim, observa-se a importância de destinar recursos para que elas invistam na segurança dos seus trabalhadores.

Para que a norma seja bem aplicada e tenha efetividade, deve-se levar em consideração uma série de fatores que começam no planejamento do projeto de execução, abrangendo a disposição das máquinas, a delimitação de zonas seguras de trabalho, a adequação dos dispositivos de segurança, o cuidado do operador no manuseio do equipamento, atividades coletivas para a conscientização dos riscos envolvidos, além de outras condições que seguem até o final da vida útil do maquinário, com seu descarte. Quando os dispositivos e as medidas não forem eficazes e o operador precisa passar a usar equipamentos de forma direta, ele deve utilizar os Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

3.1 Acidentes de trabalho e suas consequências

Segundo Mendes (2001), um dos principais focos da atenção do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) é o acidente de trabalho, principalmente na parte de prevenção. O acidente causa grande custo social, não apenas para o trabalhador, mas também para sua família, que está completamente envolvida e acaba, de uma maneira ou outra, sofrendo com o acontecido.

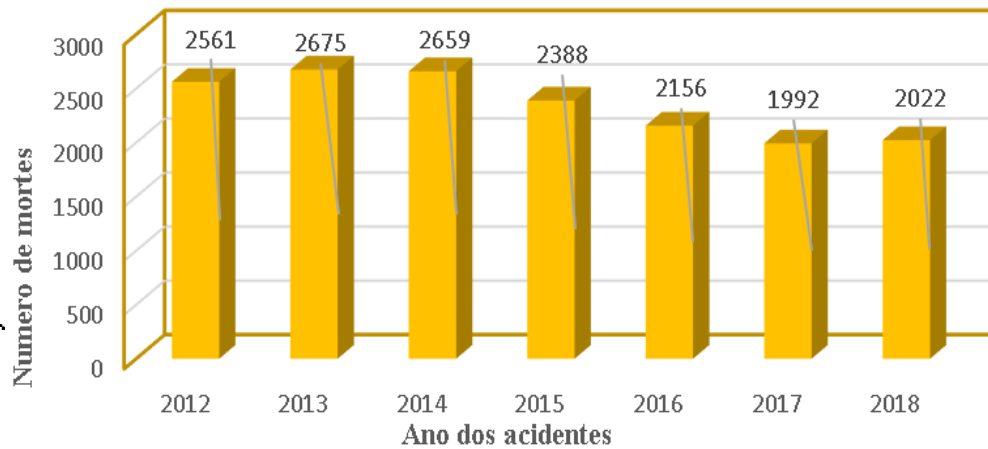
Conforme dispõe o art. 19 da lei nº 8.213/91, o “acidente de trabalho pode ser definido como o ocorrido pelo exercício do trabalho a serviço da empresa (...), provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a perda ou redução temporária ou permanente, da capacidade de trabalho” (BRASIL, 1991c).

No Brasil a taxa de mortes por acidentes com carteira assinada em indústrias, vem crescendo exponencialmente, em grande parte do Brasil. A maioria das vezes o acidente é causado pela falta de segurança em máquinas e equipamentos a qual o operador trabalha. Sendo assim, muitos acidentes são contabilizados e feito análises para após uma possível estatística de acidentes, com suas principais causas.

Um levantamento feito pelo Observatório de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) mostra que, no ano de 2017, foram computados 1.992 acidentes fatais no Brasil, ao passo que em 2018 houve um aumento nesse número, totalizando 2.022 óbitos ocupacionais (BRASIL, 2022a).

Esses dados podem ser observados na Figura 1. De 2013 a 2017, houve uma queda no número de acidentes, mas 2018 terminou com um acréscimo nesse número. Um fator importante a ser levado em consideração é que no ano de 2017 foi aprovada pelo MPT, e publicada no Diário Oficial da União, a Instrução Normativa 129 (IN 129), que estabelece procedimento especial para a ação dos auditores fiscais do trabalho para o cumprimento da fiscalização de empresas perante a NR-12.

Figura 1 – Número de mortes por acidentes de trabalho no ano de (2012-2018)



Fonte: Do autor, adaptado de Brasil (2015)

A partir de sua criação, foi definido que a instrução IN 129 teria uma vigência prevista de três anos, com duas mudanças significativas (Confederação Nacional das Indústrias, 2019), quais sejam:

– Anteriormente, a normativa NR-12 determinava que, havendo o flagra da infração, a empresa deveria ser imediatamente multada. No entanto, após a implementação da IN 129, estabeleceu-se um prazo para adequação das normas. Esse prazo poderia ser de até 1 ano;

– Depois do primeiro ato de autuação, caso as irregularidades persistissem, uma nova multa seria aplicada. Com a alteração para IN 129, a empresa pode prorrogar os prazos de fiscalização com justificativas técnicas e econômicas.

Ainda antes de completar a vigência inicialmente prevista de três anos, a IN 129 foi prorrogada, em 30 de julho de 2019, por mais dois anos, ou seja, esteve vigente até 2021. Nesse mesmo ano (2021), a NR-12 estabeleceu que os itens de instruções normativas vigentes passariam a ser cumpridos de forma automática. Sendo assim, a IN 129 ficou estabelecida sem prazo de vigência (Confederação Nacional das Indústrias, 2019).

Para a Confederação Nacional das Indústrias (2019), a IN 129 representa um avanço positivo, contribuindo para a modernização e a simplificação na aplicação da NR-12, ao contemplar a segurança do trabalhador de forma a aumentar a competitividade das empresas e a viabilidade das atividades.

Entretanto, segundo o metalúrgico Elenildo Queiroz Santos, então presidente do Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisa de Saúde e dos Ambientes de Trabalho (DIESAT), a “IN 129, precariza a fiscalização estabelecida pela norma regulamentadora” e “é

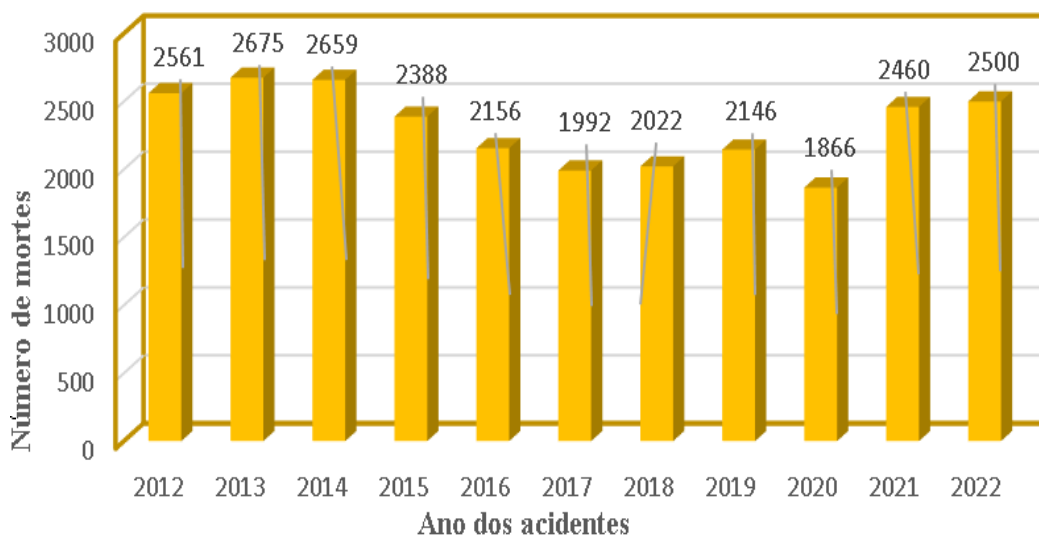
o jeitinho brasileiro, pra resolver um problema dos empresários. Estão querendo tapar o sol com a peneira, como se as irregularidades das empresas já não fossem conhecidas” (REPÓRTER SINDICAL, 2023).

Em 2022, segundo o levantamento feito pelo Observatório SST, foram registradas 612,9 mil notificações de acidentes de trabalho, sendo que dentre essas, ocorreram 2,5 mil óbitos (BRASIL, 2022a).

O gráfico da Figura 2 mostra a quantidade de acidentes entre os anos de 2012 e 2022. Este gráfico apresenta dados relevantes, pois é possível observar a existência de uma lacuna a ser preenchida no Brasil em relação aos acidentes de trabalho fatais, os quais, mesmo com a implementação de normas específicas, não têm apresentado uma diminuição gradual.

Analisando os dados do gráfico a partir da relação de percentual, houve um aumento de 30% no número de óbitos associados ao trabalho em 2021 se comparado ao ano de 2020. Nesse mesmo ano (2021), segundo o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), foram gastos R\$ 70,6 bi com aposentadoria por invalidez e R\$ 17,7 bi com auxílio-doença. Além do ônus para o estado, os acidentes de trabalho causam sofrimento para as famílias e prejuízos para as empresas.

Figura 2 – Número de mortes por acidente de trabalho de trabalhadores com carteira assinada (2012–2022)



Fonte: Do autor, adaptado de Brasil (2015)

Ao longo desses 11 anos (2012 a 2022) de levantamento feito pelo Observatório SST, constatou-se uma tendência preocupante: a ocorrência de acidentes relacionados à operação de máquinas e equipamentos representou aproximadamente 15% do total. Esses incidentes se destacaram pela gravidade das lesões, incluindo amputações, que ocorreram com uma frequência 15 vezes maior do que as demais causas. (BRASIL, 2022b).

Em relação aos dados de acidentes, o setor florestal registrou um dos maiores índices de acidentes de trabalho devido à sua periculosidade. Nesse mesmo setor, os trabalhadores encontram-se expostos a vários riscos, sejam eles associados à presença de animais peçonhentos, ao estresse, à falta de atenção, à imprudência, à pressa e ao mau uso de ferramentas manuais. A título de exemplo, a motosserra, um dos equipamentos mais utilizados na área florestal, tem sido apontada como o equipamento com mais alto índice de ocorrência de acidentes no mundo (IFT, 2010).

A atividade de corte de árvores com o propósito de obter matéria-prima madeireira tem registrado um crescimento exponencial, devido à necessidade de matéria-prima para a indústria e, até mesmo, para exportação. Nesse contexto, muitos acidentes de trabalho ocorrem nesse meio, seja pela falha nas condições pessoais de segurança, pela falta do uso de EPI e, também, pelas condições ambientais inseguras (INAM, 2005).

Sendo assim, para que possa haver medidas mais seguras, tanto o operador quanto o contratante devem adotar medidas de prevenção e proteção contra acidentes. O contratante deve fazer o possível para que sua indústria se adeque às normas, com a devida fiscalização realizada por agentes especializados, caso ocorram alterações ou atualizações nas normas vigentes no mesmo ano. Já o operador deve cumprir as normas que lhe são apresentadas, além de utilizar o EPI adequado. Essas medidas são cruciais para garantir a segurança no ambiente de trabalho e promover a evolução contínua da segurança laboral a patamares aceitáveis.

3.2 Segurança no trabalho

A segurança no ambiente de trabalho é um dos fatores decisivos para prevenir um possível acidente, mas, muitas vezes, a própria segurança, que deveria ser considerada uma prioridade, é colocada em segundo plano.

Define-se segurança do trabalho como um conjunto de medidas ou ações que, em conjunto, visam minimizar perdas e danos gerados por agentes agressivos, além de promover o

cuidado com o trabalhador durante a realização de sua respectiva atividade (CARDELLA, 1999).

Para Câmara (2016), segurança do trabalho refere-se ao estudo voltado à prevenção de acidentes de trabalhos, nos quais estão envolvidos fatores de riscos operacionais. Além disso, busca-se adotar medidas que visam minimizar danos aos trabalhadores, a fim de proteger sua integridade física.

Blewett (2010) menciona o modelo organizacional criado por Frederick Taylor (1910), no qual é expressa a opinião de que o cansaço e a fadiga trazem efeitos negativos para a empresa, resultando na improdutividade do operário. Portanto, uma empresa que não proporciona um bom ambiente de trabalho para o operador está fadada à falência.

Para a empresa, mudanças visando redução de custo e aumento de produtividade são a chave para o crescimento e, nesse contexto, a segurança frequentemente é negligenciada, principalmente quando se trata da adequação de maquinário.

Os aspectos financeiros decorrentes da falta de segurança também têm importância decisiva no ambiente empresarial, pois podem ser determinantes para a competitividade e sobrevivência da empresa no mercado. Conforme Ostrovski (2014), essa situação se torna evidente pelo fato de que as instituições com o maior número de acidentes são predominantemente as de pequeno porte.

Com a evolução das normas e o constante progresso da tecnologia, não apenas as proteções físicas se tornaram insuficientes, sendo necessário adotar, além delas, sistemas de proteção baseados em sensores, por exemplo. Isso ocorre porque se a proteção física não barra o operador, os sensores são capazes de interromper o funcionamento das máquinas. Porém, a implementação desses sensores é onerosa e, muitas vezes, não é executada devido aos seus custos, mesmo que na maioria das vezes os sistemas sejam compensatórios. Portanto, nesse mesmo contexto de redução de custos, não pode haver uma redução de prevenção nem de segurança.

É por meio das NR que a empresa deve fundamentar a projeção de um ambiente de trabalho o mais seguro possível, utilizando suas ferramentas de análises como um instrumento importante para determinar a melhor maneira do contratado garantir a segurança ao operar uma máquina. Isso deve ocorrer em conjunto com ações de segurança que a empresa deve disponibilizar no ambiente industrial, além da responsabilidade do próprio operador em cuidar desses mesmos ambientes.

3.3 Normas regulamentadoras

Em virtude do elevado número de acidentes que ocorrem no Brasil e no mundo, principalmente devido à falta de segurança no trabalho, faz-se necessária a padronização internacional dos processos, para que sejam realizados de forma correta e ofereçam um menor risco ao operador. Esse objetivo pode ser alcançado por meio das Normas Regulamentadoras (NRs).

Como medida para prevenir condições precárias de trabalho e para fiscalizar e evitar acidentes, a legislação trabalhista foi criada no ano de 1943 a instituição da Consolidação de Leis Trabalhistas (CLT). A partir dessas consolidações e de várias mudanças, em 1978 foi estabelecida a NR-12, que trata da Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Na sua primeira publicação, os procedimentos para garantir a segurança do trabalhador eram praticamente desprovidos de metodologias específicas, o que dificultava sua compreensão e aplicação (SILVEIRA, 2015).

Após várias alterações e adequações, no ano de 2010, ocorreram mudanças significativas nessa norma (NR-12), que passou de uma orientação geral para um detalhamento mais técnico, com base na legislação Europeia (BRASIL 2015).

Mesmo com a criação da NR-12 e outras normas para a prevenção de acidentes, pesquisas realizadas pelo Ministério Público do Trabalho (MPT), entre 2012 e 2022, apontam que o uso indevido de máquinas e equipamentos pelos operadores é responsável pelo maior índice de acidentes nos ambientes de trabalho.

Existiam 28 NRs no ano de 1978, mas, com as alterações e ajustes necessários, em 2023, o Brasil conta com 38 NRs. Essas Normas estão dispostas no Quadro 1.

Ainda em relação às normas, a Instância da Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP) é a instância de discussão para atualização e construção das normas regulamentadoras, formada por um órgão colegiado, com representantes dos trabalhadores, empregados e governos, com vista à melhoria do ambiente de trabalho e do meio ambiente (BRASIL, 2023).

Segundo Corrêa (2011), o MTE está utilizando as normas atualizadas pela CTPP como instrumento de apoio para registrar os parâmetros de eventos com acidentes no Brasil, visando preveni-los e evitá-los, para que seus métodos de fiscalização possam garantir cada vez mais segurança ao trabalhador.

Quadro 1 – Normas Regulamentadoras no ano de 2023 (continua)

Descrição das Normas Regulamentadoras
NR-1 - DISPOSIÇÕES GERAIS E GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS
NR-2 - INSPEÇÃO PRÉVIA (REVOGADA)
NR-3 - EMBARGO E INTERDIÇÃO
NR-4 - SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO
NR-5 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES
NR-6 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL – EPI
NR-7 - PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL
NR-8 - EDIFICAÇÕES
NR-9 - AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS EXPOSIÇÕES OCUPACIONAIS A AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
NR-10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE
NR-11 - TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM E MANUSEIO DE MATERIAIS
NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
NR-13 - CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO
NR-14 - FORNOS
NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES
NR-16 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES PERIGOSAS
NR-17 - ERGONOMIA
NR-18 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO
NR-19 - EXPLOSIVOS
NR-20 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO COM INFLAMÁVEIS E COMBUSTÍVEIS
NR-21 - TRABALHOS A CÉU ABERTO
NR-22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO
NR-23 - PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS
NR-24 - CONDIÇÕES SANITÁRIAS E DE CONFORTO NOS LOCAIS DE TRABALHO
NR-25 - RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Quadro 1 – Normas Regulamentadoras no ano de 2023 (conclusão)

Descrição das Normas Regulamentadoras
NR-26 - SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA
NR-27 - REGISTRO PROFISSIONAL DO TÉCNICO DE SEGURANÇA DO TRABALHO (REVOGADA)
NR-28 - FISCALIZAÇÃO E PENALIDADES
NR-29 - NORMA REGULAMENTADORA DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO PORTUÁRIO
NR-30 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO AQUAVIÁRIO
NR-31 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA AGRICULTURA, PECUÁRIA SILVICULTURA, EXPLORAÇÃO FLORESTAL E AQUICULTURA
NR-32 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM SERVIÇOS DE SAÚDE
NR-33 - SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS
NR-34 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E DESMONTE NAVAL
NR-35 - TRABALHO EM ALTURA
NR-36 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM EMPRESAS DE ABATE E PROCESSAMENTO DE CARNES E DERIVADOS
NR-37 - SEGURANÇA E SAÚDE EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO
NR-38 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NAS ATIVIDADES DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Fonte: Do autor (2023).

Conforme o Quadro 1, a NR-12 é a norma de segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. Essa norma será o objeto de estudo para a posterior elaboração de um projeto de adequação de máquinas e protótipos de afiação, pois apresenta metodologias consistentes para a apreciação de riscos.

Um dos métodos que apresenta maior eficácia para a prevenção de possíveis irregularidades em máquinas e equipamentos é a apreciação de risco da NBR ISO 12100, em conjunto com o método de classificação de categoria estabelecido pela NBR 14153. Este último consiste em um fluxograma que fornece o passo a passo para a determinação da categoria de risco, levando em consideração a análise do tipo de lesão, a frequência do perigo e a possibilidade de evitá-lo.

3.4 Apreciação de Risco

Segundo a ABNT (2013a), o objetivo da apreciação de risco, integrada à NR-12 (internacional) e à NBR 12100 (nacional), é desenvolver uma metodologia que busca atingir níveis satisfatórios de segurança em máquinas. Essa metodologia descreve os passos para a sua elaboração e conta com um conjunto de técnicas que permitem avaliar o risco enfrentado pelo operador ao interagir com a máquina.

Em 1997, a norma técnica vigente referente à apreciação de risco era a Norma Brasileira (NBR) 14009. Com o passar dos anos, houve a necessidade de revisão da NBR 14009, visando a adequação aos parâmetros internacionais. Como a NBR ISO 12100 estava sendo atualizada e incluía a apreciação de risco, aproveitou-se esse momento de atualização para substituir a antiga NBR 14009 de 1997 pela NBR ISO 12100 de 2013.

Contudo, o conteúdo é extenso e complexo, o que torna sua interpretação confusa, já que não apresenta uma metodologia específica para sua realização. Em muitos desses casos, a compreensão torna-se subjetiva, restringindo-se ao uso das normas técnicas oficiais como um guia prático (BRASIL, 2019).

Dessa maneira, diante da necessidade de incluir uma metodologia para determinar a categoria de segurança exigida para os itens de proteções relacionadas aos perigos em máquinas e equipamentos, a norma técnica oficial brasileira apresentou, então, uma metodologia que indica a categoria de segurança para os sistemas que requerem proteção tanto para pessoas quanto para a intervenção em máquinas e equipamentos: a NBR 14153 de 2013 (BRASIL, 2015).

A NBR 14153 que trata da segurança em máquinas, principalmente no que diz respeito ao sistema de controle e princípios para o projeto, apresenta em seu anexo B (Figura 7) um guia informativo para seleção de cada categoria de segurança por meio do método *Hazard Rating Number* (HRN), também conhecido em português como Classificação de Risco (CL), que será explicado no subcapítulo 3.4.1.3.

Já a NBR ISO 12100 leva em consideração os seguintes fatores em ordem de prioridade, para a seleção da categoria de segurança (ABNT, 2013a):

- a) segurança da máquina ao longo de todo seu ciclo de vida;
- b) capacidade da máquina em executar suas funções;

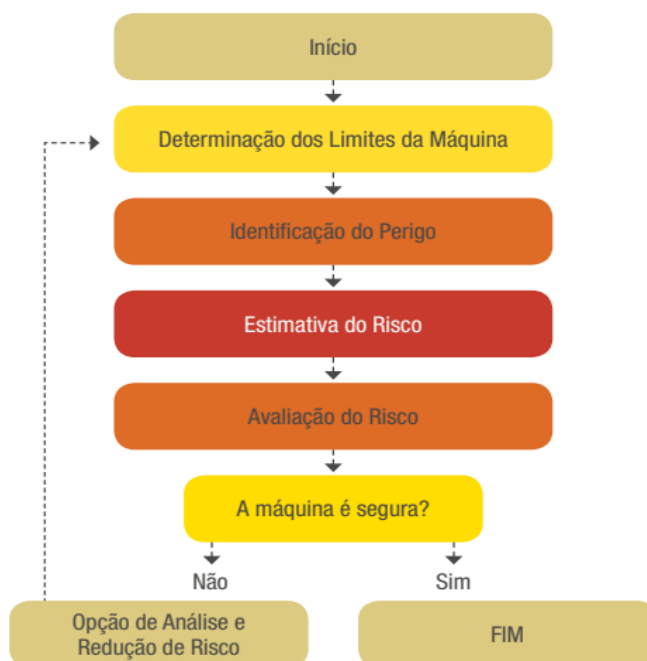
- c) modo de operação da máquina;
- d) custos envolvidos, desde a fabricação até o descarte.

Para uma compreensão adequada desses fatores, é essencial ter conhecimento da máquina, juntamente com o histórico de acidentes, técnicas de redução de riscos disponíveis, registros de doenças ocupacionais e a legislação vigente aplicável à máquina.

Além dessa Norma (NBR ISO 1200), temos também a ABNT ISO/TR 14121-2, publicada em 2018. Trata-se de um guia prático que apresenta exemplos de métodos, com o objetivo de fornecer orientações práticas para a aplicação da ABNT NBR 12100 na apreciação de riscos (ABNT, 2018).

Os itens que compõem a apreciação de risco (Figura 3), são: definição dos limites da máquina, identificação do perigo, estimativa dos riscos e avaliação dos riscos. Esses itens serão detalhados no decorrer do capítulo. Vale ressaltar que o processo de redução de riscos não faz parte dessa etapa, sendo considerado opcional, e será ilustrado na Figura 4.

Figura 3 – Fluxograma de Apreciação de Risco

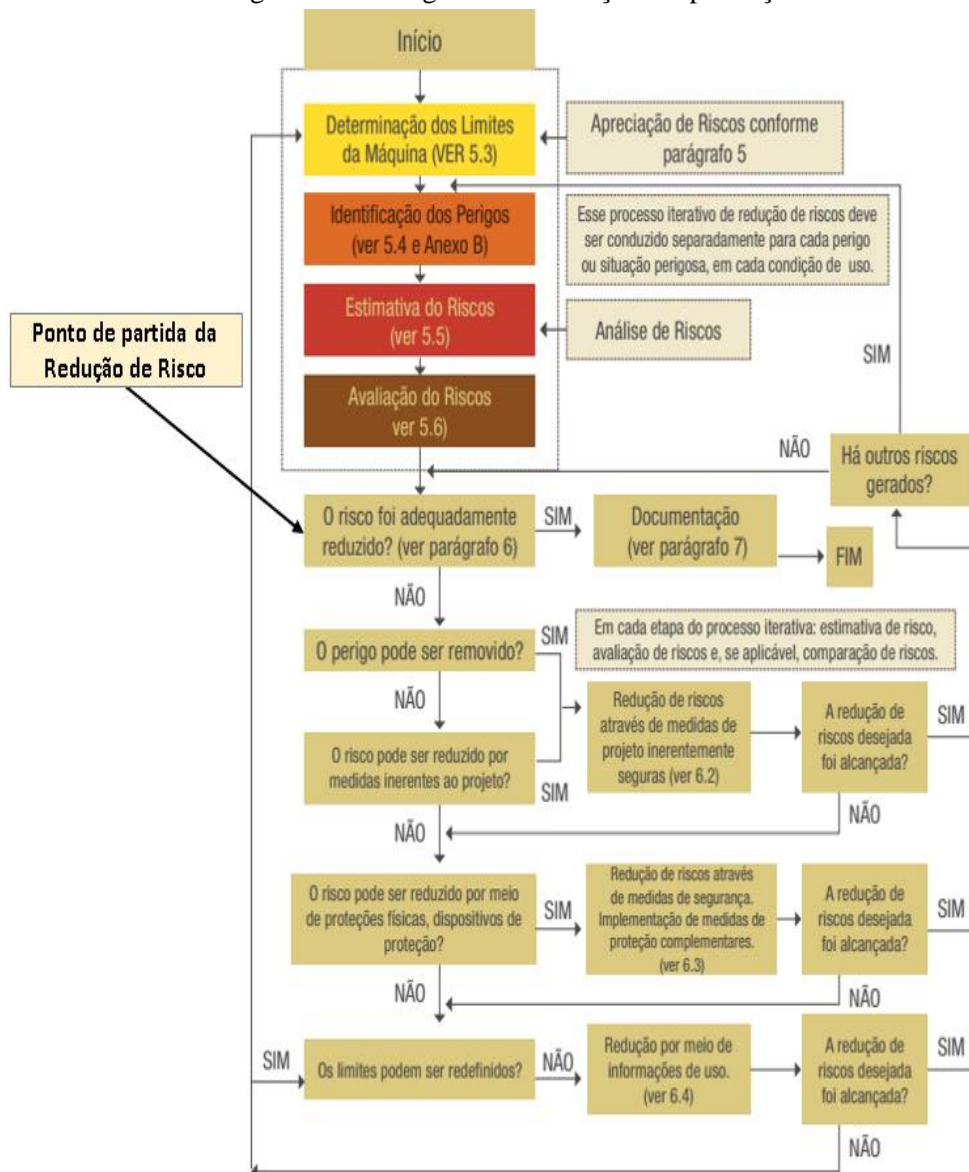


Fonte: Brasil (2015).

Para que a apreciação seja válida, torna-se necessário realizar a redução de risco. Nesse processo, é feita uma análise do equipamento e de seus riscos, a fim de determinar se o risco

foi reduzido ou não. Se a resposta for negativa, é necessário refazer as adequações, conforme apresentado no fluxograma da Figura 4. Por outro lado, se a resposta for positiva, a análise é finalizada.

Figura 4 – Fluxograma de Redução e Apreciação de risco.



Fonte: Brasil (2015).

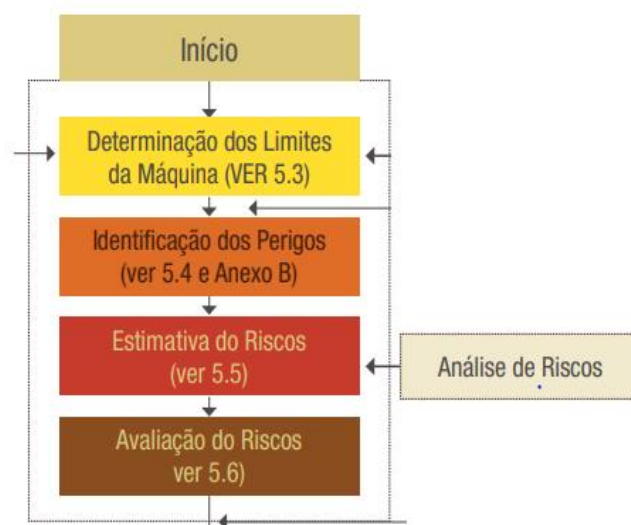
3.4.1 Análise de Risco

Na primeira etapa de apreciação de risco, encontra-se a análise de risco (Figura 5). A análise acontece quando o operador está submetido e é exposto a uma situação de perigo (o

perigo é algo que tem o potencial de causar dano, já o risco é a probabilidade de que o perigo ocorra).

A análise de risco citada anteriormente serve para que o projetista dimensione de forma correta os equipamentos de segurança. A partir desse dimensionamento, evitam-se riscos inaceitáveis e, até mesmo, desprezíveis.

Figura 5 – Fluxograma de Análise de Risco



Fonte: Brasil (2015).

A norma técnica vigente para essa análise é a ABNT NBR ISO 12100 (ABNT, 2013a). Descreve-se a análise de riscos em três partes, quais sejam: a especificação dos limites da máquina, a identificação do perigo e a estimativa de risco.

3.4.1.1 Especificação dos Limites da Máquina

De acordo com a ABNT (2013a), os limites da máquina podem estar descritos da seguinte forma:

- limite de espaço: refere-se ao espaço ocupado pela máquina e pela interação do funcionário com o equipamento;
- limite de uso: abrangem os diferentes procedimentos e operações de utilização da máquina, bem como a exposição de operadores e outras pessoas a ela;
- limite de tempo: diz respeito ao tempo de vida útil da máquina e de seus componentes, considerando as devidas alterações necessárias.

Após a definição dos limites, que serão utilizados no projeto, procede-se à identificação dos perigos representados por tais limites.

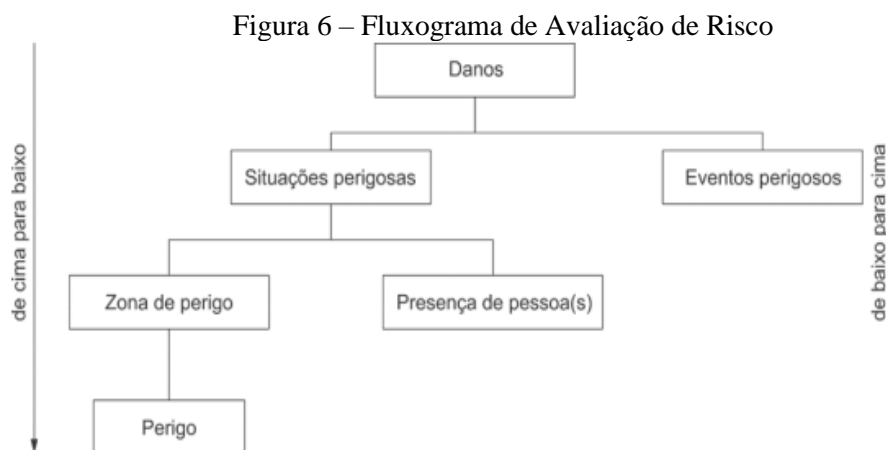
3.4.1.2 Identificação do Perigo

A ABNT ISO/TR 14121 recomenda a utilização de uma metodologia de três passos para identificação dos perigos (lembrando que perigo é algo que tem o potencial de causar danos), quais sejam:

- 1º passo: avaliação das fases do ciclo de vida da máquina, suas funções e suas partes;
- 2º passo: consideração das atividades de manutenção realizadas na máquina e consideração das pessoas responsáveis por suas respectivas tarefas (tendo em vista as fases anteriores);
- 3º passo: análise de perigos para cada área da zona de risco.

No 3º passo, são realizados dois tipos de análise (Figura 6), a saber (ABNT, 2018):

- análise de cima para baixo: inicia-se pelo dano sofrido pelo operador e identifica-se sua causa;
- análise de baixo para cima: inicia-se pelo perigo representado pela máquina em relação à sua zona de perigo e determina-se o dano que poderia causar.



Fonte: ABNT (2018).

Ao identificar o perigo, torna-se pertinente realizar a estimativa de risco por meio de um método que permita classificá-la da maneira mais adequada possível e que esteja em conformidade com a NR-12.

3.4.1.3 Estimativa de Risco

Após a identificação dos perigos presentes na fábrica, é necessário realizar a estimativa desses riscos, isto é, avaliar a probabilidade de ocorrência e sua periculosidade. Assim, a empresa deve propor soluções para os riscos potenciais associados a cada equipamento e máquina (BRASIL,2015). Para realizar a análise e, conseqüentemente, a estimativa de risco, são utilizados os referenciais descritos na ABNT NBR ISO 12100 e na NBR 14153, ambas de 2013. Esses referenciais unem-se às diretrizes anteriores quando se trata da zona de perigo de máquinas (BRASIL, 2018b).

O Método HRN, também conhecido, em português, como “número de classificação risco (CL)”, ganhou destaque após sua publicação na revista *Safety and Health Practitioner*, publicada em 1990, e continua sendo utilizado até os dias atuais para estimativa de risco. Esse método envolve passos importantes para a priorização de cada perigo, indicando medidas ou ações a serem adotadas para aprimorar a segurança do operador de máquinas e do ambiente de trabalho (DEXHEIMER; DELWING, 2014).

O método estabelece um valor mostrado no Quadro 2 para a classificação de risco, realizando uma categorização quantitativa. Para chegar no valor de CL, os números são multiplicados levando-se em consideração os valores atribuídos de (BRASIL, 2015): Severidade de Dano Considerado (SE); Frequência de Exposição de Risco (FR); Probabilidade de Ocorrência de Dano (PR); Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP); Classe do Risco (CL).

O método deve ser aplicado para cada risco encontrado. Por exemplo: se na máquina forem identificados dez riscos, o método deve ser aplicado para cada um de forma individualizada.

O método HRN é altamente adequado para a priorização de ações de melhorias com base nos riscos estimados, pois abrange uma ampla gama de possibilidades com resultados imediatos. Dessa forma, medidas coerentes com a necessidade imposta pelo resultado podem ser adotadas (BRASIL, 2015).

A Tabela 1 mostra a severidade do dano, a qual possui uma classificação em que a maior nota corresponde à relação de morte, com a nota 15, enquanto a nota de 0,1 corresponde a arranhão/contusão e é a menor nota possível dessa classificação.

Tabela 1 – Valores relacionados a SE

Dano	SE
Morte	15
Perda de 2 membros/olhos ou doenças graves (irreversível)	8
Perda de 1 membros/olho ou doenças graves (temporária)	4
Fratura – ossos importantes ou doença leve (permanente)	2
Fratura – ossos menores ou doença leve (temporária)	1
Laceração/Efeito leve na saúde	0,5
Arranhão/Contusão	0,1

Fonte: Brasil (2015)

Na Tabela 2, observa-se a frequência de exposição ao risco. Destaca-se que a exposição constante do operador ao iminente risco recebe o maior valor atribuído: 5. Por outro lado, a ocorrência rara de um operador estar exposto a esse risco apresenta o menor valor: 0,1.

Tabela 2 – Valores relacionados a FR

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

Fonte: Brasil (2015)

Em relação à probabilidade de ocorrência de dano, a Tabela 3 atribui a nota 15 para representar a certeza dessa ocorrência, enquanto a nota 0,03 expressa a impossibilidade dessa ocorrência.

Tabela 3 – Valores relacionados a PR

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

Fonte: Brasil (2015)

Para finalizar a atribuição das notas e a elaboração das tabelas para a análise de avaliação de risco, o próximo passo consiste em determinar o número de pessoas expostas ao risco. Sendo assim, quanto maior o número de pessoas em exposição, maior a nota e vice versa.

Tabela 4 – Valores Relacionados a NP

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

Fonte: Brasil (2015)

O próximo passo refere-se à avaliação de risco, de modo a classificar a ação que deve ser adotada.

3.4.1.4 Avaliação do Risco

Após a realização da estimativa de risco e de todos os valores serem multiplicados, obtém-se o CL (que é o equivalente ao HRN), sendo:

$$Cl = SE.FR.PR.NP \quad (1)$$

Com esse valor em mãos, são definidos os riscos presentes na máquina e suas medidas corretivas para averiguá-los ou amenizá-los. Caso a medida de proteção resulte em novos riscos, estes devem passar novamente pela análise até que sejam reduzidos a valores considerados baixos pelo método.

No Quadro 2, obtêm-se a classificação de risco (CL) para o método HRN, juntamente com as descrições e ação necessária para sua adequação. Portanto, quando a análise de HRN for de 0 a 5, a parcela de risco é insignificante, não sendo necessária nenhuma ação. Por outro lado, quando o HRN for maior que 500, deve acontecer uma ação significativa de melhoria, pois o equipamento ao qual os operadores estão expostos não mais oferece segurança, tornando seu funcionamento inaceitável.

Quadro 2 – Valores de CL para o Método, com sua classificação e ação prevista

HRN = CL	Risco	Descrição	Ação
0 - 5	Insignificante	Oferece um risco muito baixo à segurança e à saúde	Nenhuma ação requerida
5 - 50	Baixo, porém significativo	Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle e segurança	Melhoria recomendada
50 - 500	Alto	Oferece possíveis riscos, medidas de controle de segurança urgentes precisam ser adotadas	Necessária ação de melhoria
500 +	Inaceitável	É inaceitável manter o equipamento operando na situação em que se encontra	Necessária ação de melhoria

Fonte: Brasil (2015)

Método para seleção de categoria de risco

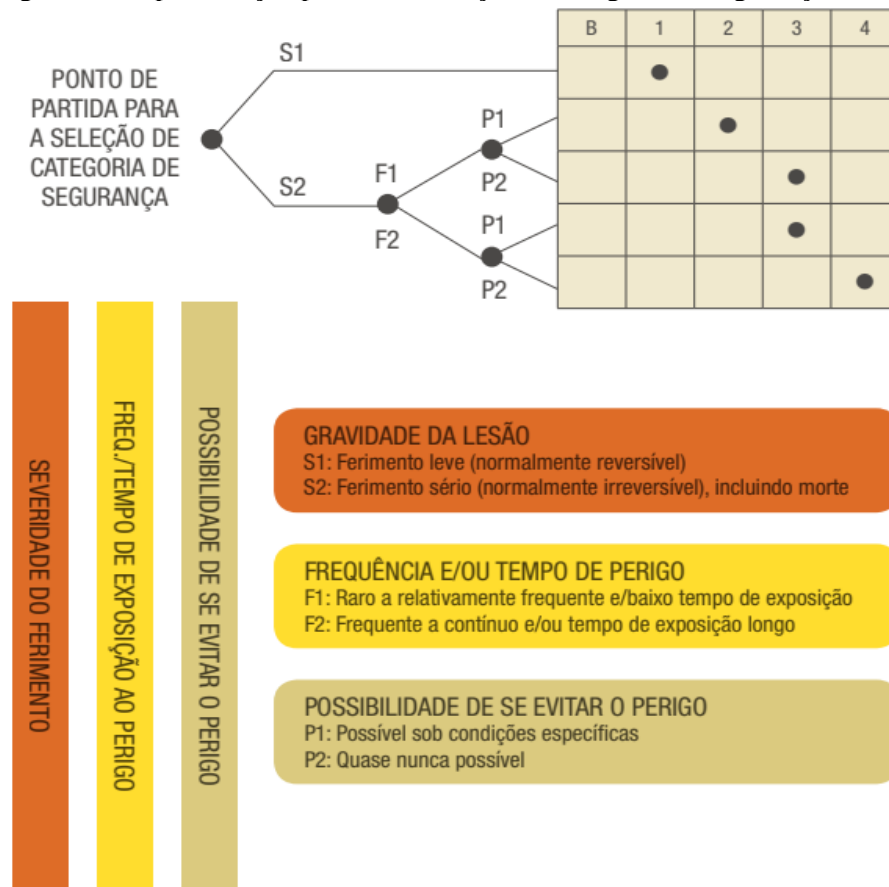
O método para a seleção de categoria de risco diz respeito à contribuição de redução de risco promovida pelos sistemas de comando. Nesse caso, classifica-se a necessidade efetiva da implementação de um sistema de controle de segurança (atuadores, sensores e interface) (ABNT, 2013b).

A severidade da categoria de risco é representada por (S) e ela é relativamente fácil de ser estipulada, pois devemos levar em consideração o aconteceu com o operador, por exemplo: amputação, laceração ou morte.

Para a frequência de ocorrência, utilizam-se dois parâmetros usuais para sua classificação, sendo eles tempo e frequência de exposição ao perigo (F) e a possibilidade de evitar o perigo (P).

Esses parâmetros (S, F e P) podem ser combinados para fornecer uma gradação de risco. Esse método está ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Representação para determinação da categoria de segurança na NBR 14153.



Fonte: Brasil (2015).

A classificação da categoria de segurança (Quadro 3) ocorre por meio da categoria (B), que é usada como referência para as demais classificações, elencando as partes relacionadas à segurança. Já os números que vão de 1 a 4 são responsáveis pela classificação da categoria de segurança: quanto maior essa classificação, maior é a exigência de proteção elétrica que o equipamento deve ter. Esses requisitos dependem da gravidade da lesão, da frequência e da possibilidade de evitar o perigo (ABNT, 2018).

Quadro 3 – Classificação da segurança

Cat	Resumo de Requisitos	Comportamento do sistema	Princípio para atingir a segurança
b	Partes de sistema 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 a norma relevante, 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 rigorosamente testados devem ser utilizados.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança, porém a probabilidade de ocorrência é bem menor que a categoria B.	Principalmente caracterizado pela seleção de componentes.
2	Os requisitos de B se aplicam e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplica. A função de segurança deve ser verificada em intervalos adequados pelo sistema de comando na 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 se aplicam e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplica. As partes relacionadas à segurança deve ser projetadas de tal forma que: (1) um defeito isolado em qualquer uma dessas partes não resulte na perda da função de segurança; e, (2) sempre que razoavelmente viável, o defeito isolado seja detectado.	Quando um defeito isolado ocorre, a função de segurança é sempre preservada. Entretanto, nem todos os defeitos serão detectados. O acúmulo de defeitos não detectados pode resultar na perda de função de segurança.	Principalmente caracterizado pela estrutura.
4	Os requisitos de B se aplicam e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplica. As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que (1) um defeito isolado em qualquer uma dessas partes não resulte na perda da função de segurança; e, (2) o defeito isolado seja detectado durante ou antes da próxima demanda da função de segurança. Se forem defeitos isolados, não podem resultar na perda da função segurança.	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.	Principalmente caracterizado pela estrutura.

Fonte: Adaptado de ABNT (2013b).

Para a aplicação do método de categoria de segurança com possibilidade de eficiência em sua escolha, utiliza-se uma matriz com possíveis respostas aos problemas, assim é possível escolher, dentre várias opções, a mais adequada por meio de comparação. A matriz utilizada para a adequação do afiador à NR-12 é a Matriz de Pugh.

3.5 Matriz de Pugh

A avaliação das melhores escolhas de dispositivos pode ser feita por meio da Matriz de Pugh, na qual as possíveis concepções são elencadas na primeira linha da matriz e os critérios para avaliação na primeira coluna. Assim, tem-se uma solução de referência pela qual todas as outras serão baseadas.

Ainda sobre a matriz, atribui-se um peso para cada critério cujos valores vão de 1 para o pior até 5 para o melhor. A seguir, faz-se a comparação das soluções com a referência escolhida. Para essa escolha de referência, utiliza-se uma pesquisa sobre o que é mais importante em cada item e, assim, constrói-se a referência. As escolhas, são baseadas na referência e classificadas como pior (-1), igual (0), ou melhor (+1). Ao final, somam-se todos os valores e determina-se a melhor escolha para o estudo do equipamento de afiação (ROZENFELD *et al.*, 2006). O Quadro 4 representa a matriz proposta no estudo.

Quadro 4 – Matriz de Pugh

Critérios	Peso	Solução			
		1	2	3	4 (Referência)
Critério 1	p1				
Critério 2	p2				
Critério 3	p3				
Critério 4	p4				
Critério 5	p5				
Critério 6	p6				
Peso total					

Fonte: Adaptado de Rozeld et al.(2006)

Com a matriz de Pugh. elaborada, será possível desenvolver a solução mais adequada em relação aos dispositivos e proteções necessários.

3.6 Dispositivos de proteção

Para elaborar os dispositivos de proteção do protótipo de afiador de lâmina, faremos referência a uma parte do anexo XI da NR-12. Esse anexo aborda os dispositivos de segurança para máquinas e implementos para uso agrícola e florestal. Os equipamentos de segurança contidos no anexo devem ser integrados às máquinas desde sua fabricação e não ser considerados itens opcionais de segurança.

Com a constante evolução das máquinas, equipamentos e ferramentas, alteram-se as instalações e as condições do trabalho. Diante disso, muitos padrões, e até mesmo a cultura estabelecida no trabalho, devem ser atualizados, a fim de acompanhar essa evolução. Por meio de propostas bem feitas de adequações e da utilização de equipamentos seguros e devidamente protegidos, é possível garantir a redução ou até mesmo a eliminação dos riscos para o operador (CORRÊA, 2011).

Para montar um sistema seguro na máquina, visando evitar o contato do trabalhador com suas partes móveis, são adotadas duas principais linhas de ação. A primeira consiste em impedir o acesso, involuntário ou não, às partes móveis da máquina. A segunda busca impedir o movimento da máquina caso o operador tente burlar, de alguma forma, o sistema de segurança, fazendo com que o mecanismo pare. As duas principais linhas de ação estão expostas a seguir no Quadro 5.

Portanto, é fundamental conhecer o funcionamento da máquina para determinar a melhor abordagem para a implementação de medidas de segurança.

Quadro 5 – Dispositivos de proteção e protetores

Sistema de bloqueio de acesso por meio de proteção mecânica.	Restringe movimentos dos trabalhadores; isola as partes móveis utilizando barreiras físicas.
Sistema de bloqueio de acesso por meio de proteção mecânica intertravada ; Sistema de sensoriamento óptico ; Sistema de parada de emergência; Sistema de acionamento seguro.	Restringe movimentos da máquina; desliga a máquina de maneira segura no momento de uma situação de risco.

Fonte: FIEAM (2011).

O Quadro 5 apresenta as duas principais linhas de ação em relação à segurança do operador, cada qual com seu sistema específico de proteção. Caso o operador consiga burlar de alguma forma a proteção mecânica, o segundo dispositivo de proteção, a parada imediata da máquina/equipamento, é acionado.

Essa parada é feita por meio de mecanismos eletrônicos, como sensores, que identificam se o operador está em zona de risco. Nesse caso, a máquina pode contar com um sistema de acionamento seguro, de modo que só funcione quando o operador estiver fora dessa zona de periculosidade da máquina.

Segundo o Ministério do Trabalho e Previdência (2020), são consideradas medidas de proteção, em ordem de prioridade:

- a) medidas de proteção coletiva;
- b) medidas administrativas ou de organização do trabalho; e,
- c) medidas de proteção individuais.

Dentre as medidas acima, a NR-12 não comenta as medidas de proteção individuais para alguns equipamentos e máquinas móveis.

Em relação às medidas de proteção coletiva, os seguintes cuidados devem ser seguidos: medidas que eliminam o risco a que o trabalhador está exposto; medidas para prevenir as liberações indesejáveis de energia; medidas preventivas para que os trabalhadores não sejam expostos ao risco direto com o maquinário.

Quando as medidas de proteção coletiva não forem suficientes, ou quando elas se tornarem inviáveis para a empresa e para o empregador, as medidas administrativas entram em ação. Essas medidas são diretamente voltadas aos trabalhadores, visando reduzir o tempo de exposição aos agentes de periculosidade no ambiente de trabalho. Essa redução pode envolver tanto a diminuição do tempo a que o trabalhador fica exposto na área de periculosidade quanto a redução de número dos trabalhadores expostos ao perigo.

Quando nenhuma dessas medidas forem suficientes, utilizam-se medidas de proteção individual. Essas medidas são diretamente voltadas ao trabalhador e incluem o uso de EPIs, que são fornecidos pela empresa dependendo do ambiente e do risco a que o operador está exposto.

3.7 Equipamento de afiar lâmina de serra fita móvel

Existem no mercado várias máquinas de afiação de lâmina, algumas são portáteis e outras necessitam de instalação fixa. Uma dessas máquinas é o afiador automático de lâmina serra fita da empresa MCA, que é uma máquina de afiação portátil e vai ser utilizada como um exemplo para ser comparada com o protótipo a qual vai ser feito o estudo. O valor corrente aproximado desta máquina é de R\$ 10.000,00. Este valor será utilizado como referência para comparar com os custos de adequações do protótipo. A máquina pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8 – Exemplo de máquina de afiar lâmina de serra fita disponível no mercado



Fonte: Mcaserrarias (2023).

Esse tipo de afiador conta com sistemas de proteção expressos na NR-12, mas não todos. Algumas ausências nos chamaram a atenção:

- a) Item 5: a máquina não possui chave de ignição para seu bloqueio total.
- b) Item 6.3: não há dispositivos de intertravamento nem sensores de segurança para garantir a proteção conforme especificado.
- c) Item 6.4: não existem as proteções que devem ser projetadas e construídas de modo a atender aos seguintes requisitos de segurança para impedir que sejam burladas e impedir acesso à zona de perigo.

- d) Item 6.9: não há, nessa máquina de cortar, o devido sistema de segurança para impedir que o operador tenha contato com a zona de perigo da máquina.

Sendo assim, ela não cumpre integralmente a NR-12, já que todos esses itens deveriam ser obedecidos para garantir a segurança do operador em seu ambiente de trabalho.

Como se trata de uma máquina cuja utilização pode ser em qualquer lugar, pois é portátil, podem acontecer acidentes dependendo da área em que ela for colocada. Portanto, o cuidado com a localização do equipamento é muito importante.

Sendo assim, muitas vezes a implementação de proteção físicas juntamente com sensores aumenta o nível de segurança da máquina ou de qualquer equipamento a ser adaptado, evitando acidentes envolvendo os operadores.

Assim sendo, as adequações da máquina são importantes para garantir a segurança do operador. Para isso se torna necessário realizar mediadas de proteções coerentes com a utilização. No próximo capítulo será abordada a metodologia utilizada para adequação de uma máquina à NR-12.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada neste trabalho. Para isso, serão apresentadas a classificação e o planejamento da pesquisa.

Além disso, será apresentado os métodos para que possam ser feitas as análises no capítulo 5 e assim elencar os resultados obtidos na pesquisa. Serão abordadas quatro fases principais do projeto de pesquisa de Pahl e Beitz, sendo: definição da tarefa, concepção, projeto preliminar e projeto detalhado, cada qual com suas respectivas análises de elaboração.

4.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa desenvolvida neste trabalho pode ser classificada como exploratória, pois apresenta maior familiaridade com o problema, visando explicitá-lo ou construir uma hipótese. Seu objetivo principal é aprimorar ideias ou descobertas intuitivas (GIL, 2010).

Quanto aos procedimentos de desenvolvimento, a pesquisa caracteriza-se como bibliográfica, uma vez que se baseia em materiais já elaborados, como livros, dissertações, artigos científicos, normas regulamentadoras e normas técnicas (GIL, 2010).

Em relação à abordagem, a pesquisa caracteriza-se como quantitativa, pois apresenta inúmeras classificações e análises para um determinado problema.

Quanto à natureza, é caracterizada como pesquisa aplicada, destinada à aplicação de uma proteção para evitar acidentes.

4.2 Planejamento do Trabalho

Inicialmente, se analisará o problema apresentado no trabalho, que consiste na necessidade de dispositivo(s) de proteção em conformidade com a NR-12. Para esse propósito, será utilizado um protótipo de afiador de lâmina de serra fita a qual foi elaborado para trabalhos em ambiente de serraria sendo funcional na afiação da lâmina de serra de outro equipamento.

O protótipo utilizado para o estudo é um afiador de lâmina serra fita. Esse mesmo é portátil, devido ao seu pouco peso e pequeno tamanho, pode ser transportado para qualquer lugar. O dispositivo é dividido em duas partes principais: o mecanismo de afiação e o braço

responsável por empurrar a lâmina de serra durante o processo de afiação, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Análise da parte de afiação do protótipo (a) e do ajuste do braço (b).



Fonte: Do autor (2023)

Para o funcionamento da máquina, é necessário realizar o ajuste inicial do equipamento. No caso desse protótipo, não há nenhum dispositivo de fixação, sendo simplesmente colocado sobre uma mesa ou uma superfície plana. Em seguida, ajusta-se o braço (b) responsável por empurrar a lâmina em direção ao esmeril de afiação. Após esse ajuste, pressiona-se a primeira chave de liga/desliga para que a lâmina seja deslocada até o esmeril. Logo após, passa-se para o segundo passo, que consiste em realizar o ajuste do ângulo de inclinação do esmeril (a) no próprio suporte que o segura (o ajuste já é pré-determinado). Desse modo, torna-se possível seguir o formato correto do dente da lâmina, obtendo um melhor padrão de afiação. Com esse procedimento concluído, aciona-se a segunda chave de liga/desliga do motor, que, por meio de uma correia, gira o eixo ao qual o esmeril está preso, realizando o primeiro ciclo de afiação.

É importante salientar que ele tem um custo de aproximadamente R\$ 500,00 pois se utilizou de materiais que a empresa possuía para fabricá-lo. Para realizar esse tipo de afiação, utiliza-se uma lâmina específica utilizada em serrarias, caracterizada por possuir dentes retos e com uma inclinação na face superior de aproximadamente 45° . O espaçamento entre os dentes

é de 40mm, a altura do dente é 10mm com uma angulação de 85° e o comprimento total da lâmina é de 6 metros. A Figura 10 mostra a lâmina de serra fita utilizada.

Figura 10 – Lâmina a ser afiada



Fonte: Do autor (2023)

Para o manuseio desse protótipo, o operador deve usar óculos de proteção por causa das fagulhas geradas pelo processo de afiação da lâmina, além de possuir conhecimento prévio sobre o ângulo de inclinação e a profundidade do dente.

No intuito de estabelecer um raciocínio de desenvolvimento, foi realizado um levantamento dos acidentes de trabalho registrados no Brasil, analisando as estatísticas de ocorrência de cada caso. Tornou-se necessária, também, a realização de uma pesquisa bibliográfica para identificar as normas vigentes e familiarizar-se com os procedimentos apresentados, que têm por finalidade diminuir ou eliminar os acidentes.

Com base nisso, a elaboração da apreciação de risco foi realizada e, a partir dela, foi realizado um estudo para determinar qual a melhor escolha de proteção para segurança no trabalho com a máquina.

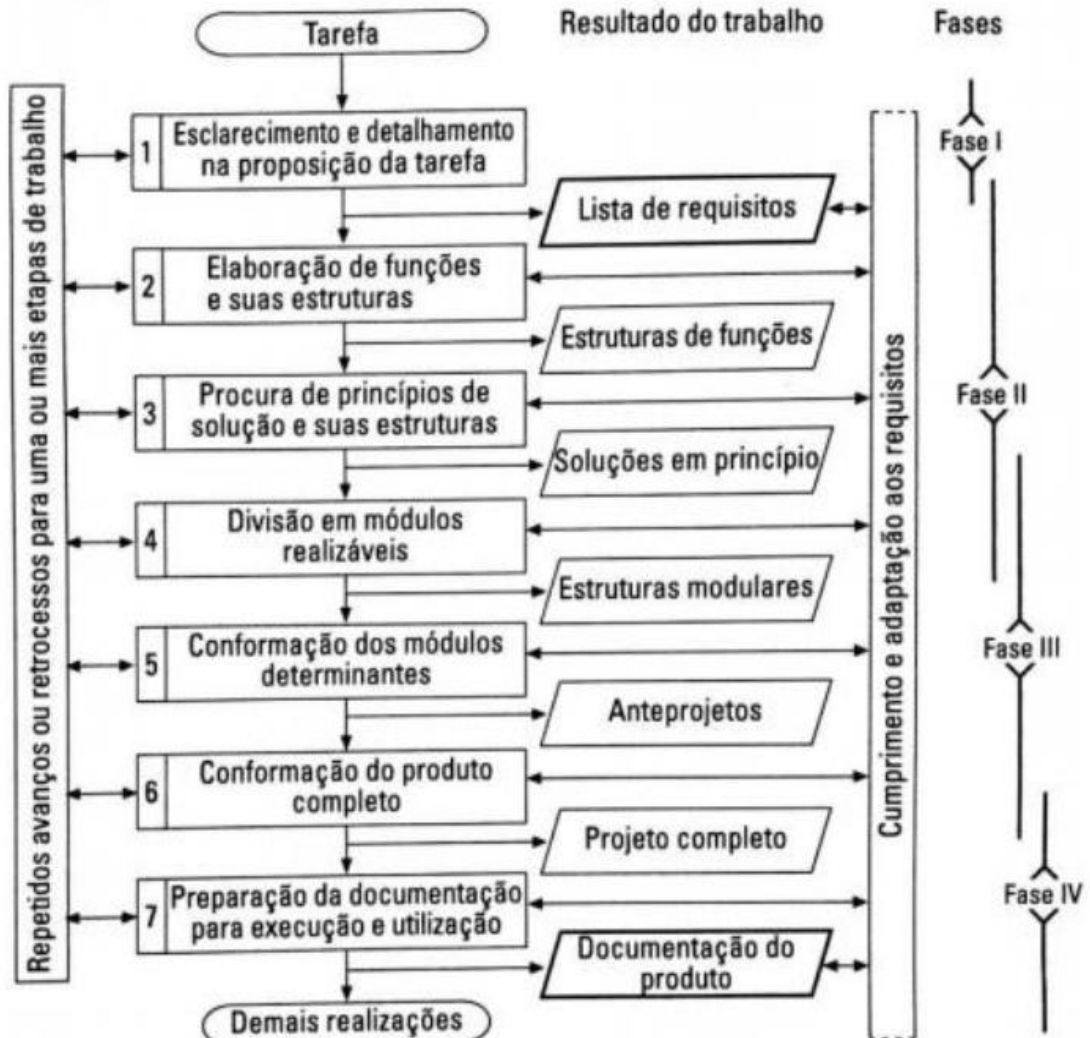
4.3 Metodologia de Projeto

A metodologia utilizada para o estudo das fases para que se torne possível a adequação, fo a metodologia de desenvolvimento de projeto, proposta por Pahl *et al.* (2005) compreende quatro fases para a elaboração do projeto, a saber: definição da tarefa, concepção, projeto preliminar e projeto detalhado.

A Figura 11 ilustra o procedimento para o desenvolvimento do projeto. Segundo Pahl *et al.* (2005), esse procedimento de estruturação do problema e das tarefas facilita a

identificação das possíveis soluções consolidadas provenientes dos desenvolvimentos anteriores e da utilização de catálogo de soluções.

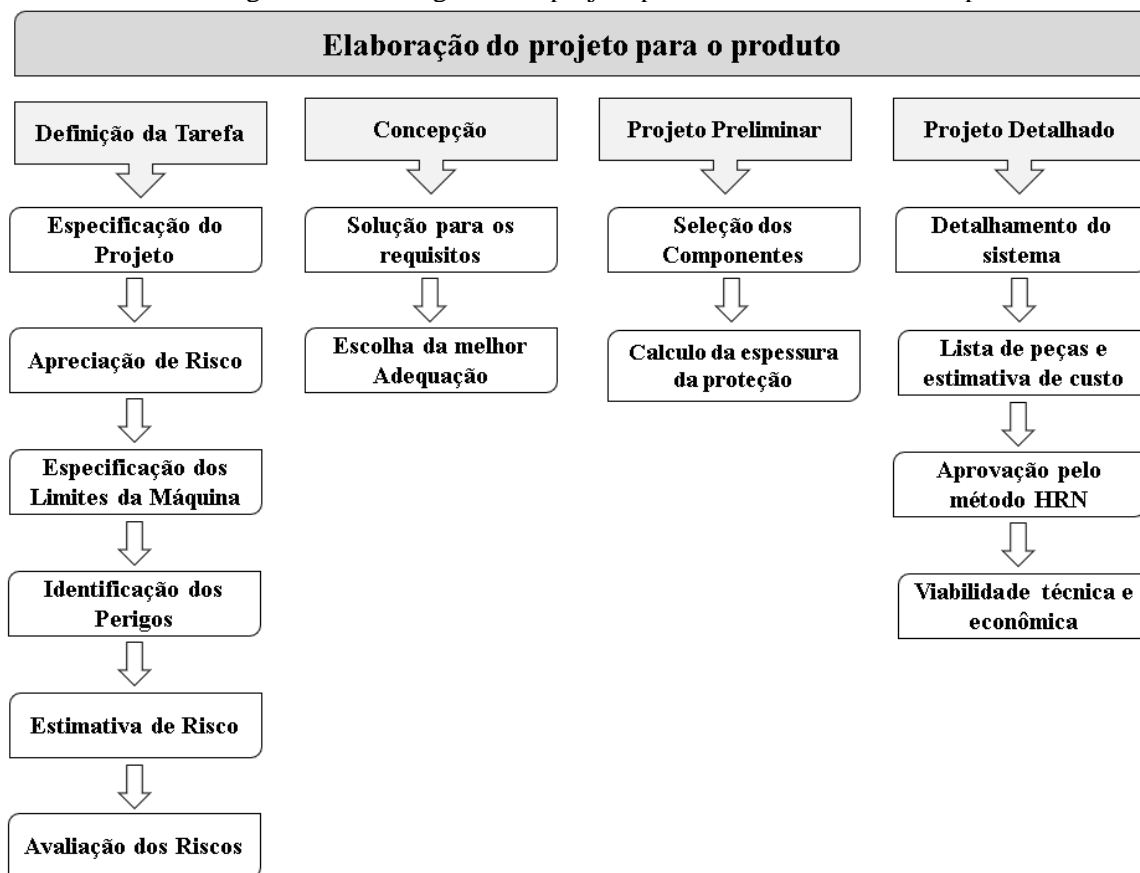
Figura 11 – Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto



Fonte: Pahl *et al.*(2005, p.6)

Para as fases de desenvolvimento do produto, conforme a metodologia de Pahl *et al.* (2005), será realizada a elaboração do projeto específico, juntamente com o fluxograma apresentado na Figura 12, para uma visualização mais clara do processo.

Figura 12 – Fluxograma do projeto para o desenvolvimento do produto



Fonte: Do autor (2023)

4.3.1 Definição da Tarefa

O projeto de adequação iniciou-se na pesquisa informacional, utilizando a NR-12 como referência para o estudo do protótipo de afiação. Em seguida, a apreciação de risco foi realizada, os limites da máquina foram demarcados e os perigos foram identificados por meio da abordagem de ascendente (de baixo para cima). Além disso, foi determinada a estimativa de risco e sua posterior avaliação, com intuito de definir os requisitos desejados no projeto e a melhor abordagem para a solução dos riscos. Essas tarefas foram elaboradas conforme exposto no subcapítulo 3.4.1.

A parte da apreciação de risco, apresentada na definição da tarefa, no fluxograma da Figura 12, foi elaborada levando-se em consideração o estudo visual da máquina em seu ambiente de trabalho e as adversidades que esse ambiente apresentava em relação à segurança dos operadores.

4.3.2 Concepção

Foi realizada uma análise abrangente do protótipo, para elaborar soluções de projeto considerando possíveis adequações. Frequentemente, o protótipo será referido como “máquina”, pois trata-se de um protótipo que foi elaborado com base na análise de uma máquina de afiação existente no mercado.

Para tanto, buscou-se analisar a forma mais adequada de realizar as adequações, levando em consideração o custo dos componentes e sua utilização, não apenas para esse projeto de adequação, mas também para outros que adotem a mesma abordagem na construção de uma máquina em conformidade com a norma.

Utilizou-se a matriz morfológica de PUGH 3.5 para avaliar os perigos encontrados em cada componente da máquina, atribuindo uma nota numérica a cada um deles. A partir da nota atribuída e da comparação com uma concepção de referência, analisou-se a melhor escolha para possibilitar a adequação do protótipo à NR-12.

4.3.3 Projeto Preliminar

Após encontrar os conceitos na fase de concepção, procedeu-se à seleção dos componentes de proteção para a adequação às normas, viabilizando a criação do protótipo virtual do projeto. A modelagem tridimensional dos protótipos utilizados no desenvolvimento do projeto foi elaborada por meio do *software* CAD Autodesk Inventor®. Quanto ao circuito elétrico, foram apresentadas apenas as ligações de energia e os dispositivos a serem utilizados no projeto. Além disso, fórmulas foram empregadas para calcular a espessura das chapas de proteção física.

4.3.4 Projeto detalhado

Foi elaborado o detalhamento do sistema com seus componentes elétricos. Em seguida, foi feita a lista de custo das peças para o protótipo. Com as possíveis adequações, realizou-se uma nova análise utilizando o método HRN, para saber se o risco foi reduzido e, assim, concretizar o estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresenta-se a análise dos dados para a realização do estudo de adequação do protótipo. Serão analisados os perigos de cada parte do equipamento por meio da apreciação de risco da NR- 12, utilizando o método de classificação de risco (HRN) para as partes da máquina que apresentam o maior risco para descobrirmos em que lugares são necessárias as devidas proteções e dispositivos.

Servirá como um exemplo de aplicação das adequações à NR-12 o protótipo estudado. Mas, os resultados desse estudo, especialmente relacionados às partes elétrica e mecânica abordadas, podem ser usados em outros tipos de máquina com a mesma função, que necessitem da especificação dos itens da norma.

O protótipo teve sua construção realizada por uma pessoa com experiência na área de serraria, sendo assim, não houve uma fase de desenvolvimento necessários para se construir uma máquina completa. Já que a disciplina do TCC possui um prazo curto para toda essa análise, o foco foi direcionado para o estudo da norma em relação aos itens relevantes. Como a norma apresenta uma série de itens, a proteção mecânica e a parte elétrica foram enfatizadas, com a realização de todos os cálculos para esse tipo de proteção.

5.1 Definição da Tarefa

A tarefa requerida foi elaborar a apreciação de risco após as devidas alterações, tendo para isso a análise dos resultados através de uma nova classificação de risco (HRN), para elencar se a máquina tende a cumprir com os requisitos de segurança. Para isso, foram implementados sistemas elétricos, proteção mecânica, e os EPIs necessários para o ambiente de serraria industrial.

5.1.1 Limites da máquina

O afiador, por ser móvel, apresenta dificuldades na definição de seu distanciamento em relação às demais máquinas. Na maior parte dos casos, esses espaços de trabalho são muito pequenos, o que dificulta a manipulação da lâmina de 6 metros durante sua inserção no afiador.

Essa situação propõe obstáculos à movimentação dos trabalhadores, por isso as medidas de distanciamento devem ser adotadas segundo os itens 12.2 e 12.2.2 da norma regulamentadora.

Assim, foi estipulado um espaço de aproximadamente 3 metros do outro equipamento que divide o espaço com o afiador, e 8 metros onde a lâmina de serra vai ser afiada. Além desses, foi tirada qualquer obstrução de madeiras empilhadas incorretamente, que dificultava no espaço de operação do equipamento.

5.1.2 Identificação dos Perigos

Foram identificados os perigos que poderiam ocorrer durante sua utilização. Para essa identificação, foi utilizada a abordagem de baixo para cima (ascendente), conforme descrita na ISO/TR 14121-2 de 2018. Essa abordagem tem início a partir do perigo, passando pela zona de perigo e situações perigosas, para então caracterizar os danos resultantes (Figura 6).

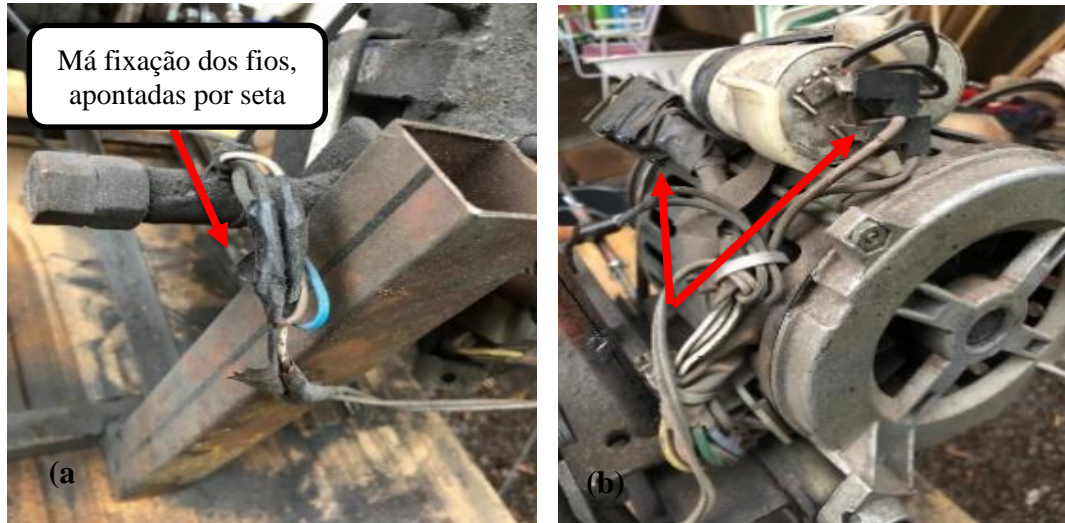
A seguir, são descritos os perigos associados a cada item da máquina, visando a adequação necessária do equipamento e a implementação de medidas de proteção para os trabalhadores.

Em relação aos princípios gerais descritos no item 12.1 da NR-12, verificou-se que o equipamento não dispõe de medida de proteção coletiva ou individual (EPI), o que representa um perigo significativo para o operador.

Por se tratar de um protótipo, o equipamento não possui uma instalação adequada conforme o item 12.3.1 da norma. O intuito de sua fabricação foi a sua rápida utilização, sem a elaboração de um projeto específico. Portanto, a parte de gerenciamento de comando não possui um painel dedicado que atenda aos requisitos previstos pelo item 12.3.5 da norma. A Figura 13 explicita os perigos da fiação elétrica.

Ainda em relação à parte elétrica da máquina, os componentes de partida e acionamento podem ser ligados de forma involuntária, até porque não possuem uma chave geral que impeça o acionamento (conforme exigido pelo item 12.4.9, somente pessoas autorizadas devem realizar o acionamento).

Figura 13 – Risco elétrico na ligação (a) e risco no contato (b)



Fonte: Do autor (2023)

Além disso, as botoeiras utilizadas não são adequadas para o sistema. A botoeira de plástico poderia ser usada para diminuir os riscos de choque elétrico, já que não transmite eletricidade, porém, a botoeira de pino, feita de metal, não é apropriada, pois a máquina não possui aterramento, o que aumenta o risco de descargas elétricas. A Figura 14 ilustra a não uniformidade dos dispositivos de acionamento e a restrição em relação à segurança do equipamento.

Figura 14 – Não adequação no dispositivo de ligação da botoeira de aço (a) e do interruptor de plástico (b)



Fonte: Do autor (2023)

Os dispositivos de proteção física, sejam eles móveis ou fixos, segundo o item 12.5.4 da NR-12, devem proteger o operador. O protótipo não possui nenhum dispositivo de segurança que impeça um possível contato do operador com a máquina ou a projeção de partes da máquina em direção ao operador. Além da necessidade de adequação do dispositivo de proteção, segundo o item 12.5.7, a proteção móvel deve permitir que o equipamento seja ligado apenas quando estiver devidamente fechada, evitando, assim, que a proteção seja burlada pelo operador. Se as medidas de segurança física não forem suficientes, torna-se necessária a adoção de sensores de presença para interromper o funcionamento do maquinário. Os itens do equipamento ilustrados na Figura 15 não possuem proteções físicas.

Figura 15 – As polias do empurrador (a) e o esmeril (b) não possuem proteção física



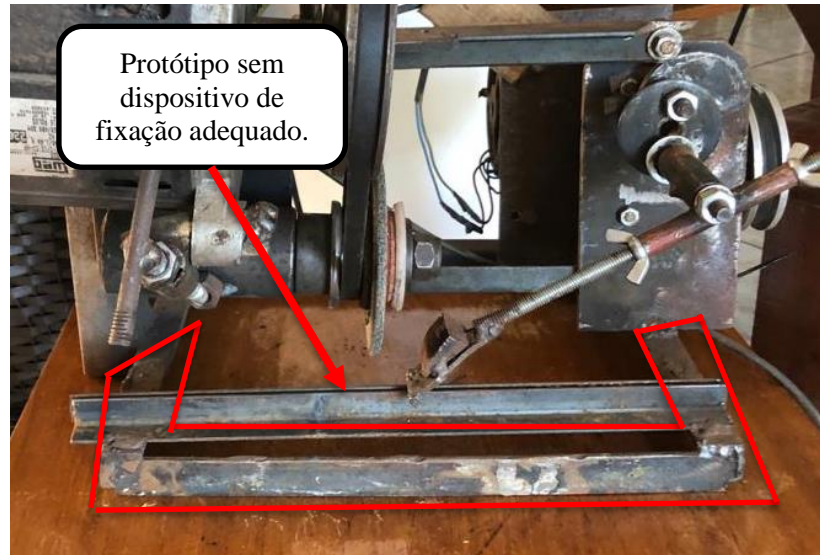
Fonte: Do autor (2023)

O protótipo da máquina de afiação, não conta com dispositivos de parada de emergência, sendo necessário interromper seu funcionamento desligando individualmente cada uma das botoeiras (Botões). Ressalta-se que os itens 12.6.1 e 12.6.2 da NR-12 estabelecem a exigência de dispositivos de parada, além de determinarem que esses dispositivos devem estar localizados em um espaço visível e de fácil acesso.

Quando a máquina portátil de afiação for colocada em uma mesa, ou com pouca altura em relação ao solo, então o operador terá que curvar-se para realizar a operação de afiação, o que prejudica sua postura, pois pode ocasionar desconforto e dores nas costas. Além das questões ergonômicas, a falta de fixação adequada, como exigido pelo item 12.10.1 da norma,

pode resultar em riscos adicionais, tais como a vibração e o ruído proveniente do equipamento (Figura 16).

Figura 16 – A ausência de dispositivos de fixação pode gerar vibrações e ocasionar ruídos.



Fonte: Do autor (2023)

Outra exigência da norma, disposta no item 12.12.1, refere-se à sinalização. A norma exige que as máquinas sejam devidamente sinalizadas quanto aos seus perigos. Além da sinalização, visando a segurança do operador, é obrigatório o uso de EPIs adequados ao ambiente de trabalho, conforme estabelecido pelo item 12.1.8 dos princípios gerais da norma.

5.1.3 Estimativa de Risco

Com os perigos devidamente identificados, o próximo passo consistiu na realização da estimativa de risco para cada parte do equipamento que apresentava condições de insegurança. Em seguida, foram selecionados os valores de SE (Tabela 1), FR (Tabela 2), PR (Tabela 3), NP (Tabela 4), CL (Quadro 2) para determinar a avaliação do risco. Os resultados da estimativa de risco são apresentados no Quadro 6. Para ser mais preciso em relação aos valores, o protótipo foi comparado a máquina da Figura 8, proposta anteriormente no capítulo 3.7.

Quadro 6 – Estimativa de Risco, pela metodologia HRN.

Nº	Situação perigosa	Perigo	SE	FR	PR	NP	CL
1	Falta de EPI	Segurança própria do operador	4	5	15	2	600
2	Arredores da máquina	Risco de esbarrar em outros equipamentos	0,1	1,5	5	2	1,5
3	Instalação Elétrica Inadequada	Risco de choque	15	5	15	2	2250
4	Falta de Painel de controle	Risco de choque	15	5	2	2	300
5	Dispositivos de acionamento inadequados	Chaveta, não é proteção para 110/220v apenas para 24	8	2,5	5	1	100
6	Chave Geral	Não possui restrição quanto ao acesso de pessoas não qualificadas	8	2,5	1	1	20
7	Proteção móvel nos dispositivos que possuem correia	Não presente na máquina	15	5	15	2	2250
8	Sensor fechamento proteção	Acionamento da máquina enquanto a proteção não estiver fechada	1	2,5	10	1	25
9	Ausência de dispositivos de emergência	A máquina não para de forma instantânea se houver algum problema	2	2,5	5	1	25
10	Ausência de dispositivos de sinalização	Desconhecimento do perigo	2	4	2	2	32
11	Comandos elétricos não visíveis	Acidente pela demora na visualização dos botões de emergência	15	5	2	2	300
12	Ergonomia	Pode causar doenças ocupacionais	1	0,2	1	1	0,2
13	Risco adicional	Causa ruído e vibração	1	0,1	1	1	0,1

Fonte: Do autor (2023).

Pode-se observar no Quadro 6 que a ausência de medidas de segurança em alguns dispositivos acarreta riscos mais significativos que outros. Portanto, o próximo passo será realizar a avaliação de risco priorizando os dispositivos que representam maior perigo para a

segurança do operador e que exigem ação imediata. Como a norma abrange uma série de itens, alguns dos quais mencionados anteriormente, o trabalho focará nos principais itens, analisando-os detalhadamente.

5.1.4 Avaliação do Risco

Após a aplicação da metodologia HRN, pode-se avaliar o nível de risco conforme a categorização apresentada no Quadro 3. No caso do afiador, objeto de estudo, a classificação de risco varia de 50 a 500, exigindo a implementação de medidas urgentes (no prazo máximo de uma semana). Para valores superiores a 500, torna-se inviável manter o equipamento em funcionamento (a atividade deve ser interrompida imediatamente). As classificações abaixo de 50 podem ter um prazo de até quatro meses para sua implementação, no entanto, para fins deste estudo, não serão consideradas.

O Quadro 7 foi classificado em ordem crescente (de baixo para cima), indicando a origem do perigo e sua classificação segundo a metodologia HRN. Com base nisso, é possível determinar qual a melhor alternativa para o perigo encontrado.

Observa-se que a falta de segurança em determinados dispositivos resulta em riscos mais significativos que outros. Portanto, o passo seguinte será a realização da categorização de segurança, priorizando os dispositivos que apresentam maior risco para segurança do operador.

Quadro 7 – Avaliação de risco método HRN. (continua)

Nº	Situação perigosa	Perigo	CL	Classificação
1	Instalação Elétrica Inadequada	Risco de choque	2250	Inaceitável
1	Proteção física, nos dispositivos que possuem correia	Não presente na máquina	2250	Inaceitável
2	Falta de EPI	Segurança própria do operador	600	Inaceitável
3	Falta de Painel de controle	Risco de choque	300	Alto
3	Comandos elétricos não visíveis	Acidente pela demora na visualização dos botões de emergência	300	Alto
4	Dispositivos de acionamento inadequados	Chaveta, não é proteção para 110/220v apenas para 24	100	Alto

Quadro 7 – Avaliação de risco método HRN. (conclusão)

5	Ausência de dispositivos de sinalização	Desconhecimento do perigo	32	Baixo
6	Sensor fechamento proteção	Acionamento da máquina enquanto a proteção não estiver fechada	25	Baixo
7	Chave Geral	Não possui restrição quanto ao acesso de pessoas não qualificadas	20	Baixo
8	Arredores da máquina	Risco de esbarrar em outros equipamentos	1,5	Insignificante
9	Ergonomia	Pode causar doenças ocupacionais	0,2	Insignificante
10	Risco adicional	Causa ruído e vibração	0,1	Insignificante

Fonte: Do autor (2023)

Com a classificação apresentada no Quadro 7, foi possível implementar as medidas corretivas necessárias para fornecer as condições necessárias de trabalho ao funcionário que utiliza o maquinário. Com o intuito de determinar ações corretivas, os perigos foram agrupados em cada região da máquina, com suas fontes devidamente identificadas, visando a eliminação e redução dos perigos. Os requisitos de segurança correspondentes são representados no Quadro 8.

Para saber se os perigos foram reduzidos ou extintos, uma nova análise será realizada no capítulo 6 utilizando-se o método HRN, permitindo, assim, a comparação adequada.

Quadro 8 – Requisitos de segurança (continua)

Região do Afiador	Requisitos
Motores	Impedir o funcionamento da máquina com a proteção aberta
	Possuir uma proteção móvel adequada
	Possuir uma proteção fixa adequada
Componentes de comando	Obrigatório conter um quadro de comando
	Impedir o funcionamento da máquina por pessoas não capacitadas
	Ligações adequadas

Quadro 8 – Requisitos de segurança (conclusão)

Máquina no geral	Impedir, em situações perigosas, o funcionamento
	Quando em manutenção, deve permanecer desligada
	Presença de sinalização dos riscos
	Impedir a propagação de chamas
	Boa ligação entre os componentes elétricos

Fonte: Do autor (2023)

5.1.5 Categoria de Segurança

Conforme analisado no método HRN, o próximo passo consiste em determinar a categoria de segurança para os sistemas elétricos que comporão o protótipo. Para que a determinação dessa categoria seja feita de uma maneira precisa, será utilizada a NBR 14153. A Figura 17 ilustra a categoria de segurança aplicada aos níveis de (50 – 500) e (500+).

Figura 17 – Categoria de segurança para máquinas (50 – 500) e (500+)

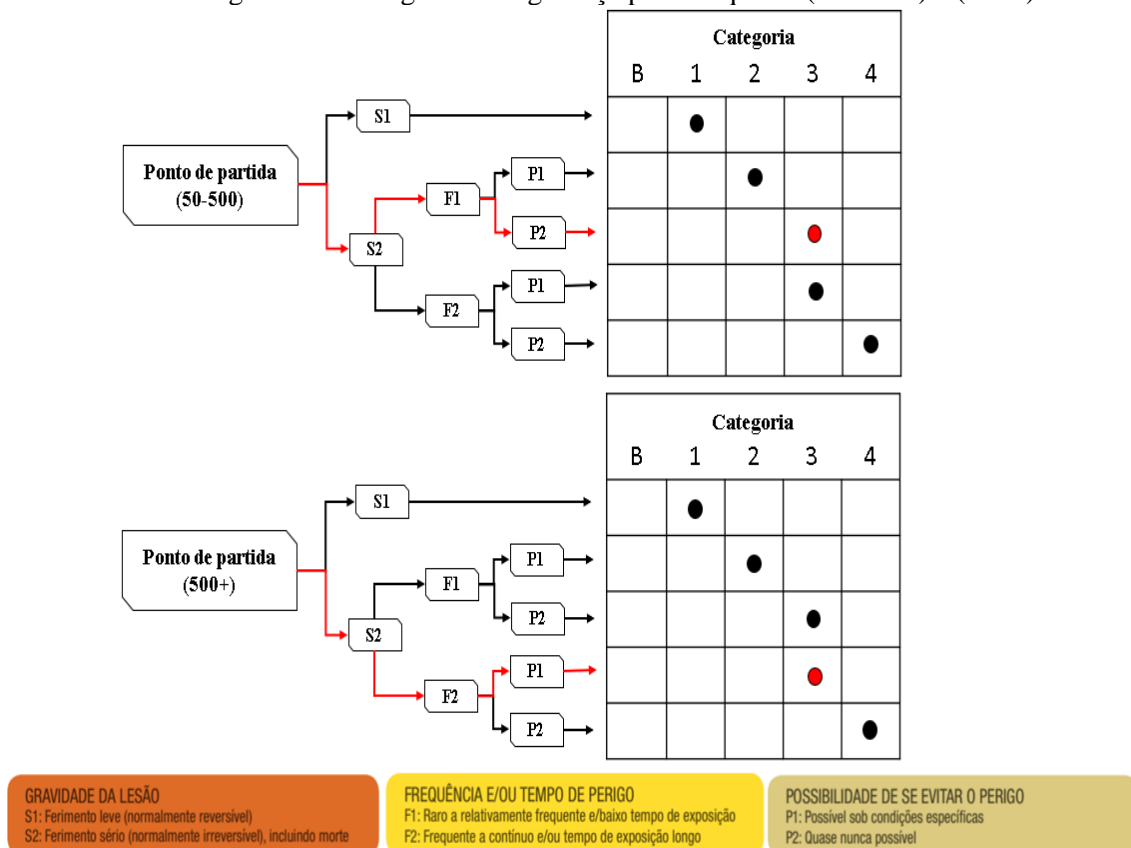


Figura: Do autor (2023)

Com base nos estudos propostos pelo método HRN e na classificação estabelecida pela NBR 14153 de 2013, foram determinados os requisitos para cada categoria, bem como seu ponto de partida visando a consecução da adequação final.

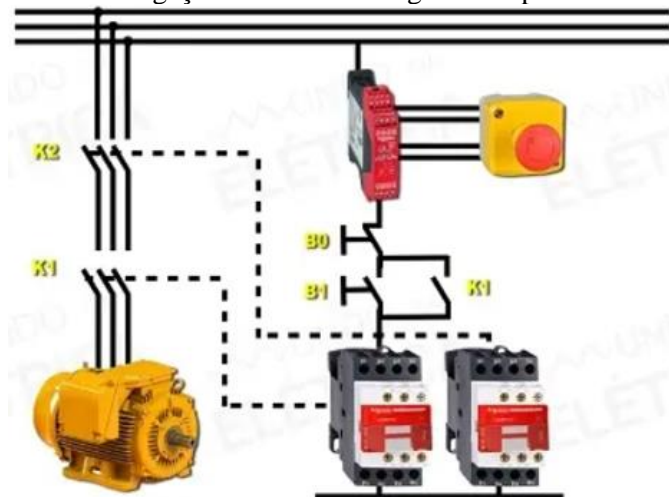
Em relação aos requisitos relacionados ao ponto de partida 50 - 500, haverá uma sequência de passos e classificações, conforme apresentado a seguir:

- a) Severidade (S2) – ferimento grave (normalmente irreversível), incluindo morte;
- b) Frequência de exposição ao perigo (F1) – rara a relativamente frequente;
- c) Possibilidade de prevenção (P2) – quase nunca;
- d) Categoria (3) – essa categoria elenca os requisitos de B mas o adicional da 3ª categoria. (ABNT, 2013b).

Com relação aos requisitos envolvendo o ponto de partida 500+, a mesma categoria de segurança 3 é aplicada, mantendo-se a mesma severidade, mas apresentando mudança em relação à frequência de exposição ao perigo (F2), que passa a ser frequente ou contínua, considerando também seu tempo de exposição ao perigo.

A Figura 18 ilustra a utilização de um sistema de segurança que inclui um relé de segurança, um dispositivo manual de acionamento de segurança e dois contatores, como uma possível ligação elétrica que atende a categoria 3 de segurança.

Figura 18 – Possível ligação elétrica de energia e componentes da categoria 3



Fonte: Mundo da elétrica (2022)

No caso da Figura acima, o dispositivo de acionamento está ligado ao relé de segurança, enquanto os contatores não estão, pois não requerem um monitoramento. Por fim, os contatores

são ligados ao motor. Se um contator apresentar falha em seu funcionamento, o outro serve como dispositivo de segurança. Entretanto, é necessário identificar e reparar esse sistema antes religar botão novamente, para evitar a acumulação de defeitos. Caso o contator com defeito não seja substituído, a máquina fica funcionando até que ocorra uma falha no outro contator.

Na aplicação dessas categorias de segurança, quanto maior o grau mais seguro se torna o equipamento. Em compensação, essa melhoria vem acompanhada de um acréscimo nos custos, o que pode inviabilizar financeiramente se o mesmo protótipo se enquadrasse na categoria 4.

5.2 Concepção

Após a observação dos perigos encontrados o estudo prosseguirá utilizando a matriz morfológica de Pugh apresentada no Quadro 10.

Na matriz, será realizada a comparação de três soluções com uma referência, o que possibilitaria elencar a melhor linha de seleção de componentes do projeto, tendo em vista os critérios mencionados no quadro. Toda a análise detalhada para esses critérios e concepções, estarão dispostas no Apêndice 1.

Quadro 9 – Critérios e concepções para os componentes do projeto

Critérios	Peso	Solução			
		1	2	3	4 (Referencia)
Nível de Segurança	4	(-1)	0	(+1)	0
Viabilidade economica	3	(+1)	(-1)	(+1)	0
Cumprimento dos requisitos da norma	4	0	(-1)	(+1)	0
Possibilidade de ocupar matérias primas da empresa.	2	0	(-1)	(-1)	0
Facilidade de se obter	1	0	0	(+1)	0
Facilidade na manutenção	3	(-1)	0	(+1)	0
Confiabilidade do equipam	3	0	0	0	0
		(+1)	(+1)	(-1)	0
		(+1)	0	0	0
		(+1)	0	0	0
		0	(-1)	(+1)	0
Peso total		20	16	27	0

Fonte: Do autor (2023)

Com base nos resultados apresentados no Quadro 9, a concepção 3 foi considerada a melhor escolha. Portanto, essa concepção será utilizada para as adequações necessárias e para a análise.

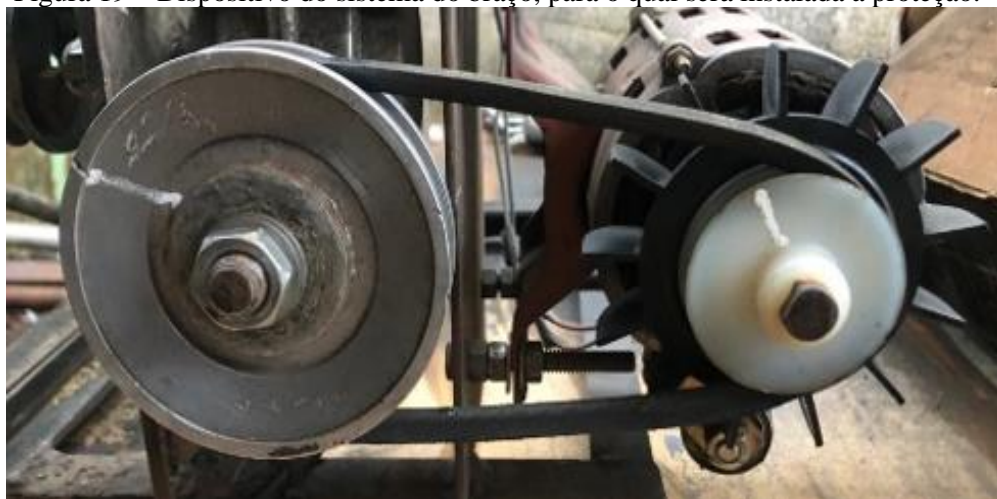
5.3 Projeto Preliminar

Neste capítulo, se analisará os dois dispositivos de proteção, cada qual com sua respectiva aplicação no projeto. Foram selecionados dispositivos físicos de proteção, bem como dispositivos de segurança baseados em sensores para a função de intertravamento.

5.3.1 Proteção mecânica

Os dispositivos de proteção mecânica, além dos dispositivos elétricos, obtiveram nota máxima em relação à sua adequação no método de classificação de risco (HRN). Sendo assim, são essenciais. No caso da máquina proposta, a parte das correias que movimenta o braço (Figura 19). será protegida por uma proteção fixa elaborada através do *software* CAD Autodesk Inventor®.

Figura 19 – Dispositivo do sistema do braço, para o qual será instalada a proteção.

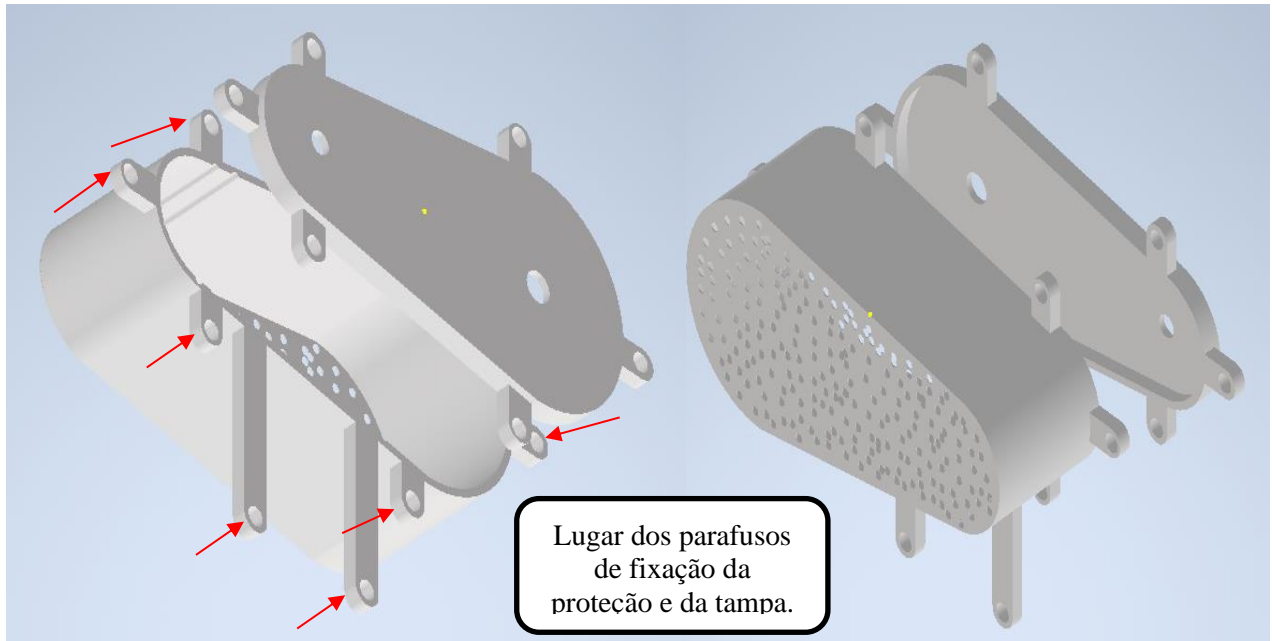


Fonte: Do autor (2023).

O tipo de proteção para esse conjunto de correia e polias é mostrado na Figura 20 e. Ambos seguem as especificações de segurança estabelecidas na NR-12, que, em seu capítulo

12.5.1, recomenda a utilização desse tipo de proteção para evitar o contato do operador com a correia.

Figura 20 – Proteção fixa para o sistema de movimentação do braço



Fonte: Do autor (2023)

Para elencarmos a proteção do afiador, considerando que ele tem uma pedra de esmeril cuja vida útil é menor que a das correias, optaremos por uma proteção móvel para facilitar a manutenção. A Figura 21 apresenta o conjunto que vai receber a proteção. A imagem seguinte mostra a proteção já montada.

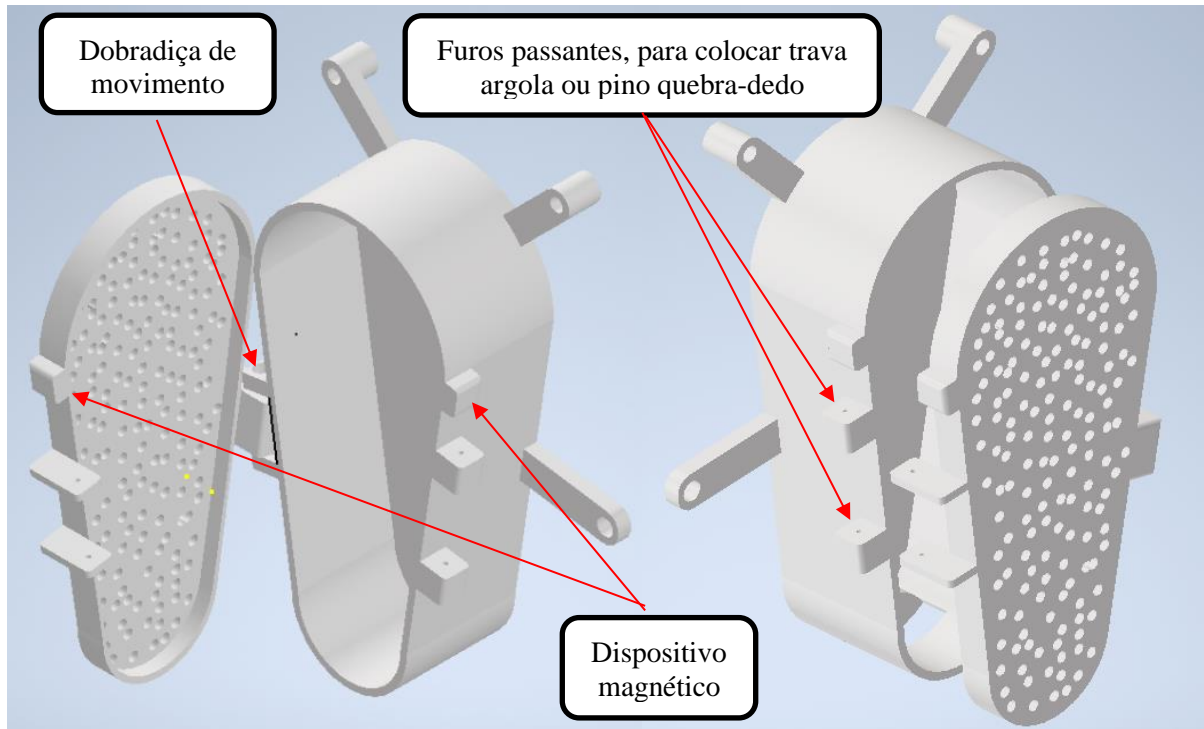
Figura 21 – Conjunto da afiação por esmeril que receberá uma proteção móvel.



Fonte: Do autor (2023)

Após as mudanças baseadas na NR-12, a proteção será instalada e construída conforme ilustrado na Figura 22. Trata-se de uma proteção móvel para facilitar a substituição do esmeril.

Figura 22 – Proteção móvel do motor do dispositivo de afiação



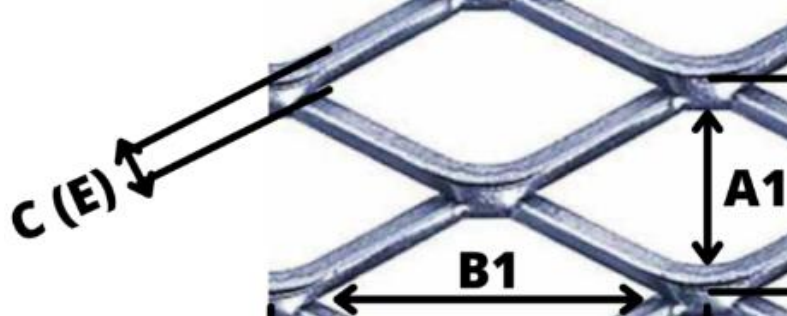
Fonte: Do autor (2023)

A proteção móvel construída através do *software*, é composta por: dobradiças a qual permite o movimento da tampa, suportes com furos passantes para fixação de argola ou pino quebra-dedo, além da proteção contar com lugar para instalação de dispositivo magnético, para não deixar a máquina funcionar, sem que a tampa esteja fechada. Na parte de baixo da proteção, tem uma abertura responsável pelo disco de esmeril passar, e fazer o processo de afiação

Considerando as proteções propostas, surge a necessidade de realizar o cálculo de espessura da chapa. Esse cálculo é importante pois ele determina a espessura ideal da chapa que será submetida a um impacto em um possível acidente, desempenhando a função de proteger o operador. Portanto, o subcapítulo 5.3.2 demonstrará os passos e as escolhas relacionadas a esse aspecto.

A chapa expandida (grade) definida para a adequação é a com altura (A1) e comprimento (B1) de 9 x 20 mm, com espessura (CE) de 1,5 mm. A Figura 23 ilustra as dimensões da grade.

Figura 23 – Caracterização da altura (A1), largura (B1) e espessura (E) da chapa expandida



Fonte: Do autor (2023)

5.3.2 Cálculo da espessura da chapa de proteção

Para realizar o dimensionamento adequado de uma proteção capaz de suportar a força de projeção dessa peça, será utilizado o cálculo de espessura do compartimento para essa proteção (Genta, 1985).

Antes do cálculo propriamente dito, no contexto do sistema de transmissão de energia que envolve uma correia e duas polias, será considerado o pior e mais destrutivo cenário possível. Nesse caso, será abordada a ocorrência da quebra por ruptura da polia de maior tamanho do mecanismo, resultando em sua divisão em duas partes.

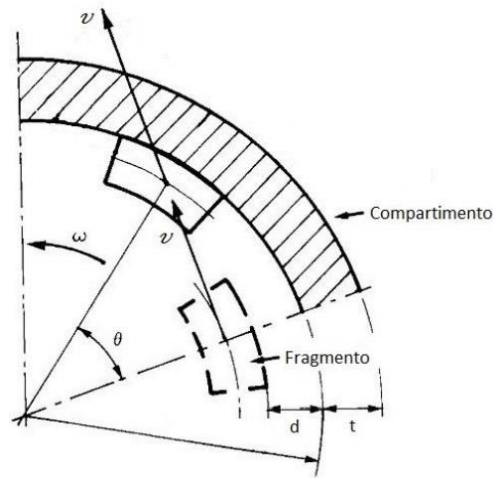
Uma das maneiras de realizar o dimensionamento da espessura, é utilizando a fórmula empírica de cálculo para espessura de proteção de volante de inércia, adaptada para o cálculo de polia, a qual leva em consideração a massa da peça que sofrerá a ruptura, a inércia em função da velocidade, a geometria do fragmento e as propriedades do material da proteção, a saber (GENTA, 1985):

$$t = v \sin \theta \sqrt{\frac{mf}{2xlxT}} \quad (2)$$

em que t é a espessura do compartimento (m), v é a velocidade tangencial (m/s), θ é o ângulo de varredura do fragmento ($^{\circ}$), mf é a massa do fragmento (kg), l é a linha de impacto, com a unidade (m) e T é o módulo dinâmico de cisalhamento do material em (MPa).

A trajetória que o fragmento de disco pode realizar está ilustrada na Figura 24.

Figura 24 – Trajetória do fragmento em relação à velocidade.



Fonte: Genta (1985)

Para o ângulo de varredura (θ), consideram-se os seguintes parâmetros, levando-se, também, em consideração a velocidade constante (HIBBELER, 2011):

$$\theta = \theta_0 + \omega \Delta t \quad (3)$$

a simbologia θ_0 é a posição angular inicial ($^\circ$), ω é a velocidade angular (rad/s) e Δt é o intervalo de tempo desde a ruptura até a colisão (s).

A posição angular inicial, nesse caso, será considerada como (0), a velocidade angular deve ser convertida em (rad/s), uma vez que a rotação é de 3500 RPM:

$$\omega = 3500 \text{rpm} \times \frac{2 \times \pi}{60} = 366,51 \text{ rad/s} \quad (4)$$

Para encontrar o intervalo de tempo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\Delta t = \frac{d}{v} \quad (5)$$

em que d representa a distância entre a polia e a parede (nesse caso, 0,02 m) e v é a velocidade tangencial na ruptura, considerando o exemplo da polia de 0,12 m feita de ferro fundido cinzento com limite à tração de 392,26 MPa.

$$v = r \times \omega = 0,06 \times 366,51 = 22 \text{ m/s} \quad (6)$$

Assim, obtém-se o valor de θ como igual a:

$$\theta = \theta_0 + \omega \Delta t = 90^\circ + ((366,51 \times 9,909 \times 10^{-4}) = 0,33 \text{ rad} = 19^\circ) = 110^\circ \quad (7)$$

O material da chapa lateral é um aço SAE 1020. Sua resistência à tração é de 410 MPa e seu limite de escoamento é de 300 MPa (CALLISTER JUNIOR, 2002). Para o Módulo de cisalhamento dinâmico (T), será utilizado o valor experimental de 2000 MPa, esse valor, foi obtido de um experimento balístico onde a chapa submetida era de baixo carbono. (DEFENCE SCIENCE JOURNAL, 2008).

Já o cálculo da massa de fragmento (mf), considera-se que o pior caso é o disco rompido em duas metades. Nesse caso, massa total (mt) de 0,5 kg será dividida em duas partes iguais:

$$mf = \frac{mt}{2} = 0,250 \text{ kg} \quad (8)$$

Levando em consideração a última incógnita, sendo a linha de impacto (l), na fórmula estudada esse dado seria obtido para o rotor, considerando-se o perímetro composto pela altura do rotor e seu raio externo. No entanto, como o objeto de estudo é uma polia, vai ser considerado apenas a aba da polia onde segura a correia. Sendo assim, foi estipulado que as abas juntas, formam uma linha de 0,004 mm.

Com todos os dados em mãos, foi possível realizar o cálculo da espessura mínima que a proteção deve ter para evitar o cisalhamento, caso a polia seja quebrada e dividida em duas partes. O valor obtido é de 0,0025 mm ou 2,5 mm, conforme o cálculo abaixo:

$$t = 22 \times \text{sen}(110^\circ) \times \sqrt{\frac{0,25}{2 \times 0,004 \times (2000 \times 10^6)}} = 0,0025 \text{ m ou } 2,5 \text{ mm} \quad (9)$$

Baseado nos resultados mencionados anteriormente, será utilizada uma chapa de espessura 2,65 mm (bitola 12).

5.3.3 Proteção do circuito de comando

O circuito de comando elétrico da máquina será monitorado por uma interface de segurança que impedirá que falhas resultem na perda da função de segurança. O sistema será composto por:

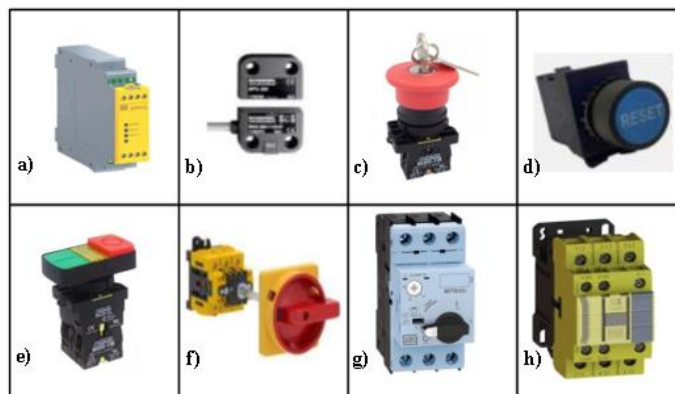
- a) relé de segurança ligado de forma a atender a categoria 3 de segurança. O relé possui 3 contatos de segurança para o acionamento dos contatores;
- b) sensor magnético de segurança com duplo canal, monitorado pelo relé de segurança e instalado nas tampas de acesso a máquina. Ao abrir as tampas, a máquina interromperá o funcionamento dos motores. Esse tipo de sensor é ideal para ambientes sujeitos a impacto, vibração e condições agressivas. Além disso, possui uma boa proteção contra umidade;
- c) botão de emergência com dois contatos paralelos para o monitoramento por meio do relé de segurança. Os referidos contatos contam com chave para serem acionados apenas por pessoas qualificadas;
- d) o sistema de segurança contará com botão de *reset*, com contato NA (normalmente aberto), ligados em série com os contatos NF (normalmente fechados) dos contatores para o circuito de *feedback* do relé de segurança. O relé de segurança não irá resetar caso algum contator permaneça acionado/ligado;
- e) os botões de acionamento de liga e desliga da máquina serão instalados na tampa frontal do quadro elétrico. O sistema de comando operará em 24Vcc (tensão em corrente contínua);
- f) uma chave comutadora rotativa deverá ser instalada no circuito de alimentação do quadro de partidas dos motores. Trata-se de um item obrigatório para o seccionamento de circuitos que estão sob carga e para a realização do bloqueio de energia conforme a NR10 e a NR12. Após a chave seccionadora, deverá haver um disjuntor geral de proteção contra sobrecarga e curto-circuito;
- g) a proteção contra sobrecarga e curto-circuito será realizada por meio de disjuntores motores. Esses disjuntores serão conectados ao sistema elétrico com uma tensão de 220Vca fase-neutro adequados para a corrente dos circuitos. Os condutores do circuito de força devem possuir uma isolação de 750V 70°C e uma bitola de 2,5 mm²;

- h) o acionamento dos motores será realizado por meio de contatores, com seu circuito de força em 220Vca. O circuito de comando para o acionamento dos contatores será realizado em tensão extra baixa de 24Vcc (tensão em corrente contínua). Os contatores serão ligados em série para atender à categoria de segurança de nível 3, conforme a NBR 14153. Os contatores possuem contatos mecanicamente conectados (IEC/EN 60947-5-1) e contatos espelho (IEC/EN 60947-4-1), garantindo um funcionamento adequado dos circuitos de segurança das máquinas.

Na Figura 25 será apresentada a imagem de cada um dos componentes mencionados anteriormente. Vale ressaltar que os componentes serão fixados no interior de um painel de comando e o aterramento dos motores deve garantir a continuidade elétrica até a malha de aterramento da edificação.

Além dos sistemas de segurança, é indispensável a utilização dos equipamentos de proteção individual pelo operador. Essa prática é obrigatória em qualquer ambiente de periculosidade, estando prevista em lei que a empresa disponibilize tais equipamentos e cabendo aos trabalhadores a responsabilidade de utilizá-los.

Figura 25 – Componentes do sistema elétrico: a) relé de segurança, b) sensor magnético, c) botão de emergência, d) botão de reset, e) botão de liga e desliga, f) chave comutadora rotativa, g) disjuntor motor e, por final, o contator h).



Fonte: Do autor (2023)

Além dos sistemas de segurança, é indispensável a utilização dos equipamentos de proteção individual pelo operador. Essa prática é obrigatória em qualquer ambiente de periculosidade, estando prevista em lei que a empresa disponibilize tais equipamentos e cabendo aos trabalhadores a responsabilidade de utilizá-los.

5.3.4 EPI

A utilização dos equipamentos de proteção individual por parte do operador mostrou-se extremamente importante para o ambiente de uma serraria. Portanto, é fundamental que, durante o processo de afiação, o operador esteja consciente da necessidade de usar os dispositivos de proteção individual.

Para o contexto de uma serraria, são descritos a seguir os equipamentos que se revelam indispensáveis, juntamente com uma representação das estatísticas de acidentes ocorridos pela falta de uso de EPIs na Figura 26 (MILL INDÚSTRIAS, 2017):

- a) Máscara: previne a inalação de poeira e partículas de serragem pelas vias nasais;
- b) Luvas: em serrarias, além de protegerem a mão do trabalhador, devem ser resistentes a cortes;
- c) Óculos transparentes: protegem os olhos contra partículas de sujeira presentes no ar;
- d) Protetores auriculares: utilizados para reduzir dos ruídos causados pelo maquinário;
- e) Botas: devem ser confeccionadas com materiais resistentes a quedas de objetos, impermeáveis, e, preferencialmente, de cano alto;
- f) Capacete: protege contra possíveis arremessos de objetos ainda presos na madeira;
- g) Avental: deve ser produzido com bons materiais e deve ser resistente a cortes e solventes orgânicos.

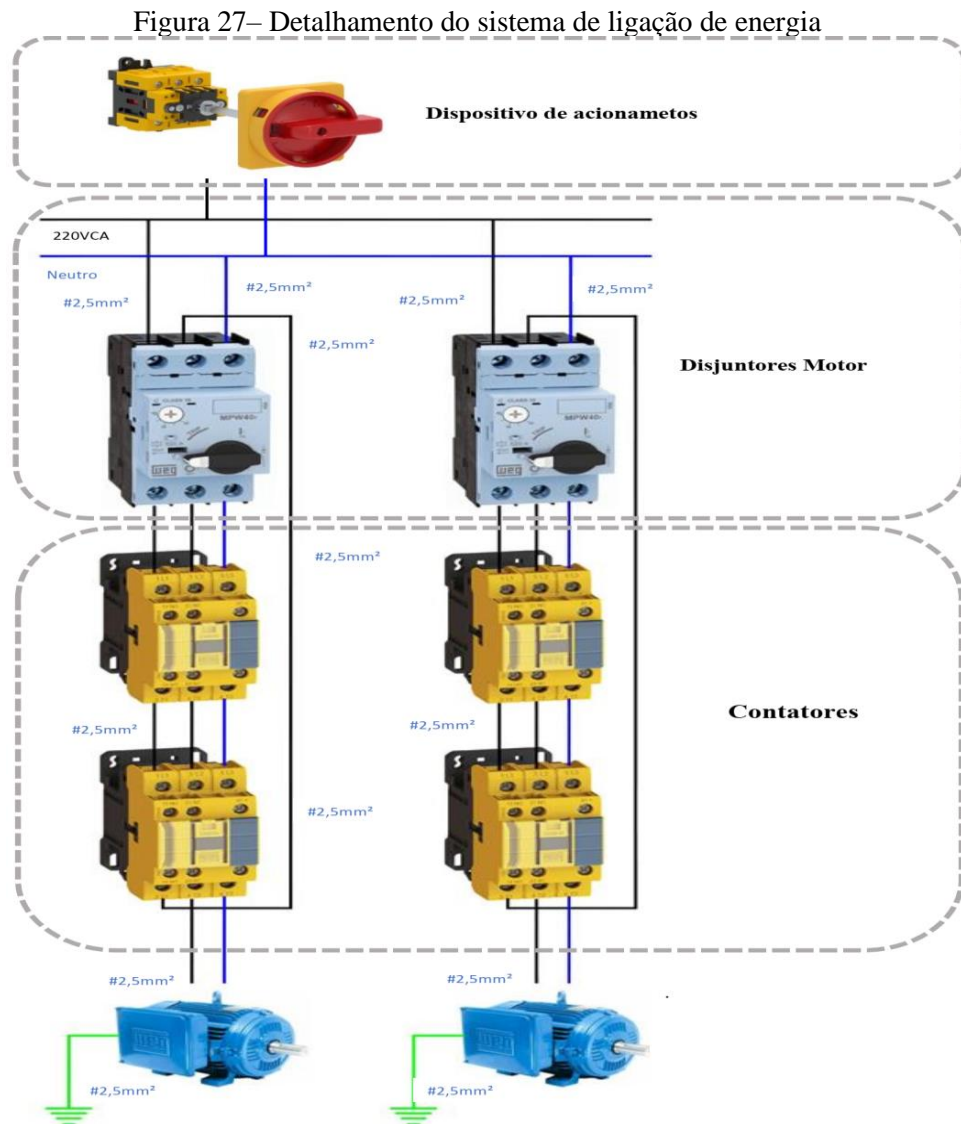


Fonte: Adaptado de Brasil (2022)

Todos os itens de segurança são extremamente importantes para o trabalhador, levando-se em consideração o ambiente de extração e preparo de madeira, devido aos riscos mencionados anteriormente.

5.4 Projeto detalhado

O presente subcapítulo apresenta as principais características da adequação da máquina à NR-12. O diagrama da ligação elétrica da alimentação encontra-se na Figura 27. Nesse mesmo diagrama não está especificada a ligação do relé de segurança, botões de emergência, botões de liga e desliga e reset.



Fonte: Do autor (2023)

O Quadro 10 mostra o resumo das especificações elétricas e apresenta a informação de preço praticado de cada item. Os preços serão utilizados para uma comparação de custo da adequação da máquina.





Quadro 10 – Quadro de valor dos componentes elétricos

Legenda				
Componentes Elétricos	Ilustração	Marca/Fabricante	Modelo / Especificação	Valor
Disjunto motor		weg	Disjuntor Motor Weg MPW de 4A a 6,3A Tripolar MPW40t	R\$366 x 2=R\$ 732,00
Contatora		weg	Contator Weg Cwbs25 24v 50/60hz Segurança 2 Contatos 25a	R\$400 x 4 = R\$1600
Relé de segurança		weg	Relé de Segurança Parada Emergência CPA-D 24VCC/VCA	R\$440,70
Botão de emergencia		Metaltex	Botão Cogumelo C Chave Para Emergência Com Trava - P20acr-1b	R\$35,00
Btão liga e desliga		Metaltex	Botão Duplo 1na+1nf Iluminado 24v - P20idl-y7-1c - Metaltex	R\$33,80 x 2 = R\$67,60
chave comutadora de segurança		weg	Chave Comutadora Rotativa Weg MSW63 B 3 H	R\$374,00
Sensor magnético		schmeasal	Kit Sensor Magnético Bns 260-02z-r + Atuador Bps 260-1	R\$439,79
Botão de Reset		weg	Botão Reset Azul Faceado Weg 1na 22mm Csw-bf437 Pulsador	R\$72,90
Fio de neutro		Cabo Flexsil	Fio azul 4mm	R\$3,00 x 5 metro = R\$ 15,00
Fio de fase		Cabo Flexsil	Fio preto 4mm	R\$3,00 x 5 metro = R\$ 15,00
Quadro de comando		strazmaq	Quadro pra componentes elétricos	R\$130,00
Valor total do investimento (sem mão de obra)				R\$= 3922,00

Fonte: Do autor (2023)

No que diz respeito aos componentes e estruturas metálicas propostos para adequação da máquina, eles estão listados no Quadro 11. Os preços praticados de cada item estão indicados no quadro. Importante destacar que esse quadro não contempla os custos relativos à mão de obra e à soldagem para fixação.

Quadro 11 – Quadro do valor dos componentes e das estruturas mecânicas

Legenda			
Componentes Mecânicos	Ilustração	Modelo / Especificação	Valor
Parafuso + porca + Roela		Kit Parafuso Sex M8x40 rosca grossa + Porca + Arruela	R\$2,00 (kit) x 12 =R\$24,00
Chapa expandida		Chapa malha 9x20 - Aço SAE - Altura 7,5mm, largura 15,00 mm, espessura 1,35mm, cordão 1,5 mm - peso 3,27kg m/2	R\$ 25,00(preço por kg) x 3,27 = R\$80,75
Chapa de aço		Chapa de aço 1020 - Fina a frio - largura padrão de 1000 mm e comprimento de 1000 mm- espessura 2,65mm(Bitola 12 MSG) -22 kg	R\$ 25,00(preço por kg) x 2,4 = R\$60,00
Ferro para suporte interno da proteção		Cantoneira c/abas iguais transversalr "L" (ângulo réto)- espessura de 2,18mm e largura de 22,23mm- Em polegada 7/8x1/8- Chapas de 6m- peso	R\$ 25,00(preço por kg) x 22 = R\$550
Valor total do investimento (sem mão de obra)			RS 714,75

Fonte: Do autor (2023)

O Quadro 12 mostra um detalhamento dos equipamentos individuais recomendados para a proteção do operador.

Quadro 12 – Quadro de valor dos EPIs

Legenda			
Componentes de proteção Individual (EPI)	Ilustração	Descrição	Valor
Capacete		Capacete Aba Frontal Amarelo Classe A/B Delta Plus	RS12,00
Ocúlos		Óculos de Segurança Incolor Spectra 2000 Carbografite	RS 11,50
Abafador de ruído		Abafador de Ruído Combat Delta Plus	RS11,00
Bota cano alto		Bota Impermeável PVC Com Forro Nº43 Cano Médio Preto Marluvas	RS80,00
Mascara		Máscara Descartável PFF2(S) com Válvula para Proteção Respiratória Delta Plus	RS 2,00
Luva		Luva Anti-corte Poliéster Com Fios De Aço - Albatroz	RS 26,00
Valor total do investimento			R\$ = 142,50

Fonte: Do autor (2023)

O preço total aproximado para a devida adequação da máquina de afiação é de R\$ 4.780,00, soma dos valores totais apresentados nos quadros. Conforme já indicado na revisão bibliográfica o preço de um equipamento de mesmo porte vendido na indústria é de R\$ 10.000,00 considerando que está adequado em partes a norma, comparando com o valor de adequação de R\$ 4.780,00 este representa quase 50% do preço final do produto.

Conforme a menção da norma NR-12 após as primeiras adequações é necessária uma nova classificação de risco. Essa análise foi realizada pelo método de classificação de risco HRN e será mostrada no próximo capítulo.

5.4.1 Análise pelo método HRN

Após realizadas as adequações que o método de classificação de risco elencou como primordiais para prevenir acidentes, é preciso realizar a apreciação de risco, aplicando o método de classificação tanto antes quanto após as modificações do equipamento. Nesse sentido, será apresentado o Quadro 13, que contém as estimativas de riscos, tendo em vista o cumprimento dos requisitos estabelecidos pela NR-12.

Dado que foram direcionados esforços exclusivamente nos componentes elétricos e na proteção mecânica, a estimativa de risco abordará esses dois fatores principais, deixando os demais para uma análise posterior.

Quadro 13 – Avaliação de risco anterior à adequação para os principais riscos

Nº	Situação perigosa	Perigo	SE	FR	PR	NP	CL	Classificação
1	Instalação Elétrica Inadequada	Risco de choque	15	5	15	2	2250	Inaceitável
2	Proteção física nos dispositivos que possuem correia	A máquina não apresenta	15	5	15	2	2250	Inaceitável
3	Falta de EPI	Segurança própria do operador	4	5	15	2	600	Inaceitável
4	Falta de Painel de controle	Risco de choque	15	5	2	2	300	Alto
5	Comandos elétricos não visíveis	Acidente pela demora na visualização dos botões de emergência	15	5	2	2	300	Alto

Fonte: Do autor (2023)

Após as adequações sugeridas no capítulo 5.3, a classificação será conduzida com base nos resultados apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 – Avaliação de risco após as adequações para os principais riscos

Nº	Situação perigosa	Perigo	SE	FR	PR	NP	CL	Classificação
1	Proteção física nos dispositivos que possuem correia	Não presente na máquina	0,5	5	2	2	10	Baixo, porém significativo
2	Falta de EPI	Segurança própria do operador	0,5	5	1	2	5	Insignificante
3	Instalação Elétrica Inadequada	Risco de choque	0,1	5	1	2	1	Insignificante
4	Falta de Painel de controle	Risco de choque	0,1	5	0,03	2	0,03	Insignificante
5	Comandos elétricos não visíveis	Acidente pela demora na visualização dos botões de emergência	0,1	5	0,03	2	0,03	Insignificante

Fonte: Do autor (2023)

Com base nesses resultados, o limite de espaço para máquina sugeridos pela norma foram atendidos perante aos itens 12.2 e 12.2.2.

A elétrica sugerida pela norma do item 12.4.9 da NR-12 do capítulo 5 obteve resultado satisfatório com a implementação dos dispositivos de acionamento e parada de emergência solucionando também os itens 12.6.1 e 12.6.2 aos quais o protótipo não estava atendendo, com o acréscimo da utilização de um painel de controle exigido no item 12.3.4.

A parte de proteção física exigida no o item 12.5.4 da NR-12 foi atendida com o seu devido projeto. Por final e não menos importante se utilizou de EPIs estabelecidos no item 12.1.8 contribuindo de grande forma para a segurança do operador.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a partir das análises e classificação de risco realizadas, as adequações propostas para a máquina atendem a NR-12.

Observou-se no trabalho, que o custo de adequação de uma máquina à NR-12 apresenta altos valores em comparação ao custo da própria máquina. Em contrapartida é muito importante que as máquinas apresentem segurança para sua utilização, essa segurança é garantida pela adequação à norma.

Adequação de máquinas à NR-12 pode ter um custo elevado, mas é uma exigência legal, que garante a vida e a integridade física do trabalhador.

Todos os itens do subcapítulo 5.1.2 a qual elencaram os perigos do protótipo conforme a NR-12, após as adequações sugeridas na norma, não apresentaram riscos à saúde do trabalhador o que mostrou que as propostas de adequação para os principais riscos no subcapítulo 5.3 foram necessárias e eficazes.

Também é muito importante que haja fiscalização nos setores indústrias e nas industrias, a falta de fiscalização pode ser a causa do aumento acidentes e fatalidades causadas nas empresas, durante a revisão bibliográfica desse trabalho em relação ao número de acidentes que aconteceram no longo dos anos aqui no Brasil.

7 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, se torna interessante levar em consideração as seguintes propostas:

- Levar em consideração na adequação do projeto do maquinário, as outras adequações que a NR-12 propõem, como a parte de sinalização, riscos adicionais, dentre outros, a qual não foi aprofundado no estudo;
- Refazer a apreciação e classificação dos riscos, para todas as partes do protótipo a quando for adequado as outras partes de segurança;
- Utilizar de *software* de elementos finitos, para que seja possível fazer uma análise mais aprofundada, sobre o dimensionamento da chapa e que se torne possível os devidos testes, de cisalhamento e deformação da proteção das polias.

Por fim, se torna de grande importância fazer uma análise sobre a resistência ao cisalhamento de forma dinâmica experimental para aços SAE 1020, já que os dados sobre o mesmo são de grande dificuldade de obtenção, e essenciais para fórmula de espessura demonstrada.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos – ABIMAQ (Brasil). **Manual de Instruções da Norma Regulamentadora NR-12:** normas que sustentam a nr-12. São Paulo: Abimaq, 2015. 302 p. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/TiagoDalan/manual-deinstrucoesdanr12>. Acesso em: 25 maio 2023.

AFIADOR automático de serraria portátil.mcaserrarias.com.br/empresa, 2023. Disponível em: <https://mcaserrarias.com.br/empresa>. Acesso em: 04/05/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO/TR 14121-2:** Segurança de máquinas - Apreciação de Riscos Parte 2: Guia prático e exemplos de métodos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14513:** Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, 2013.

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

BRASIL. Associação Brasileira de Medicina do Trabalho. **Mortalidade no trabalho cresce em 2022 e acidentes notificados ao SUS batem recorde.** 2022. Disponível em: <https://www.abmt.org.br/noticias/mortalidade-no-trabalho-cresce-em-2022-e-acidentes-notificados-ao-sus-batem-recorde/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Métodos de Avaliação de Risco e ferramentas de Estimativa de Risco utilizados na Europa considerando Normativas Europeias e o caso brasileiro.** Brasília, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr18.htm>. Acesso em: 10 Março 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Normas Regulamentadoras - NR.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>. Acesso em: 3 abr. 2023.

BRASIL. Justiça do Trabalho. Tribunal superior do Trabalho. **O que é acidente de Trabalho.** Disponível em: <https://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/resolucao>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho. Ministério Público do Trabalho e Organização Internacional do Trabalho. **Notificações de Acidentes de Trabalho.** 2022. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=frequenciaAcidentes>. Acesso em: 03 mar. 2023.

BRASIL. Procuradoria -Geral do Trabalho. Ministério Público do Trabalho. **Brasil é quarto lugar no ranking mundial de acidentes de trabalho**: como parte do abril verde, que tem foco na prevenção, mpt deu início, na última quinta, 5 de abril, a uma série de ações articuladas em todo o país. Curitiba: Brasil, 2018.

BLEWETT, George John. **The Christian View of the word**. Whitefish: Kessinger Publishing, Llc, 2010. 368 p.

BREGALDA, Mayara Balboena; PAULINO, Veridiana C.; SILVA, Wesley Batista da (ed.). **APLICAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS: estudo de caso**. Curitiba: Utfpr, 2015. 55 p.

CALLISTER JUNIOR, William D.. **Ciência e Engenharia de Materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro (Rj): Ltc, 2002. 589 p.

CAMARA, Fabiano Marques. **Saúde e segurança do trabalho**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2016. 224 p.

CARDELLA, B. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes** - Uma abordagem holística. São Paulo: Editora ATLAS S.A, 1999.

CHIBINSKI, Murilo. Introdução a segurança do trabalho. Curitiba: e-Tec Brasil, 2011.

CORRÊA, Martinho Ullmann. **SISTEMATIZAÇÃO E APLICAÇÕES DA NR-12 NA SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**. Ijuí: Unijuí, 2011. 111 p. (1). Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br/>. Acesso em: 4 abr. 2023.

Confederação Nacional das Indústrias - CNI. **IN nº 1 prorroga o prazo de vigência do Procedimento Especial para ação fiscal da NR 12 (IN 129)**. 2019. Disponível em: <https://conexaotrabalho.portaldaindustria.com.br/media/publication/files/RT,2019>. Acesso em: 11 abr. 2023.

Defence Science Journal, Vol. 58, No. 2, March 2008, pp. 275-284, 2008, DESIDOC

DEXHEIMER, G.M.; DELWING, E. B. Estudo analisa riscos em prensa mecânica excêntrica antes e depois da adequação à NR 12. Revista Proteção, Novo Hamburgo, n. 267, p. 76-81, mar. 2014.

Federação das Indústrias do Estado do Amazonas - FIEAM (Amazonas). **FIEAM promove Seminário sobre a nova NR 12**. Manaus: Fieam, 2011. Disponível em: <http://www.fieam.org.br/fieam/2011/05/17/fieam-promove-seminario-sobre-a-nova-nr-12/>. Acesso em: 18 abr. 2023.

GENTA, Giancarlo. **Kinetic energy storage**. First ed. Cambridge: Butterworth & Co., 1985. v. 1

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HIBBELER, Russell C. **Dinâmica: Mecânica para Engenharia**. 12a ed. São Paulo: Pearson, 2011.

Instituto Floresta Tropical. Procedimentos simplificados em segurança e saúde do trabalho no manejo florestal / Marlei M. Nogueira; Marco W. Lentini; Iran P. Pires; Paulo G. Bittencourt; Johan C. Zweede. – Belém, PA: Fundação Floresta Tropical, 2010.

Instituto Natureza Amazônica – INAM. RECURSOS HUMANOS NAS ATIVIDADES DE MANEJO FLORESTAL. BELÉM: INAM, 2003.06p. 21cm. (SÉRIE INAM seu manejo)

MENDES, René. **Máquinas e Acidentes de Trabalho**. Brasília: Mte, 2001. 86 p.

MILL INÚSTRIAS (Brasil). **EPI na indústria madeireira: Você oferece a seus funcionários?** 2017. Disponível em: <https://www.mill.com.br/epi-na-industria-madeireira-voce-oferece-a-seus-funcionarios/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

PAHL, GERHARD., BEITZ, WOLFGANG., FELDHUSEM, JÖRG. E GROTE, KARLH. Projeto na Engenharia. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

OSTROVSKI. T. L. F. **Análise de riscos em uma fábrica de artefatos de cimento**. Monografia. 2014. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Curitiba-PR, 2014. 60f

REPÓRTER SINDICAL (Brasil). **RECUO DO GOVERNO NA APLICAÇÃO DA NR-12 AMEAÇA SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHADOR**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://agenciasindical.com.br/>. Acesso em: 11 abr. 2023

ROZENFELD, Henrique *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006. 548 p

SANTINI, Alessandro. **Estudo do processo e dos parâmetros de corte no cerramento da madeira por serra de fita**. São Carlos: Usp, 2000. 124 p. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-14092016121506/publico/Dissert_Santini_Alessandro.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023.

SILVEIRA, M. W. NR 12 entra no quinto ano. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, p.66 – 74, Março de 2015

WEG (Santa Catarina). **Sensor de segurança magnético**. Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

Apêndice 1- Matriz de Pugh

Região do Afiaador	Requisitos	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução de Referência
Motores	Impedir o funcionamento da máquina com a proteção aberta	Sensor capacitivo	Sensor indutivo	Sensor magnético	Sensor magnético
	Tenha uma proteção móvel adequada	Proteção removível	Corrediça	Abertura de proteção por dobradiça	Proteção que abre com facilidade
	Tenha uma proteção fixa adequada	Proteção fixa por rebite	Proteção soldada	Proteção parafusada	Proteção isolada
Componentes de comando	Quadro de comando	Componentes presos em quadro de ferro	Quadro de plástico com tampa	Quadro de madeira	Quadro isolado
	Impedir o funcionamento por qualquer pessoa	Tranca de ferro com chave	cadeado	Chave no botão de ligar	cadeado
	Ligações adequadas	Fios de 1mm	Fios de 2mm	Fios de 2,5mm	Fios de 2 mm
Máquina no geral	Impedir em situações perigosas, o funcionamento	Botão de emergência	Relé de segurança	Painel de iluminação de perigo	Botão emergência
	Quando em manutenção deve permanecer desligada	Sensor que não permite o funcionamento	Desligamento dos sistemas através dos botões	Tira-lo da tomada	Dispositivo que impeça acionamento
	Presença de sinalização dos riscos	Placas	aviso	Chamados de vós	Placas de aviso
	Impedir a propagação de chamas	Fios com cobertura isolante	extintor	Sensor de fumaça	Fiação a prova de chamas
	Boa ligação entre os componentes elétricos	Solda estanhada	Amarração de fios	Fixação de estanho com plástico de segurança	Estanhado