

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**HAYLA MEDEIROS MENEZES**

**NR-12 – ESTUDO PARA ADEQUAÇÃO DE UM MOINHO DE  
BOLAS**

**Varginha**  
**2021**

**HAYLA MEDEIROS MENEZES**

**NR-12 – ESTUDO PARA ADEQUAÇÃO DE UM MOINHO DE  
BOLAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação Prof. Esp. Sidnei Pereira e coorientação do Prof. Esp. Rafael José Nogueira Rosa.

**Varginha**

**2021**

**HAYLA MEDEIROS MENEZES**

**NR-12 – ESTUDO PARA ADEQUAÇÃO DE UM MOINHO DE  
BOLAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof. Esp. Sidnei Pereira

---

Prof.

---

Prof.

OBS:

Dedico este trabalho ao meu avô João (*in memoriam*), com muita saudade e amor.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força e iluminar minha mente nos momentos difíceis ao longo da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Ivânia e Marco, que sempre estiveram ao meu lado e sempre foram meus maiores incentivadores. A vocês toda a minha gratidão e amor.

A minha irmã, Alice, que me deu forças todos os dias, obrigadas pelo carinho e pelos “laches” que trazia pra mim, enquanto eu estudava.

A minha avó, Aulair, por todo carinho, preocupação e apoio durante esses cinco anos de graduação.

Aos meus orientadores, Sidnei e Rafael, que auxiliaram no decorrer deste presente trabalho e acreditaram em mim, às vezes mais do que eu mesmo acreditava. A vocês toda a minha admiração.

A professora Luciene, pelo apoio nas apresentações e pelas frases motivacionais.

Por fim, quero agradecer a todos os meus amigos com quem divido minhas alegrias e tristezas, especialmente a minha amiga Aline, pelos conselhos, força, paciência e apoio.

A minha Nátalia, minha melhor amiga. Obrigada por não me deixar sozinha, por ser minha companheira e trazer tanta luz na minha vida. Estaremos sempre juntas!

Ao meu presente do oitavo período, Marcos, por não me deixar desistir e acreditar na minha capacidade. Você é “top”!

*"Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio que eu moverei o mundo."*

(Arquimedes)

## **RESUMO**

Este trabalho analisa a adequação de moinho à norma regulamentadora 12. Tal abordagem se faz necessária para reduzir os acidentes de trabalho derivados de equipamentos e máquinas. O objetivo deste estudo é aumentar o nível de conhecimento sobre as características e funcionamentos da NR-12. Este propósito será conseguido através da revisão bibliográfica em normas regulamentadoras, artigos e livros também mediante à estudo de caso, desenvolvido através das avaliações de riscos envolvidos na operação das máquinas, em uma empresa de porte pequeno na cidade de São Thomé das Letras - MG. Através dos dados obtidos foi realizada a análise dos riscos oferecidos pelo britador e pelo moinho, feito isso, foi proposto algumas mudanças nas proteções, para a segurança das máquinas. O estudo demonstrou ser viável pelo fato de minimizar os riscos abordados durante a análise dos equipamentos, garantindo assim maior segurança na utilização.

**Palavras-chave:** Normas Regulamentadoras. Acidentes. Segurança no Trabalho.

## **ABSTRACT**

This work analyzes the adequacy of mills to the norms standard 12. Such an approach is necessary to promote the reduction of work accidents caused by machines and equipment. The aim of this study is to increase the level of knowledge about the characteristics and functioning of NR-12. This purpose will be achieved through the bibliographic review of regulatory standards, articles, books and data obtained through the internet and also through a case study, carried out through the assessment of risks involved in the activity of operating two machines, in a small business in the city of São Thomé das Letras – MG. With the data obtained, an analysis of the imminent risks offered by the jaw crusher and the ball mill was made, thus a series of changes in the protections was proposed, for the normalization of both machines. The study proved to be quite feasible, minimizing the risks listed during the analysis of the equipment, ensuring greater safety and reliability.

**Keywords:** Regulatory Norms. Accidents. Safety at Work.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Moinho de Mandíbula.....	22
<b>Figura 2:</b> Desenho técnico moinho de mandíbula .....	23
<b>Figura 3:</b> Moinho de Bolas .....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Variáveis e Indicadores .....	26
<b>Tabela 2:</b> Dimensões do britador.....	27
<b>Tabela 3:</b> Formulário de pesquisa.....	27
<b>Tabela 4:</b> <i>Checklist</i> de condições de maquinário .....	28
<b>Tabela 5:</b> Alterações para segurança do britador .....	30
<b>Tabela 6:</b> Alterações para segurança do moinho .....	31

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAMT	Associação Nacional de Medicina do Trabalho
APR	Análise Preliminar de Risco
CLT	Consolidação das Leis de Trabalho
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
NBR	Norma Brasileira
NR	Normas Regulamentadoras

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivo geral.....	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Justificativa .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1 Segurança no Trabalho.....	17
2.2 Norma Regulamentadora.....	17
2.3 Norma Regulamentadora NR-12.....	17
2.3.1 De competência dos trabalhadores.....	19
2.3.2 Sinalização .....	19
2.3.3 Procedimentos de Trabalho e Segurança .....	20
2.3.4 Projetos .....	20
2.4 Análise Preliminar de Risco .....	21
2.5 Folha de Verificação .....	21
2.6 Britadores de Mandíbula.....	22
2.7 Moinho de Bolas .....	24
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
3.1 Tipo de Pesquisa.....	25
3.2 Métodos e Materiais .....	25
3.3 Variáveis e Indicadores .....	26
3.4 Coletas de Dados .....	26
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
4.1 Caracterizações da Empresa .....	26

4.2 Caracterizações do Britador .....	27
4.2.1 Coleta de Dados do Britador.....	27
4.2.2 Melhoria para o Britador de Mandíbulas .....	29
4.3 Moinhos de Bolas .....	30
4.3.1 Coleta de Dados do Moinho .....	31
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Toda operação ou processo realizado dentro de uma empresa, requer que o funcionário opere um equipamento ou máquina, ou faça a utilização de uma escada, passarela ou plataforma, criando assim riscos para a segurança. Conforme a ANAMT (Associação Nacional de Medicina do Trabalho) a cada 3h um trabalhador perde a vida decorrente de um acidente de trabalho e a cada 48 segundos acontece um acidente no local de trabalho. O Brasil está na quarta posição mundial de números de mortes por acidente de trabalho. (ANAMT, 2018).

As Normas Regulamentadoras (NR's) são prescrições que estabelecem procedimentos que são obrigatórios para a proteção da saúde e segurança dos profissionais, as normas são elaboradas por comissões específicas que são formadas por trabalhadores, representantes governamentais e empregadores. O seu objetivo é estabelecer diretrizes que irão reger o trabalho dos operários da melhor forma, garantindo assim, a integridade dos mesmos e criando ambientes mais seguros. Existem cerca de 36 normas regulamentadoras que contribuem para a segurança do trabalho e elas são importantes tanto para colaboradores da empresa como também para o empregador, com a finalidade de protegê-los.

Baseando-se nas estatísticas de acidentes, se vê a importância das normas nacionais e internacionais que dizem respeito à segurança e à saúde do trabalhador. A Norma Regulamentadora 12 (NR-12) apresenta especificações e requisitos para prevenção de acidentes durante a jornada de trabalho.

Este trabalho aborda a implantação da NR-12 (Norma Regulamentadora - Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos), que é a norma que define critérios técnicos para estabelecer requisitos de proteção que assegurem a integridade e saúde e dos trabalhadores, evitando assim acidentes no trabalho, tanto na fase inicial de projetos como no uso de qualquer tipo de equipamentos ou máquinas, desde a fabricação até a sua comercialização.

A NR-12 tem como objetivo principal assegurar critérios para a proteção de pessoas em áreas operacionais e habituar técnicas relativas aos dispositivos de desligamento e acionamento, a norma exige como prioridade a adequação de medidas de proteção coletiva e individual. Os princípios da NR-12 são contemplar medidas que vão garantir segurança nos ambientes industriais salubres, medidas essas, que irão prevenir acidentes e doenças laborais, protegendo os operadores de riscos como intoxicação, queimaduras e até mesmo esmagamentos.

A implantação da NR-12 sobre o processo de moer pedras em uma empresa do ramo da mineração é relevante para assegurar a integridade de todos os trabalhadores, pois existem vários riscos no processo. Alguns dos perigos mais frequentes no processo são o contato direto com os objetos que estão em movimentos como polias, engrenagens, ventiladores, eixos e lugares de acesso como escada e passarelas.

Adequação de um moinho à NR-12, visa definir e organizar questões relativas à segurança do trabalho, incluindo instalação, operação e manutenção de máquinas, preservando a integridade da saúde dos profissionais.

Levantados todos os argumentos citados acima e sendo como a única opção aplicar a normalização, se pergunta:

**Quais acidentes de trabalho que um moinho pode causar, caso não esteja adequado a NR-12?**

As máquinas de grande dimensão oferecem um grande risco na segurança do seu operador, uma vez que eles trabalham com força elevada, podendo ocasionar acidentes que até mesmo impossibilitam que o funcionário volte ao serviço.

Alguns desses riscos estão relacionados também à falta de treinamento dos operadores, ocasionando acidentes como perder peças de roupa em máquinas de engrenagem circulares, perder membros, prender-se em correntes, polias ou correias e tomar choques ao fazer contato com fios desencapados.

Com a busca cada vez mais acirrada por segurança, proteção e melhoria no processo, recomenda-se que todas as empresas tenham os requisitos mínimos de segurança, com a finalidade de que todas as ações e iniciativas dentro delas sejam preventivas para a integridade dos funcionários.

A mineração é uma das áreas que colocam os funcionários em riscos iminentes em relação à execução de todas as partes do seu processo, desde a extração da pedra até o seu destino, que no caso, é o moinho, esse problema com a segurança dos funcionários é o que justifica a elaboração deste trabalho.

A NR-12 declara que a empresa é responsável por manter a integridade e saúde do operador e é obrigada a tomar medidas de proteção para que as máquinas e aparelhos possam ser utilizados com segurança.

Para efeitos do estudo, serão analisadas as máquinas da empresa que apresentam riscos para os operadores e são utilizadas no processamento de minerais, direcionando a investigação para o setor da segurança do trabalho.

Portanto, a proposta visa verificar se a implementação dos requisitos da NR 12 em máquinas elimina ou reduz os riscos expostos.

### **1.1 Objetivo geral**

Realizar estudo de adequação de um moinho à NR-12 de forma a minimizar os riscos aos quais os operadores estão expostos devido ao uso das máquinas.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Consolidação do entendimento sobre a NR-12 e a sua importância para a proteção à saúde do trabalho;
- Aumentar o nível de conhecimento sobre as características e funcionamentos da NR-12;
- Propor ações quanto a aplicação correta dos componentes de segurança em máquinas e equipamentos.

### **1.3 Justificativa**

Segundo os dados obtidos através da consulta no Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (INSS, 2021), o Brasil teve aproximadamente 623,8 mil notificações de acidente de trabalho para a população com vínculo empregatício regular no ano de 2018 e, aproximadamente, 2 mil acidentes com óbito. De 2000 a 2018 foram constatados 181 mil pessoas aposentadas por invalidez acidentários sendo 7.503 trabalhadores apenas no ano de 2018 (INSS, 2021).

Diante de tantos questionamentos de acidentes, afastamentos, danos financeiros e danos físicos, animou-se o propósito de esboçar e implementar ações de proteções em máquinas e equipamentos para promover a redução ou até mesmo eliminar os acidentes de trabalho. Procurando a abordagem de correntes doutrinárias que sustentam e alimentam as adversas controvérsias entre empregado e empregador, além de reduzir os prejuízos financeiros e manter assegurada a integridade do trabalhador.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Segurança no Trabalho**

O Ministério da Economia – Secretaria de Trabalho é a instituição responsável por fazer a fiscalização do trabalho e elaboração de medidas corretivas baseada em normas, promovendo ações de segurança do ambiente de trabalho, também é responsável por promover a atualização e regulamentação das NR's de segurança do trabalho, tal como a verificação do cumprimento dos quesitos normativos.

De acordo com Mendes (2001), os acidentes no ambiente de trabalho são os maiores focos da Secretaria de Trabalho, que buscam eliminar, prevenir ou minimizar esses acontecimentos. A análise da área onde se realiza o processamento do minério, limitou-se a aplicação da NR-12.

Corrêa (2011), diz que o problema de máquinas perigosas e antigas está enlaçado em sua existência e utilização, conferindo o não conhecimento das normas técnicas e normas regulamentadoras pelos fabricantes e, pela falta de exigência dos usuários quanto ao quesito de segurança.

### **2.2 Norma Regulamentadora**

Segundo o Ministério da Economia – Secretaria de Trabalho as normas regulamentadoras (NRs) são de cunho obrigatório em todas as instituições, sejam privadas ou públicas. Elas instruem as companhias de quaisquer tipos de operações administradas pelo CLT (Consolidação das Leis de Trabalho). Caso não haja o cumprimento dessas normas, o empregador será autuado, notificado ou interditado de acordo com a legislação.

As instituições têm o dever de manter atualizadas perante as alterações que ocorrem nas NRs, tal como nas CLT, visto que, a não adequação das normas regulamentadoras possui impacto direto na saúde e segurança dos trabalhadores.

De acordo com Dragone (2011), todas as alterações de uma norma regulamentadora devem ser aprovadas primeiro pela Portaria Ministerial.

### **2.3 Norma Regulamentadora NR-12**

A Norma Regulamentadora (NR-12) foi criada em 08 de junho de 1978 pelo Ministério do Trabalho, hoje conhecido como Ministério da Economia – Secretária de Trabalho, com o propósito de gerar segurança para os trabalhadores na hora de manusear sem risco as máquinas e equipamentos.

Ao longo dos anos as Normas Regulamentadoras passaram por revisões, a NR-12 recebeu cerca de 18 atualizações desde a sua publicação. Sua última lançada no dia 30 de julho de 2019, é considerada a versão mais importante e com um impacto maior do texto normativo, uma vez que a antiga versão da norma impossibilitava o atendimento aos requisitos, contribuindo com que as máquinas fabricadas em antes de 2010 fossem ilegais.

Em 1978, quando a primeira publicação da NR-12 foi liberada, ela apresentava um texto pequeno e simples, com pouca precisão em relação aos requisitos de segurança em máquinas e equipamentos. Segundo o Ministério da Economia – Secretaria de Trabalho, a primeira norma a sofrer uma grande alteração foi a NR-10, no ano de 2004 e, desde então, começou a ser estudadas melhorias para o desenvolvimento da NR-12, que se estendeu até o ano de 2009.

A NR-12 foi reformulada depois de inúmeros aspectos técnicos consistentes no aprofundamento de segurança. Antes das atualizações a norma possuía em torno de 40 requisitos distribuídos em apenas 3 páginas, depois passou a ter cerca de 18 tópicos e 12 anexos, com mais 300 requisitos que se distribuíram em aproximadamente 85 páginas. A Norma Regulamentadora exige informações detalhadas sobre o ciclo de vida e de uso de cada máquina e equipamento.

Desta forma, a intuição tem como obrigação assegurar e garantir a saúde e a integridade física do trabalhador, sendo assim, a NR-12 estabelece diretrizes que tornam o empregador responsável por adotar medidas de segurança.

Segundo Moraes (2014) cerca de  $\frac{1}{4}$  dos acidentes que foram registrados, em território nacional foi causado por falta de proteções em máquinas e equipamentos, se todos esses itens fossem revisados com determinada frequência, não só reduziria os afastamentos como também teria uma redução no custo das empresas com as adequações obrigatórias.

De acordo com o item 12.4 da NR-12, as medidas de proteção a serem adotadas são consideradas nesta ordem de prioridade:

- a) Medidas de proteção coletiva;
- b) Medidas administrativas e organização do trabalho;

c) Medidas de proteção individual.

Segundo o item 12.41 da NR-12 (BRASIL, 2019, p. 06).

Para fins de aplicação desta Norma, considera-se proteção o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:

- a) Proteção fixa, que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas; (Alterada pela Portaria MTE n.º 1.893, de 09 de dezembro de 2013);
- b) Proteção móvel, que pode ser aberta sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento.

### 2.3.1 De competência dos trabalhadores

No tópico anterior foi ressaltada a obrigatoriedade do empregador na hora de adotar medidas protetivas em equipamentos e máquinas, seguindo as diretrizes da norma, porém, no item 12.1.10 da NR-12 (BRASIL, 2019, p. 04), é ressaltado as obrigações do trabalhador, é de competência deles:

- a) cumprir todas as orientações relativas aos procedimentos seguros de operação, alimentação, abastecimento, limpeza, manutenção, inspeção, transporte, desativação, desmonte e descarte das máquinas e equipamentos;
- b) não realizar qualquer tipo de alteração nas proteções mecânicas ou dispositivos de segurança de máquinas e equipamentos, de maneira que possa colocar em risco a sua saúde e integridade física ou de terceiros;
- c) comunicar seu superior imediato se uma proteção ou dispositivo de segurança foi removido, danificado ou se perdeu sua função;
- d) participar dos treinamentos fornecidos pelo empregador para atender às exigências/requisitos descritos nesta NR;
- e) colaborar com o empregador na implementação das disposições contidas nesta NR.

### 2.3.2 Sinalização

A Norma Regulamentadora 12 é bem objetiva quando se trata de sinalização, de acordo com o item 12.2.1 da norma, é enfatizado que os equipamentos e máquinas, assim como as instalações onde os mesmos se localizam devam conter sinalizações de segurança para informar os funcionários e terceiros sobre os tipos de riscos que estão sendo expostos,

assim como devem conter instruções de manutenção e operação, dentre outras informações para assegurar a saúde e integridade.

### **2.3.3 Procedimentos de Trabalho e Segurança**

Conforme o item 12.14.1 da NR-12, é obrigatória a criação de procedimentos de segurança e trabalho para equipamentos e máquinas padronizados e específicos, feito através das avaliações de riscos. Os procedimentos de segurança não devem ser as únicas medidas de proteção adotadas na prevenção de acidentes, podendo ser consideradas como complementos e não substituições das medidas de proteção coletivas essenciais para assegurar a segurança dos trabalhadores.

No item 12.14.3, ressalta que os serviços que incluem os riscos de acidentes de trabalho em equipamentos e máquinas, com a exceção das operações, devem ser realizados e planejados de acordo com os procedimentos de trabalho e segurança, sob supervisão de um profissional habilitado, contanto que estejam autorizados.

### **2.3.4 Projetos**

De acordo com o item 12.15.1 da NR-12 (BRASIL, 2019, p. 26).

O projeto das máquinas e equipamentos fabricados a partir da publicação da Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010, D.O.U. de 24 de dezembro de 2010, deve levar em conta a segurança intrínseca da máquina ou equipamento durante as fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento por meio das referências técnicas, a serem observadas para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

De acordo com o item 12.15.1, fica claro que o projeto de um equipamento ou máquina não pode permitir erros na montagem de determinados elementos e peças, que possam acarretar algum tipo de risco durante a sua utilização, principalmente quanto ao sentido de deslocamento ou rotação.

Conforme a NR-12 (BRASIL, 2019, p. 26) “devem ser previstos meios seguros para as atividades de instalação, remoção, desmontagem ou transporte, incluindo peças de máquinas e equipamentos fabricados ou importados antes da data de vigência desta NR.”

A Norma tem em sua composição, as fases de análise de riscos, projeto, construção, montagem, operação e manutenção das máquinas.

## 2.4 Análise Preliminar de Risco

A Análise Preliminar de Risco (APR) é um documento cujo objetivo é identificar os riscos que cada máquina e equipamento pode oferecer e determinar as causas, medidas preventivas e efeitos a serem adotadas de acordo com cada atividade exercida pelo trabalhador.

Depois de identificar o risco, a APR mostra a análise de modo detalhado, a fim de minimizar os riscos da operação.

O primeiro passo para elaboração do APR é procurar possíveis riscos e detalhá-los, nessa etapa do processo são identificados alguns erros como: condições inadequadas de operação e falta de equipamentos de proteção. Logo após a identificação dos riscos, vem a ordem das medidas que são mais urgentes.

Como aponta Corrêa (2011), a NR-12 trabalha paralela com a norma ABNT 14009:1997 - Segurança de máquinas: princípios para a apreciação de riscos, apresentando o princípio essencial em uma sequência de passos, que demonstram como examinar os riscos associados a máquinas e analisar os riscos, possibilitando assim, a avaliação sobre as medidas de segurança do equipamento.

A avaliação de riscos é realizada em 4 passos:

- a) Análise de riscos e identificação dos perigos expostos por cada máquina e equipamento;
- b) Avaliação quantitativa e qualitativa dos riscos, classificando o nível de segurança em cada máquina;
- c) Análise de redução de riscos, seguindo alternativas para minimizar os perigos existentes;
- d) Avaliação novamente dos riscos expostos após aplicadas as medidas de segurança.

Uma folha de verificação foi usada para listar os riscos, a fim de analisar todas as deficiências de segurança existentes nas máquinas.

## 2.5 Folha de Verificação

Segundo Carpinetti (2012) a folha de verificação serve para coletar dados de forma simples, classificando-o como um formulário em que os elementos a serem preenchidos já

estão inseridos.

De acordo com Lobo (2013) a facilidade, concisão e praticidade são características fundamentais da coleta de dados.

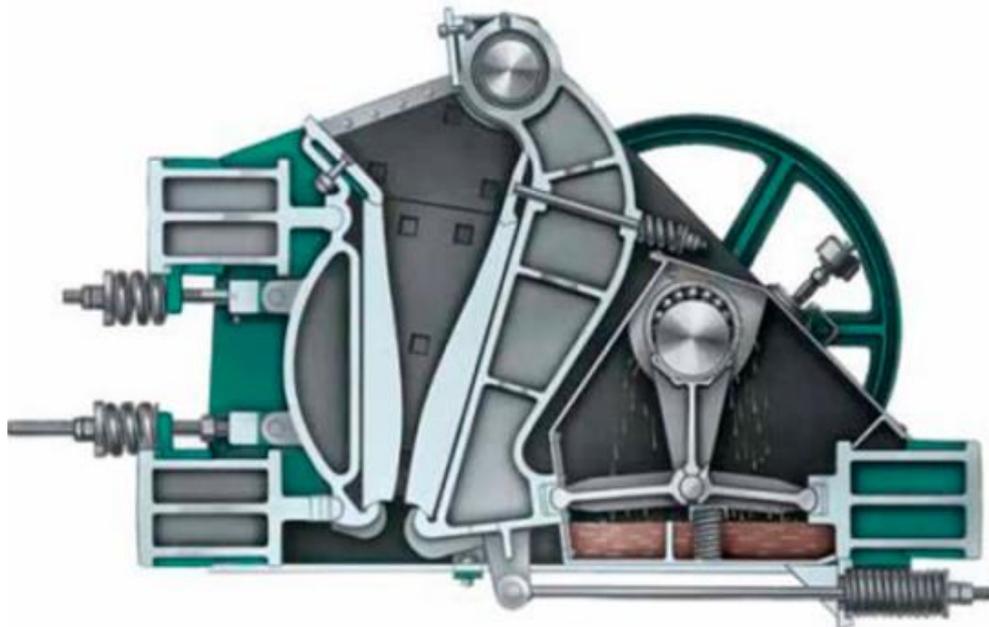
A facilidade que as folhas de verificação oferecem em ser usada por diferentes pessoas, redução de erros, coleta de dados e uniformização do registro são características vantajosas (LOBO 2013).

## 2.6 Britadores de Mandíbula

A redução do tamanho das partículas dos materiais é de responsabilidade do britador de mandíbulas, onde é realizada a primeira fase do processo, operação esta sendo realizada pela força de compressão criada pelo deslocamento repetido da mandíbula móvel contra a fixa.

A figura 1 representa como é um moinho de mandíbula.

Figura 1: Britador de Mandíbula

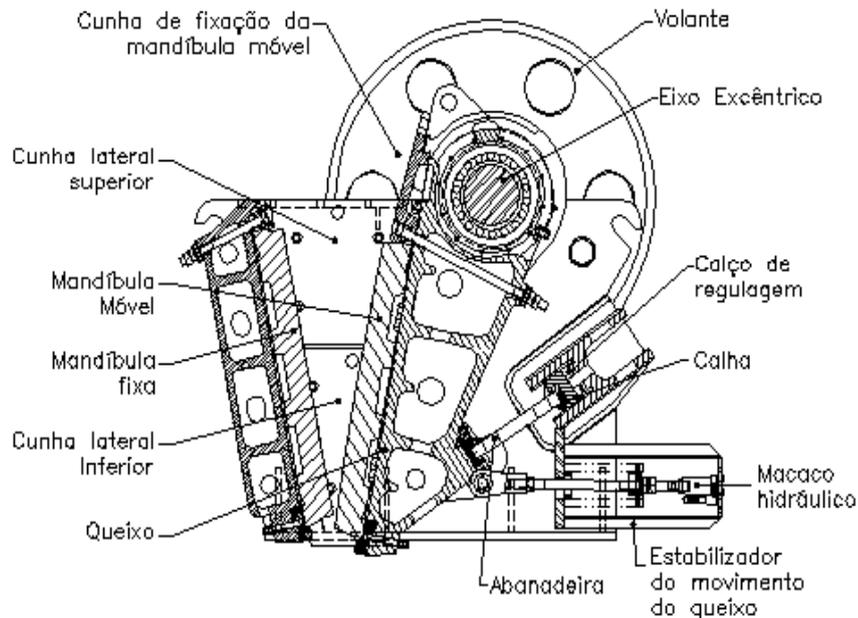


Fonte: Chaves (2012)

Conforme Chavez e Perez o moinho é responsável pela formação de uma quantidade maior de grãos secundários com linhas de quebra bem visíveis, que são laminares e geralmente requerem mais trituração.

A figura 2 mostra o desenho técnico de um britador de mandíbula.

Figura 2: Desenho técnico moinho de mandíbula



Fonte: Chaves (2012)

Conforme Metso (2010), o tamanho de entrada do britador é definido em termos de distribuição de tamanho de partícula ou é baseado em um tamanho máximo. Para garantir a manutenção de qualquer fenômeno decorrente de sobrecarga de potência, recomenda-se a média máxima de cerca de 80% de abertura de potência, essas medidas podem ser tanto em milímetros quanto em polegadas.

Ainda conforme Metso (2010) a abertura de alimentação têm duas dimensões: profundidade e largura, sendo a profundidade que dita o parâmetro de valor máximo da abertura de alimentação que um que um britador pode aceitar.

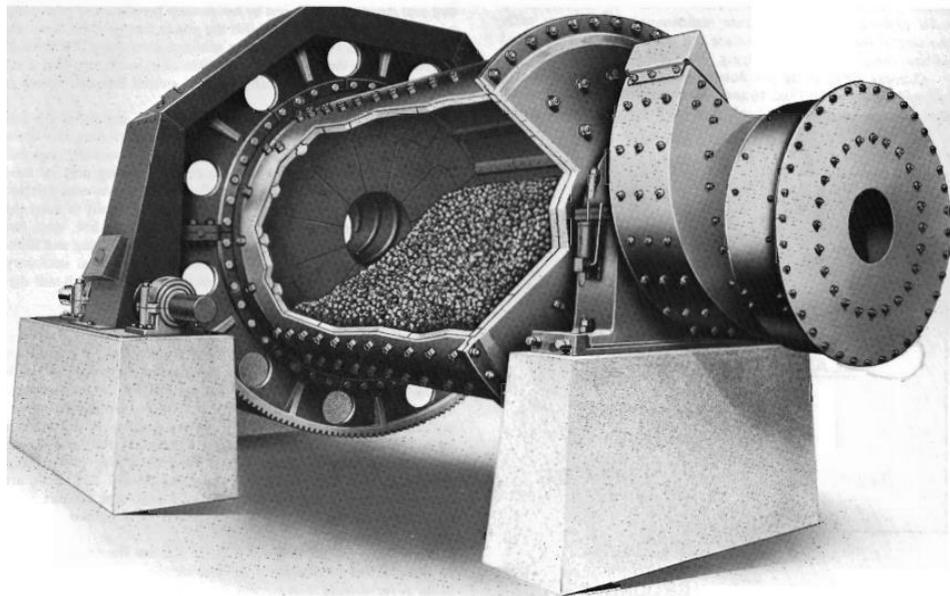
Recomenda-se estar atento também a outros parâmetros como:

- a) Mandíbulas: diferentes perfis de mandíbulas estão disponíveis para diferentes aplicações, esses elementos podem constituir em uma ou duas partes;
- b) Ângulo da britagem: geralmente é definido como ângulo da mordida, é o ângulo entre a mandíbula fixa e móvel;
- c) Ajuste da descarga: a menor distância entre a parte inferior das mandíbulas fixas e móveis.

## 2.7 Moinho de Bolas

Os moinhos de cargas cilíndricas ou de bolas, são moinhos onde a moagem ocorre em um recipiente cilíndrico giratório conforme mostrado na figura 3, com corpos moedores livres para se moverem internamente que podem ser revestidos com borracha ou chapas de aço.

Figura 3: Moinho de Bolas



Fonte: Wills (2006)

A redução das partículas do produto ocorre pela rotação da carcaça, que é transmitida aos corpos moedores. Partículas entre 5 e 250 mm são geralmente usadas na indústria de mineração (WILLS 2006).

Segundo Metso (2018), os moinhos entregam partículas que podem passar em malhas de alguns micrômetros porque são extremamente finas..

O moinho tem uma carcaça que pode suportar choques e peso da carga, é feita de placas de aço laminadas com orifícios na estrutura para segurar o revestimento interno no lugar (WILLS 2006).

## 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia usada no trabalho. Será detalhado o

tipo de pesquisa, materiais e os métodos utilizados, também expondo os indicadores e a descrição de métodos.

### **3.1 Tipo de Pesquisa**

Este estudo é classificado em função da abordagem do problema, classificado como qualitativo. Segundo Gressler (2004, p.43) conclui-se que:

Essa abordagem é utilizada quando se busca descrever a complexidade de determinado problema, não envolvendo manipulação de variáveis e estudos experimentais. Por meio dela, reúnem-se informações sobre os fenômenos investigados com o uso de entrevistas abertas e não direcionadas, depoimentos, histórico de ocorrência dos fatos, estudo de casos.

A pesquisa se torna bibliográfica, uma vez que é desenvolvida com base em normas regulamentadoras, artigos, livros e dados obtidos pela internet.

Ela também se enquadra como um estudo de caso, realizado através da avaliação de riscos envolvidos na operação das máquinas, em uma empresa de porte pequeno.

### **3.2 Métodos e Materiais**

O método usado para desenvolvimento da pesquisa foi o estudo sobre a Norma Regulamentadora 12.

Feito esse estudo, faz-se um levantamento de todas as máquinas que precisam de adequação e é realizada a análise de riscos, de acordo com a NBR 12100, que busca detectar nos equipamentos pontos que vão gerar riscos associados à manutenção, operação e limpeza do equipamento. Conforme a NBR 14153, que define a categoria de risco.

Essa abordagem é utilizada quando se busca descrever a complexidade de determinado problema, não envolvendo manipulação de variáveis e estudos experimentais. Por meio dela, reúnem-se informações sobre os fenômenos investigados com o uso de entrevistas abertas e não direcionadas, depoimentos, histórico de ocorrência dos fatos, estudo de casos.

A seguir, faz-se uma proposta de ajuste que, com base nas informações

desenvolvidas pela análise de risco, define as intervenções necessárias para que o equipamento seja seguro e eficiente. Com base nisso, o parque de máquinas é adaptado e o projeto é validado de acordo com a NR-12.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

Para simplificar o estudo, a tabela 1 mostra as principais variáveis e indicadores presentes no trabalho.

Tabela 1: Variáveis e Indicadores

<b>Variáveis</b>	<b>Indicadores</b>
Normas Regulamentadores	NR-12 – SEGURANÇA DO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
Etapas de Adequação	1 – Análise de Riscos 2 – Enumerações de Peças

Fonte: Autor (2021)

### 3.4 Coletas de Dados

A principal base de dados utilizada foi a norma regulamentadora 12, no qual o estudo se baseia principalmente, foi usado principalmente como um banco de dados. Também foi realizada uma pesquisa bibliográfica que incluiu as normas técnicas, livros, artigos, monografias e periódicos estabelecidos pela ABNT sobre os temas discutidos.

Os conhecimentos adquiridos permitem tirar as melhores conclusões sobre os problemas a tratar. Para dar credibilidade ao estudo, foi utilizado o banco de dados de uma pequena mineradora. Para a coleta de dados, também foram utilizados formulários e uma ficha de *checklist* com informações técnicas das máquinas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterizações da Empresa

A empresa examinada é uma pequena empresa sediada em São Thomé das Letras - MG e que tem como objeto social o desenvolvimento científico, tecnológico e social no setor de mineração.

As principais atividades da empresa são a pesquisa em extração, beneficiamento e tratamento.

Para melhor aproveitamento e alocação de recursos e mão de obra, o projeto de retrofit de máquinas da empresa está sendo supervisionado por dois engenheiros e um técnico de segurança do trabalho que prestam assistência.

## 4.2 Caracterizações do Britador

O dispositivo em análise é um dispositivo mais antigo que está na empresa há cerca de 10 anos e é usado diariamente.

O objetivo do britador é padronizar a granulometria do produto processado, o produto utilizado é o resíduo do quartzito São Thomé. A máquina tem as dimensões mostradas na tabela 2.

Tabela 2: Dimensões do britador

Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
2,0	0,8	3,0

Fonte: Autor (2021)

### 4.2.1 Coleta de Dados do Britador

Um código interno é usado para identificar cada máquina da empresa, que é um dos focos do estudo do britador de mandíbulas.

Para analisar o estado das máquinas, são utilizados dois formulários para auxiliar na verificação do estado dos equipamentos, a tabela 3 mostra o formulário de campo utilizado para o estudo.

Tabela 3: Formulário de pesquisa

<b>ANÁLISE MECÂNICA (NR-12)</b>
---------------------------------

Precisa de adequação à NR-12	<input checked="" type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	
Possui peças móveis?	<input checked="" type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	
Grau de Prioridade:	<input type="checkbox"/> LEVE	<input type="checkbox"/> MODERADO	<input checked="" type="checkbox"/> URGENTE
Apresenta algum risco de não ser executável?	<input checked="" type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	
Especificar se houver: Britador sem proteção da entrada e saída, totalmente aberto.			

Fonte: Autor (2021)

O formulário destina-se a realizar uma análise superficial do dispositivo e retirar informações como: se o dispositivo precisa de ajuste, se possui partes móveis, o nível de prioridade do ajuste e se há risco de não ser viável.

Um *checklist* também serve como auxiliar de forma, com o auxílio do qual o grau de preservação dos dispositivos pode ser medido de acordo com a tabela 4.

Tabela 4: *Checklist* de condições de maquinário

ESTADO DE CONSERVAÇÃO FÍSICA DO EQUIPAMENTO											
<b>Pinturas:</b>											
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Amassados:</b>											
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Trincas nas estruturas e na solda:</b>											
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO MOTOR DO EQUIPAMENTO											
<b>Motor:</b>											
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Estado da base do motor de fixação:</b>											
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Aletas:</b>											
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Tampa de conexões elétricas:</b>											

Ruim	( )	( x )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	Ótimo
<b>Proteção traseira do motor, hélice de refrigeração:</b>											
Ruim	( )	( )	( )	( )	( x )	( )	( )	( )	( )	( )	Ótimo

Fonte: Autor (2021)

Desta forma é possível verificar a escala em 10 níveis que ajudam a determinar o estado do motor, se está mau ou excelente. A tabela 4 apresenta os itens listados, tais como: pintura, amassados, trincas em estruturas e soldas, estado de conservação do motor no equipamento, estado da base de fixação do motor, tampa das conexões elétricas, aletas e proteção traseira do motor .

A empresa onde foi realizado o estudo não autorizou que fosse tirada foto dos maquinários, por tanto, só foram descritas as condições do mesmo.

O britador é acionado por correia que fica totalmente exposto de dentro do equipamento e fornece o que parece ser uma proteção sólida muito degradada ou tentativa de proteção.

A proteção fixa da parte móvel do acionamento por correia acarreta o risco de emaranhamento, esmagamento e fricção dos membros se o acionamento for exposto. As máquinas podem ficar danificadas e amassadas ao sair da britadeira, não possuem o recipiente correto de armazenamento no qual vai o produto triturado, o que pode resultar no lançamento de um projétil ou corte caso a pessoa entre em contato direto com os cantos de pessoas expostas.

A parte da mandíbula do britador, por onde entra o produto a ser processado, fica totalmente exposta sem nenhuma proteção, o que coloca o operador sob risco de esmagar as pontas em caso de contato durante a operação, ou mesmo se alguma partícula do produto ao ser processado colide com o operador em questão durante a britagem.

#### 4.2.2 Melhoria para o Britador de Mandíbulas

Com o objetivo de minimizar ou eliminar os riscos à saúde e integridade do trabalhador, após a detecção e medição dos riscos atuais do equipamento, foi elaborado um relatório que relaciona as melhorias realizadas para proteger o equipamento com base nas regras aplicáveis. seria previsto na NR-12.

A tabela 5 mostra as alterações necessárias para que o britador se torne mais seguro.

Tabela 5: Alterações para segurança do britador

<b>ALTERAÇÕES COM BASE NA NR-12</b>	
<b>Transmissão por correia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar proteção fixa para a transmissão de correia que vede todo o perímetro de trabalho, de modo que não interfira no perfeito funcionamento do equipamento.</li> <li>• Projetar peças de suporte para melhor fixação do equipamento, evitando empenamentos e novos danos à estrutura.</li> <li>• Elementos fixadores que impedem a retirada das proteções sem o auxílio de ferramentas.</li> </ul>
<b>Entrada de Minério a Processar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar nova tampa de proteção de mandíbula, de modo que seja impossibilitado o contato direto de membros enquanto estiver aberta.</li> <li>• Elementos fixadores que impedem a retirada das proteções sem o auxílio de ferramentas.</li> </ul>
<b>Saída de Minério Processado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar gaveta armazenadora de minério processado com guia para não haver projétil e resultar em acidentes.</li> </ul>

Fonte: Autor (2021)

Após a vistoria das modificações necessárias no britador de mandíbulas, as modificações correspondentes, necessárias para a segurança de seus funcionários, foram entregues ao chefe da empresa.

### **4.3 Moinhos de Bolas**

O moinho de bolas é um dispositivo que pode moer pós finos e é usado para moer

vários tipos de minerais e outros materiais.

O moinho estudado atua no processo de moagem do quartzito São Thomé e está na fábrica há mais de 10 anos, pesa cerca de 20 toneladas e um motor de acionamento de 150cv de 6 pólos.

É um moinho rotativo, que faz 20 Rpm e chega a produzir cerca de 1,5 toneladas por hora e tem seu acionamento por meio de um sistema de coroa e pinhão.

Este dispositivo é responsável pela trituração do quartzito. Esses materiais vêm com um tamanho de partícula específico e têm cerca de 0,15 mm ou menos, dependendo do objetivo final do produto.

O principal risco é a aproximação da planta em operação, além de outros equipamentos interligados no processo produtivo.

#### 4.3.1 Coleta de Dados do Moinho

A partir das visitas na empresa, pode ser observado as condições insalubres do equipamento, como a pintura deteriorada, amassados na estrutura e a falta de proteções fixas para as partes móveis, estando essas expostas ao contato direto de membros ou outras partes do corpo, sujeitos a esmagamentos, prisão, enroscamentos ou fricção

A tabela 6 apresenta o relatório de possíveis alterações para o moinho.

Tabela 6: Alterações para segurança do moinho

<b>ALTERAÇÕES COM BASE NA NR-12</b>	
<b>No Cilindro de Moagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar proteção fixa inferior para o cilindro de moagem, de modo que vede todo o perímetro e impedindo o acesso durante o seu funcionamento, essa seria fixada à estrutura.</li> <li>• Projetar proteções fixas para os cilindros laterais de alimentação e saída de minério processado.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do maquinário</li> </ul>

Fonte: Autor (2021)

## 4 CONCLUSÃO

A adequação a NR-12 é de extrema importância para garantir a saúde e a segurança de funcionários e terceiros envolvidos, sem falar que algo previsto em lei e que o não cumprimento da legislação leva a punições que variam desde multas até ao fechamento por prazo indeterminado da planta de operação.

A adequação a NR 12 é de extrema importância para garantir a saúde e a segurança de funcionários e terceiros envolvidos, sem falar que algo previsto em lei e que o não cumprimento da legislação leva a punições que variam desde multas até ao fechamento por prazo indeterminado da planta de operação.

Foi foco de estudo junto a uma empresa de pequeno porte, um britador de mandíbulas e um moinho de bolas que se encontravam inseguros.

O britador de mandíbulas examinado teve maior necessidade de adaptação, pois estava em uso constante e apresentava maiores riscos imediatos ao operador, tais como: esmagamento, emaranhamento, atrito, expulsão de partículas de minério. Melhorias foram então sugeridas ao proprietário da empresa para minimizar os riscos após a análise do equipamento.

Depois de feita a análise de riscos do moinho de bolas, foram elaboradas melhorias para a minimização dos riscos de enroscamento e fricção presentes com as partes móveis do moinho expostas.

Do estudo realizado identificou-se uma série de pontos que podem ser abordados para melhorar a aplicação deste projeto ao nível da adequação das máquinas em estudo, nomeadamente:

- Estudo com adequação de normas regulamentadoras e técnicas que acompanham a NR-12, como por exemplo (NR-10, NR-26, ABNT NBR 12100, ABNT NBR ISO 13852:2003);
- Estudo de implantação de quadro de comando próprio para cada máquina analisada a fim de facilitar o manuseio e a segurança;

O presente trabalho foi uma forma alternativa principalmente de tentar entender a importância de um padrão de segurança em uma grande, média ou pequena empresa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12100: Segurança de Máquinas - Princípios Gerais de Projeto - Avaliação e Redução de Riscos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Segurança de máquinas — Partes de sistemas de comando relacionados à segurança — Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=255483#:~:text=Esta%20Norma%20especifica%20os%20requisitos,de%20suas%20fun%C3%A7%C3%B5es%20de%20seguran%C3%A7a>. Acesso em: 05 de março de 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NBR NM-ISO 13852:2003 - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2003. Disponível em: [http://www.econeteditora.com.br/clt/nrs/nr\\_31\\_anx2.php#:~:text=Fonte%3A%20ABNT%20NBR%20NM%20DISO,de%20perigo%20pelos%20membros%20superiores.&text=de%20perigo%20superiores-,Legenda%3A,altura%20da%20zona%20de%20perigo.&text=\(dois%20mil%20e%20quinhentos%20mil%C3%ADmetros,para%20que%20n%C3%A3o%20necessite%20prote%C3%A7%C3%B5es](http://www.econeteditora.com.br/clt/nrs/nr_31_anx2.php#:~:text=Fonte%3A%20ABNT%20NBR%20NM%20DISO,de%20perigo%20pelos%20membros%20superiores.&text=de%20perigo%20superiores-,Legenda%3A,altura%20da%20zona%20de%20perigo.&text=(dois%20mil%20e%20quinhentos%20mil%C3%ADmetros,para%20que%20n%C3%A3o%20necessite%20prote%C3%A7%C3%B5es). Acesso em: 01 de março de 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 - Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12.pdf/view>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2021.

CARPINETTI, L. C. R. Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CHAVES, Arthur Pinto; PERES, Antônio Eduardo Clark. Britagem, Peneiramento e Moagem. 5ª edição. Oficina de Texto, 2012.

CORRÊA, M. U. Sistematização e Aplicações da NR-12 na Segurança em Máquinas e Equipamentos, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, p. 17-18, 2011, Ijuí – RS.

DRAGONE, José Fausto. Proteções de Máquinas, Equipamentos, Mecanismos e Cadeado de Segurança. LTR, 2011. Disponível em: <https://www.ltreitoria.com.br/e-book-protecao-de-maquinas-equipamentos-mecanismos-e-cadeado-de-seguranca.html>. Acesso em: 07 de março de 2021.

GRESSLER, Lori Alice. Introdução à pesquisa: projetos e relatórios. São Paulo: Loyola, 2004.

LOBO, R. N. Gestão da qualidade: As sete ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas, Jit, Kaizen, Housekeeping, Kanban, FMEA, Reengenharia. 1 ed. São Paulo:

Érica,2010.

MENDES, René. Máquinas e Acidentes de Trabalho. Ministério do Trabalho e Emprego,2001.

MORAES, Giovanni. Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas. 8. ed. Rio de Janeiro: Livraria Virtual, 2014.

NR-12 – SEGURANÇA NO TRABALHO - Guia Trabalhista. Disponível em: [http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/cores\\_segtrabalho.htm](http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/cores_segtrabalho.htm). Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

NR-12 – SEGURANÇA NO TRABALHO - ESCOLA NACIONAL DA INSPEÇÃO DO TRABALHO Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2021.

SANDERS, M.S.; McCORMICK, E. J. Human Factors in Engineering and Design. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 1993. chap. 20, p. 655 - 695.

WILLS, Barry A. e NAPIER-MUNN, Tim. 2006. Mineral Processing Technology - An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. Burlington: Elsevier, 2006