

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

Renato Sczcepanik

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE UM DESINTEGRADOR DE GRÃOS  
À NR-12**

Erechim

2024

Renato Sczcepanik

## **PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE UM DESINTEGRADOR DE GRÃOS À NR-12**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Erechim como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.  
Orientador: Prof. Dr. Airton Campanhola Bortoluzzi

Erechim

2024

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a todos os meus familiares que sempre me apoiaram e incentivaram, durante toda a minha jornada de estudos e na realização deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. Airton Campanhola Bortoluzzi, pelo auxílio e apoio durante toda a execução deste trabalho, respondendo a dúvidas e guiando para o trabalho para um bom caminho.

Agradeço ao professor da disciplina de TCC, Prof. Dr. Vinícius Silva Moreira, por sempre estar disponível e ter auxiliado na formatação e estruturação do trabalho e por responder dúvidas relacionados aos mesmos.

E por fim, agradeço a todos os meus amigos, colegas e outros professores, que sempre me apoiaram e estavam presentes, de forma direta ou indiretamente na construção deste trabalho.

## RESUMO

O meio rural passou por várias mudanças em função da modernização dos métodos e dos equipamentos utilizados, entretanto, a introdução destas novas tecnologias e insumos modernos nas atividades agrícolas expandiu de forma significativa os tipos de acidentes de trabalho em que estão sujeitos os trabalhadores rurais. Portanto este trabalho realizou uma proposta de adequação de um desintegrador de grãos, de propriedade de um produtor rural, a cumprir as especificações técnicas de segurança estabelecidas pela Norma Regulamentadora 12. Para isso, utilizou-se uma metodologia de desenvolvimento de produtos, na qual o projeto foi dividido em três fases: projeto informacional, projeto conceitual e projeto preliminar. Na fase de projeto informacional, realizou-se o levantamento dos itens da NR-12 que a máquina cumpria e não cumpria, uma análise de risco seguindo a metodologia NBR ISO 12100:2013, em que os riscos da máquina foram identificados e avaliados obtendo assim, os requisitos de segurança. Na etapa de projeto conceitual, foram elaboradas e escolhidas concepções para a solução desses requisitos, com o auxílio de uma Matriz de Pugh. A concepção escolhida teve como premissa ser simples e de fácil implementação, seguindo as especificações propostas pela norma. A proposta foi finalizada na fase de projeto preliminar, onde, foram selecionados os componentes e dimensionados novas estruturas, requeridas pela concepção e após definidos os mesmos, foram geradas renderizações da máquina, junto de todas as adequações para assim, ser definido o *layout* final da adequação da mesma.

**Palavras-chave:** Adequação de máquina. NR-12. Triturador de grãos. Segurança do Trabalho.

## ABSTRACT

The rural environment has undergone several changes due to the modernization of the methods and equipment used. However, the introduction of these new technologies and modern inputs into agricultural activities has significantly increased the types of accidents at work to which rural workers are subject. This study therefore proposed adapting a grain disintegrator, owned by a rural producer, to comply with the technical safety specifications established by Regulatory Standard 12. To do this, a product development methodology was used, in which the project was divided into three phases: informational design, conceptual design and preliminary design. In the informational design phase, a survey was carried out of the NR-12 items that the machine complied with and did not comply with, a risk analysis following the NBR ISO 12100:2013 methodology, in which the machine's risks were identified and assessed, thus obtaining the safety requirements. In the conceptual design stage, designs were drawn up and chosen to solve these requirements, with the help of a Pugh Matrix. The design chosen had the premise of being simple and easy to implement, following the specifications proposed by the standard. The proposal was finalized in the preliminary design phase, where the components were selected and new structures required by the concept were dimensioned, and after they were defined, renderings of the machine were generated, together with all the adaptations so that the final layout of the adaptation could be defined.

**Keywords:** Machine adequacy. NR-12. Grain crusher. Work safety.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Normas que sustentam a NR-12:.....	16
Figura 2 – Exemplo de proteção fixa.....	17
Figura 3 – Exemplo de proteção móvel com sistema de intertravamento. ....	18
Figura 4 – Representação esquemática do processo de apreciação de riscos. ....	23
Figura 5 – Identificação dos Perigos. ....	25
Figura 6 – Matriz de riscos. ....	26
Figura 7– Exemplo de gráfico de estimativa de riscos. ....	27
Figura 8 – Desintegrador de Grãos.....	31
Figura 9 – Eixo de Martelos.....	32
Figura 10 – Conjunto de Peneiras.....	33
Figura 11 – Componentes externos do desintegrador de grãos.....	34
Figura 12 – Modelo PRODIP.....	35
Figura 13 – Estrutura da Matriz de Pugh.....	37
Figura 14 – Máquina trituradora de grãos utilizada para proposta. ....	42
Figura 15 – Motor elétrico utilizado pela máquina. ....	43
Figura 16 – Polias e correia da máquina.....	44
Figura 17 – Calha de entrada com proteção móvel.....	45
Figura 18 – Calha de entrada sem a proteção móvel.....	45
Figura 19 – Sistema de travamento da tampa da máquina. ....	46
Figura 20 – Estrutura da base da máquina. ....	47
Figura 21 – Renderização virtual do triturador de grãos. ....	54
Figura 22 - Motor elétrico montado na máquina.....	54
Figura 23 - Proteção fixa montada na máquina.....	55
Figura 24 - Caixa de comando com dois botões. ....	56
Figura 25 - Contator tripolar. ....	56
Figura 26 - Botão de emergência com retenção. ....	57
Figura 27 - Representação dos elementos de comando.....	57
Figura 28 - Extensão da calha de entrada. ....	58
Figura 29 - Montagem pés niveladores de borracha.....	58
Figura 30 - Sinalização de segurança. ....	59
Figura 31 - <i>Layout</i> final da adaptação.....	61
Figura 32 - <i>Layout</i> da máquina junto a representação de um humano. ....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coeficiente HRN.....	30
Quadro 2 – Avaliação dos riscos.....	49
Quadro 3 – Requisitos de segurança do projeto. ....	50
Quadro 4 – Quadro de soluções. ....	51
Quadro 5 – Quadro de concepções .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Associação de valores em função dos riscos segundo a HRN. ....	29
Tabela 2 – Estimativa de risco pelo método HRN. ....	48
Tabela 3 – Matriz de Pugh. ....	53
Tabela 4 - Lista de checagem da NR-12.....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de normas Técnicas
EPI	Equipamento de proteção individual
HRN	<i>Hazard Rating Number</i>
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
MTE	Ministério do Trabalho e do Emprego
NR-12	Norma regulamentadora 12
NR-17	Norma regulamentadora 17
NR-31	Norma regulamentadora 31
PRODIP	Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
SEPRT	Secretaria Especial de Previdência e Trabalho

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1.	OBJETIVO GERAL .....	13
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
3.1.	SEGURANÇA NO TRABALHO NO MEIO RURAL.....	14
3.2.	NORMAS DE SEGURANÇA.....	14
<b>3.2.1.</b>	<b>Norma Regulamentadora 12</b> .....	<b>15</b>
3.2.1.1.	Proteções.....	16
3.2.1.2.	Dispositivos de Parada de Emergência .....	18
3.2.1.3.	Aspectos Ergonômicos .....	19
3.2.1.4.	Sinalização.....	20
3.2.1.5.	Riscos Adicionais.....	20
<b>3.2.2.</b>	<b>Norma Regulamentadora 31</b> .....	<b>21</b>
3.3.	RISCOS .....	22
<b>3.3.1.</b>	<b>Apreciação de Riscos</b> .....	<b>22</b>
3.3.1.1.	Análise de Riscos .....	24
3.3.1.2.	Matriz de Riscos .....	26
3.3.1.3.	Gráfico de Riscos.....	27
3.3.1.4.	<i>Hazard Rating Number</i> .....	28
3.3.1.5.	Avaliação de Riscos.....	30
3.4.	DESINTEGRADOR DE GRÃOS .....	31
3.5.	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	34
<b>3.5.1.</b>	<b>Planejamento do Projeto</b> .....	<b>35</b>
<b>3.5.2.</b>	<b>Projeto Informacional</b> .....	<b>36</b>
<b>3.5.3.</b>	<b>Projeto Conceitual</b> .....	<b>36</b>
3.5.3.1.	Matriz de Pugh.....	37
<b>3.5.4.</b>	<b>Projeto Preliminar</b> .....	<b>38</b>
<b>3.5.5.</b>	<b>Projeto Detalhado</b> .....	<b>38</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
5.1.	PROJETO INFORMACIONAL.....	41

<b>5.1.1.</b>	<b>Avaliação dos requisitos da NR-12.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1.2.</b>	<b>Determinação dos limites da máquina.....</b>	<b>42</b>
<b>5.1.3.</b>	<b>Identificação dos perigos e não conformidades .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.4.</b>	<b>Estimativa de risco.....</b>	<b>47</b>
<b>5.1.5.</b>	<b>Avaliação dos riscos.....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.</b>	<b>PROJETO CONCEITUAL .....</b>	<b>50</b>
<b>5.3.</b>	<b>PROJETO PRELIMINAR .....</b>	<b>53</b>
<b>5.3.1.</b>	<b>Motor elétrico e comando da máquina.....</b>	<b>54</b>
<b>5.3.2.</b>	<b>Outras adaptações .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3.3.</b>	<b><i>Layout</i> final do produto .....</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>7.</b>	<b>PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>64</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>68</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Mesmo havendo uma queda nos preços de venda dos produtos agropecuários, o aumento da produção garantiu um novo recorde no faturamento total do ano de 2023, tal resultado vem do crescimento da produção de grãos, principalmente do milho e da soja e também em função do aumento das exportações, vindo por conta de uma grande demanda dos produtos agrícolas principalmente da China (CEPEA, 2024). Contudo, mesmo com o avanço da agricultura 4.0, que tem como marca a revolução digital e a constante criação de novos softwares e ferramentas tecnológicas capazes de tornar o agro mais produtivo e sustentável (MAFRA, 2022), a precarização da atividade, principalmente vinda dos micros e pequenos agricultores, acaba ocasionando em acidentes de trabalho que podem ser fatais ou deixar graves sequelas.

Do mesmo modo que os trabalhadores de indústrias e construção civil, o trabalhador rural também corre o risco de sofrer acidentes em seu ambiente de trabalho, tais acidentes podem ser associados ao tombamento de veículos e implementos agrícolas, a exposição a produtos químicos, ergonomia, equipamentos agrícolas, insolação, animais peçonhentos, entre outros.

Possuindo o objetivo de diminuir e evitar tais acidentes, foram criadas as Normas Regulamentadoras (NR), sendo a NR-12 que trata sobre a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, e a NR-31 que trata sobre a segurança e saúde no trabalho na agricultura e em outros ramos semelhantes (TST, 2014).

Contudo, como as atividades são normalmente realizadas pelos proprietários e seus familiares, não existe de fato uma fiscalização ocorrendo para garantir que tais normas estejam sendo cumpridas, cabendo ao trabalhador rural usar os equipamentos de proteção individual e adequar seu maquinário por conta própria. No entanto, por razões de comodidade ou às vezes por total desconhecimento, os equipamentos que podem causar graves acidentes são mantidos e utilizados sem possuírem as devidas adequações às normas.

Portanto existe a necessidade de atuar nesta área em busca da identificação das não conformidades e também para a instrução dos proprietários e trabalhadores sobre a importância de se utilizar os equipamentos de segurança e de adequar os maquinários às normas de segurança. Então, levando em conta este ponto, este trabalho irá realizar uma proposta de adequação do desintegrador VENCEDORA

MAQTRON B-609, de propriedade de um produtor rural do município de Barão de Cotegipe, estado do Rio Grande do Sul, a cumprir as especificações técnicas de segurança estabelecidas pela Norma Regulamentadora 12.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Propor adequações a um desintegrador de grãos, para atender a Norma Regulamentadora 12.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar quais são os riscos envolvidos no uso do equipamento;
- Verificar quais são as não-conformidades do equipamento em relação à NR-12;
- Elaborar soluções para as não conformidades e riscos encontrados;
- Dimensionar peças para utilizar na adaptação.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. SEGURANÇA NO TRABALHO NO MEIO RURAL

O meio rural passou por várias mudanças em decorrência da modernização dos métodos e dos equipamentos utilizados, uma vez, que o trabalho baseado na “mão de obra” do agricultor e de seus familiares, concebeu lugar à utilização de máquinas e implementos agrícolas, bem como, à utilização de produtos químicos (SILVA et al, 2001). A introdução destas novas tecnologias e insumos modernos nas atividades agrícolas expandiu de forma significativa os tipos de acidentes de trabalho em que estão sujeitos os trabalhadores rurais (RODRIGUES DA SILVA, 1986).

O trabalho no meio rural promove riscos ocupacionais característicos, pois suas atividades são realizadas em um ambiente propício as mais diversas fontes de perigo. As principais fontes de riscos são: os riscos físicos, quando o trabalho é realizado à céu aberto e também quando, tem se a utilização de máquinas e equipamentos para auxiliar em suas tarefas; os riscos químicos, decorrentes da utilização de diversos produtos agrícolas; os riscos ergonômicos, em função do levantamento de pesos por parte do trabalhadores e/ou da utilização de máquinas que não se adaptem às necessidades fisiológicas do trabalhador; os riscos biológicos, pela possível presença de animais peçonhentos no ambiente em que se realiza o trabalho, entre outros (SILVEIRA et al, 2005).

Por conta desses riscos que o trabalhador pode sofrer durante a execução de sua atividade, foram criadas as normas de segurança no trabalho que se relacionam com a prevenção de acidentes e de doenças ocupacionais, adotando medidas para proteger o trabalhador (CÂMARA, 2016).

#### 3.2. NORMAS DE SEGURANÇA

Dados do Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho demonstram que máquinas e equipamentos foram a causa de 13.8% dos acidentes de trabalho que ocorreram no período de 2020 a 2022, sendo estes os maiores causadores de

acidentes de trabalho no Brasil neste período (Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2024).

Diante da quantidade significativa de acidentes de trabalho que ocorriam no Brasil, foram implantadas as Normas Regulamentadoras, com a finalidade de normalizar as condições de trabalho dos trabalhadores. Para evitar que os acidentes com máquinas e equipamentos aconteçam, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) publicou, em 1978, a Norma Regulamentadora Número 12 (NR-12), que estipula referências técnicas, medidas de proteção e princípios fundamentais para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores (BRASIL, 2015). Já a Norma Regulamentadora 31 (NR-31) publicada pelo MTE em 2005 é a instância nacional encarregada das questões de segurança e saúde nas atividades rurais.

### **3.2.1. Norma Regulamentadora 12**

O Ministério do Trabalho criou a Norma Regulamentadora 12, para desenvolver as medidas de prevenção de acidentes, presentes nos artigos 184, 185 e 186 da Lei nº 6.414/77. Depois que a Norma foi regulamentada, passou por diversas alterações ao passar dos anos. Por fim, a Portaria SEPRT nº 916, de 30 de julho de 2019, realizou a última grande alteração da NR-12, organizando sua estrutura de modo a descomplicar seu entendimento e aplicação, introduzindo cortes temporais específicos para máquinas novas e usadas, simplificando obrigações para as micro e pequenas empresas e acomodando as normas técnicas europeias harmonizadas do tipo C, quando inexistentes as respectivas normas técnicas nacionais ou internacionais (BRASIL, 2024)

A NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, tem como principal finalidade padronizar recomendações técnicas, normas fundamentais e medidas que garantam a saúde e integridade física dos trabalhadores. Por conta dos diversos avanços tecnológicos e dos avanços nos processos, ela vive em constante mudança, buscando se adequar e cumprir com seu propósito, pois tais avanços, trouxeram com eles o aumento de equipamentos e máquinas dentro das indústrias em diversos setores da produção, com o risco de acarretar em um aumento do número de acidentes em máquinas ou equipamentos, se estes não estiverem enquadrados nas normas equivalentes.

Contudo para que a NR-12 seja aplicada de maneira efetiva é necessário o conhecimento de outras Normas Regulamentadoras, estas normas possuem conteúdos importantes no âmbito social, técnico e temático que não estão incorporadas na NR-12, além de levar em consideração outras normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em suas referências. A figura 1 representa um esquema de como é sustentada a NR-12.

Figura 1 – Normas que sustentam a NR-12:



Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, 2015.

A NR-12 especifica que as zonas de perigo das máquinas e equipamentos devam possuir equipamentos de segurança, que resguardem proteção à saúde e a integridade física dos trabalhadores, sendo estes equipamentos caracterizados por proteções fixas e móveis e por dispositivos de segurança interligados (BRASIL, 2022).

#### 3.2.1.1. Proteções

Para a NR-12 as proteções são consideradas um dispositivo de segurança que afasta o perigo formando uma barreira entre o operador e o risco, tais proteções podem ser fixas (Figura 2), ou seja, só podem ser acessadas por meio da utilização

de uma ferramenta externa, ou proteções móveis, onde, o seu acesso pode ser feito apenas com as mãos do operador, porém, para este tipo de proteção a norma ainda cita a necessidade da utilização de dispositivos de intertravamento, programados para somente liberarem o acesso quando a máquina ou equipamento estiver desligado ou quando não existe mais a presença de perigos na zona de trabalho. Outro ponto que a norma comenta é que tais proteções não podem ser fornecidas como peças opcionais, tais são considerados itens obrigatórios (BRASIL, 2022).

Ainda se tratando sobre as proteções móveis, quando possuírem dispositivos de intertravamento, como pode ser observado pela Figura 3, o mesmo, somente deve permitir o acionamento da máquina ou equipamento quando todas as proteções móveis estiverem fechadas, garantindo que o equipamento não acione enquanto algum operador esteja trabalhando na manutenção do equipamento por exemplo e também desativar o mesmo, se a proteção for aberta durante a operação (BRASIL, 2022).

Figura 2 – Exemplo de proteção fixa.



Fonte: GONÇALVES, 2015.

Figura 3 – Exemplo de proteção móvel com sistema de intertravamento.



Fonte: MELO, 2014.

### 3.2.1.2. Dispositivos de Parada de Emergência

Dispositivos de parada de emergência são mecanismos que quando acionados deverão suspender todas as ações que o equipamento ou máquina está realizando. A NR-12 traz que as máquinas devem conter um ou mais dispositivos, os mesmos devem estar localizados em posições de fácil acesso e bem visíveis, não podem ser obstruídos em nenhum momento e o mesmo não deve ser a fonte primária de contenção caso ocorra uma situação que represente risco (BRASIL, 2022).

Além disso, estes dispositivos não podem ser utilizados como o sistema de acionamento ou desativação principal da máquina, devem prevalecer sobre todos os outros comandos e também realizar a parada de um processo perigoso no menor tempo possível, desde que este ato, não provoque novos riscos. Além de possuir um sistema de retenção para que, durante seu acionamento, o equipamento só volte a funcionar quando o dispositivo for desacionado manualmente com o uso de uma manobra, que não seja possível de se realizar de maneira não intencional (BRASIL, 2022).

Quando a máquina ou equipamento possuir um dispositivo de intertravamento, sensores ou circuitos de paradas, é necessário a utilização de um relé de segurança que garanta que, o equipamento não irá acionar um novo ciclo, por falha de algum desses componentes, em caso de acionamento do dispositivo de parada de

emergência. Tal relé de segurança deve possuir três princípios de funcionamento, que são, auto teste, diversidade e redundância (BRASIL, 2022).

### 3.2.1.3. Aspectos Ergonômicos

Tratando-se sobre os aspectos ergonômicos a NR-12, traz para o trabalho em máquinas e equipamentos, que sejam adotadas as disposições inseridas na Norma Regulamentadora 17 (NR-17) – Ergonomia. Além disso, para todos os equipamentos e máquinas nacionais ou importados, que forem fabricadas a partir do período de vigência deste item, devem obedecer às normas técnicas oficiais ou as normas técnicas internacionais, quando aplicáveis (BRASIL, 2022).

Os principais pontos que a NR-17 apresenta sobre a ergonomia no trabalho em máquinas ou equipamentos são (BRASIL, 2022):

- Adequar-se às variações fisiológicas de cada operador;
- Atender os requisitos solicitados pelos operadores relacionados a postura, movimentação, esforço físico e cognitivos;
- A localização e o posicionamento de painéis de controle e comandos devem ser de fácil acesso, fácil manejo e com visibilidade da informação do processo;
- Equipamentos como terminais de vídeo devem permitir ajuste, a fim do operador buscar a posição ideal de acordo com a tarefa a ser realizada;
- Equipamentos e ferramentas manuais que forem pesadas, podendo comprometer a segurança e saúde dos operadores, devem ser adotados dispositivos de sustentação aos mesmos.
- As ferramentas manuais devem ter seu uso e manuseio facilitados, além de não poderem comprimir às mãos do operador em cantos vivos;
- Ferramentas manuais devem possuir formato, tipo e textura adequados para a atividade que irão realizar ou para o trabalho com luvas.

#### 3.2.1.4. Sinalização

Para a NR-12 as máquinas e equipamentos, bem como, o ambiente em que as mesmas estão localizadas, devem possuir sinalização de segurança a fim de advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que eles estão expostos, à instruções sobre operações e manutenção, além de outras informações que garantam a integridade física e a saúde dos associados (BRASIL, 2022).

A sinalização de segurança de acordo com a NR-12 é composta pela utilização de cores, símbolos, sinais luminosos ou sonoros, entre outras diversas formas de comunicação com a mesma eficácia. A sinalização de segurança deve (BRASIL, 2022):

- Ser adotada em todas as fases da vida útil de máquinas e equipamentos;
- Ficar destacada na máquina ou equipamento;
- Ficar em posição de visibilidade facilitada;
- Ser de fácil compreensão.

Finalizando, as máquinas e equipamentos fabricados a partir de 2012 devem possuir uma série de informações visíveis no mesmo, sendo elas (BRASIL,2022):

- Razão social, CNPJ e endereço do fabricante ou importador;
- Informações sobre o tipo, capacidade e modelo;
- Número de série e ano de fabricação;
- Número de registro do importador/fabricante ou profissional habilitado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA;
- Peso e máquina do equipamento.

#### 3.2.1.5. Riscos Adicionais

A NR-12 classifica os seguintes itens como riscos adicionais (BRASIL, 2022):

- Qualquer substância perigosa, sejam agentes químicos ou biológicos, em qualquer estado físico, que representem riscos à integridade física ou a saúde dos trabalhadores e terceiros;
- Radiações ionizantes geradas por máquinas ou equipamentos que utilizem ou produzam, substâncias radioativas;
- Vibrações;
- Ruído;
- Calor;
- Superfícies aquecidas, que possam causar queimaduras se estiverem em contato com a pele.

Máquinas ou equipamentos que possam causar riscos adicionais devem possuir medidas de proteções adicionais, a fim de conter ou retardar a propagação de agentes químicos, chamas ou de evitar a explosão do mesmo, prezando sempre pela segurança dos operadores e terceiros envolvidos no ambiente de trabalho (BRASIL, 2022).

### **3.2.2. Norma Regulamentadora 31**

A NR-31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura tem como objetivo estabelecer as obrigações do empregador e do empregado, apresentar as medidas de segurança que devem ser implantadas, assim como todos os requisitos necessários para proporcionar boas condições de trabalho e proteger a saúde e integridade física dos colaboradores (BRASIL, 2020).

Ainda de acordo com a NR o empregador deve fornecer um ambiente de trabalho seguro, realizando as avaliações dos riscos, adotando as medidas necessárias para garantir que todas as atividades, lugares de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas e processos produtivos sejam seguros. Junto com informar aos trabalhadores sobre todas as medidas de proteção implantadas e realizar o treinamento na zona rural também é fundamental para preservar a saúde e prevenir acidentes de trabalho (BRASIL, 2020).

### 3.3. RISCOS

Quando é tratado sobre riscos e perigos, não existe uma definição correta e única para tal assunto, Sanders e McCormick (1993) tratam o risco como a probabilidade ou chance de lesão ou morte, e o perigo como uma condição ou conjunto de circunstâncias que tem o potencial de levar ou contribuir para um dano ou morte. Porém, para Shinar, Gurion e Flascher (1991), o risco é um resultado medido através do efeito potencial do perigo, sendo o perigo, toda a situação que possui uma fonte de energia ou de fatores fisiológicos e de comportamento (ou conduta), que quando descontrolados, levam a eventos prejudiciais.

Assim, cabe às indústrias e empregadores fornecerem ambientes preparados para lidar com estas situações perigosas, junto, do fornecimento de equipamentos de segurança, que combinados auxiliarão na redução dos riscos durante a execução de uma tarefa. E também, cabe aos funcionários a utilização correta destes equipamentos, além de uma conduta atenta durante o serviço, para evitar situações que acabam em acidentes (ZIO, 2007).

#### 3.3.1. Apreciação de Riscos

Para que uma máquina ou equipamento esteja regularizado de acordo com a NR-12, é necessário a realização de uma apreciação de riscos, que irá analisar e avaliar quantitativamente quais os riscos relacionados a sua utilização e descarte em todo o seu ciclo de uso. A Norma trata que a apreciação deve ser realizada levando as características do equipamento e do processo em que ele está envolvido, porém a mesma não fornece uma metodologia para a realização da apreciação, apenas orienta a utilização de normas técnicas validadas para se utilizar no país (BRASIL, 2022).

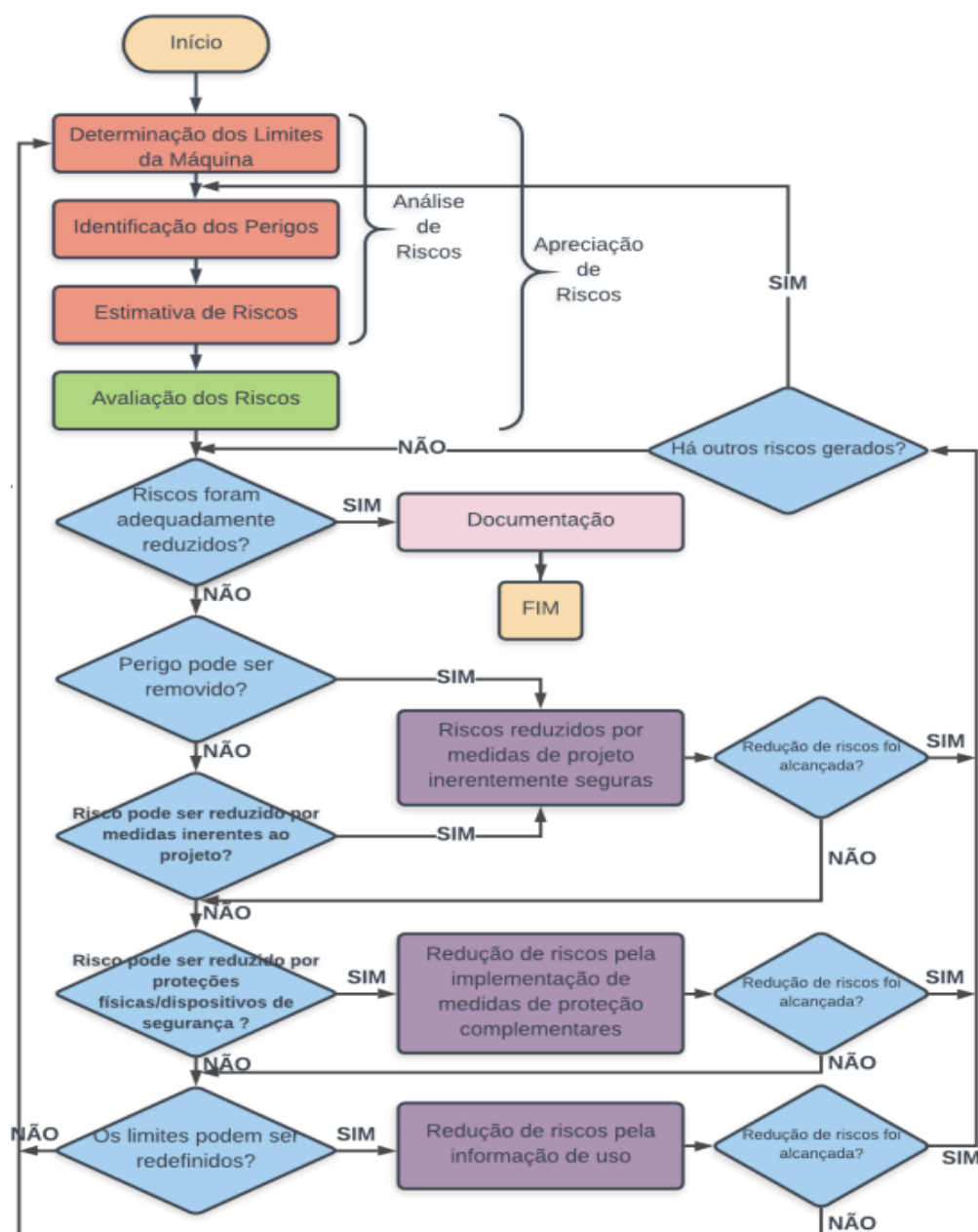
Em 2013 foi publicada a Norma ABNT NBR ISO 12100:2013 - Segurança de máquinas - Princípios gerais de projeto - Apreciação e redução de riscos, sendo a norma atual vigente para a Apreciação de Riscos. Tendo como finalidade, o fornecimento de uma metodologia para o reconhecimento dos riscos e um passo a passo para se buscar soluções, que irão diminuir ou acabar com os riscos que possam ocorrer na utilização de uma máquina ou equipamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Tal metodologia está organizada em três grandes etapas que formam o processo de Avaliação de Riscos e tais etapas são:

- Análise de Riscos;
- Avaliação de Riscos;
- Processo de Redução de Riscos.

A Figura 4 demonstra um esquema de como está organizada e também como devem ser realizados os passos da Avaliação de Riscos, de acordo com esta norma ABNT.

Figura 4 – Representação esquemática do processo de apreciação de riscos.



Fonte: ABNT NBR ISO 12100:2013 (adaptado).

### 3.3.1.1. Análise de Riscos

A Análise de Riscos é a primeira grande etapa da metodologia proposta pela Norma ABNT NBR ISO 12100:2013, sendo nesta etapa que ocorreram os passos demonstrados pela Figura 4, estes passos são (ABNT NBR ISO 12100, 2013):

- Determinação dos Limites da Máquina;
- Identificação dos perigos;
- Estimativa dos Riscos.

A Determinação dos limites da Máquina é o primeiro passo da Avaliação dos Riscos e leva em consideração todas as fases do ciclo de vida da máquina ou equipamento. Significando que suas características ou desempenho, quando integrada em um processo, as pessoas, ambientes e produtos correlacionados e mesma, devem ser identificados nos termos dos Limites da Máquina, onde, estes termos são (ABNT NBR ISO 12100, 2013):

- Limites de Uso: Leva em consideração o uso devido do equipamento bem como as formas de mau uso que possam ser previstas, seus diferentes modos de operação, diferentes procedimentos de intervenção dos usuários e a exposição de seus operadores e outras pessoas que possam estar em risco no uso do equipamento;
- Limites de Espaço: Inclui os cursos de movimento da máquina, espaço para as pessoas interagirem com a máquina junto do espaço para manutenção do mesmo;
- Limites de tempo: Trata sobre a vida útil da máquina e de seus componentes, quando há um uso devido ou razoavelmente previsível da máquina.

A Identificação dos Perigos é um passo crucial da avaliação de riscos, pois, será nela onde vai acontecer a identificação sistemática dos perigos razoavelmente previsíveis (perigos que podem ser permanentes ou possam surgir inesperadamente), além de situações perigosas que venham a ocorrer em seu ciclo de vida (ABNT NBR ISO 12100, 2013).



na identificação de todos os perigos, junto das formas de má utilização, onde consegue-se prever os eventos e situações que possam causar danos (ABNT ISO/TR 14121-2, 2018).

A Estimativa de Risco deve ser realizada para cada elemento de risco encontrado na máquina. Possuindo a finalidade de auxiliar neste processo, uma de várias ferramentas de estimativa de riscos disponíveis, pode ser utilizada. A maior parte destas ferramentas, baseia-se em 3 principais metodologias, sendo elas: A matriz de riscos, o gráfico de riscos e a pontuação numéricas (ABNT ISO/TR 14121-2, 2018).

### 3.3.1.2. Matriz de Riscos

A matriz de riscos é uma tabela de várias dimensões que permite a combinação de classes de gravidade de dano, com as classes de probabilidade de ocorrência deste dano. Sua utilização é simples e funciona de maneira em que, para cada situação perigosa identificada, uma classe de cada parâmetro é escolhida, baseando-se em suas definições dadas. O conteúdo de suas células é interseccionado entre as linhas e colunas, e cada intersecção fornece um nível de risco estimado. A figura 6 demonstra um exemplo de construção desta matriz (ABNT ISO/TR 14121-2, 2018).

Figura 6 – Matriz de riscos.

Probabilidade de ocorrência do dano	Gravidade do dano			
	Catastrófica	Grave	Moderada	Baixa
Muito provável	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Médio</b>
Provável	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>
Improvável	<b>Médio</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>	Desprezível
Remota	<b>Baixo</b>	<b>Baixo</b>	Desprezível	Desprezível

Fonte: ABNT ISO/TR 14121-2, 2018.

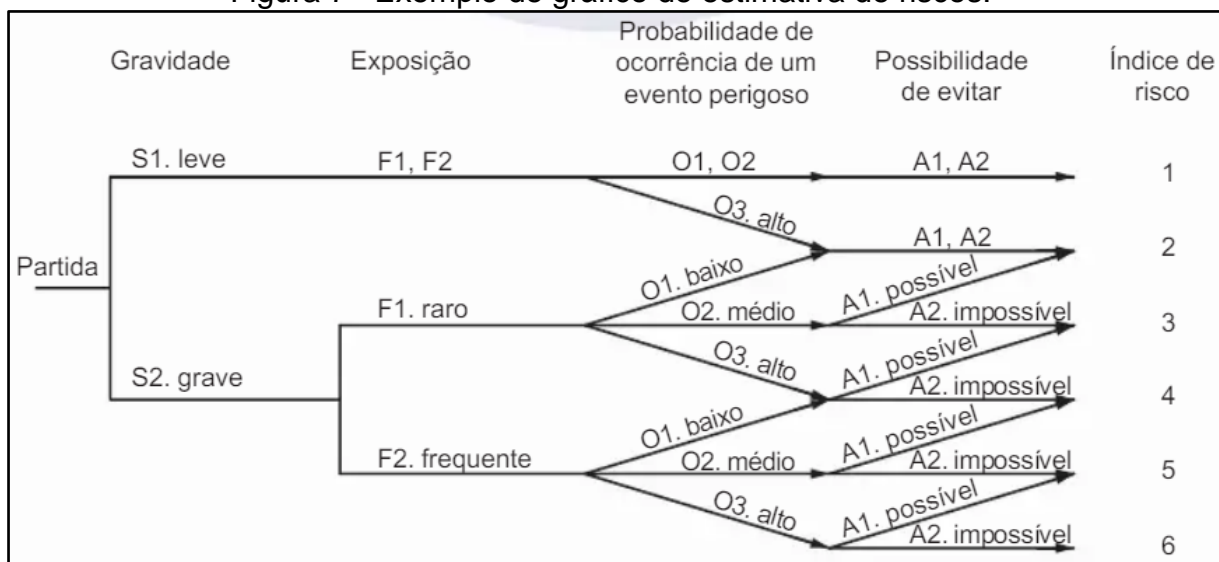
Esta matriz pode ser construída utilizando-se variados números de células, porém, uma tabela com poucas classificações, pode não fornecer informações suficientes, como exemplo, se as medidas de proteção aplicadas e se as medidas

protetivas estão mesmo, reduzindo os riscos. Já tabelas com muitas células, torna a matriz confusa de se usar (ABNT ISO/TR 14121-2, 2018). Outro ponto, é que esta matriz destaca apenas os pontos de risco que necessitam de maior atenção imediata, ocasionando que riscos com classes mais baixas, não tenham a devida atenção merecida.

### 3.3.1.3. Gráfico de Riscos

O gráfico de riscos é baseado em uma árvore de decisão, onde cada nó do gráfico, representa um elemento de risco (gravidade, probabilidade de ocorrência, exposição) e cada ramo, partindo do nó, representa uma classe do elemento (gravidade leve ou grave, por exemplo) (ABNT ISO/TR 14121-2, 2018). A Figura 7, traz um exemplo deste gráfico.

Figura 7– Exemplo de gráfico de estimativa de riscos.



Fonte: ABNT ISO/TR 14121-2, 2018.

Estes gráficos são úteis para demonstrar quantos riscos foram reduzidos, quando se utiliza uma medida de proteção e nos mostra também qual o elemento de risco ela influencia. Contudo, os gráficos de riscos se tornam muito complicados e desordenados, quando há mais de 2 ramos para mais do que 1 elemento de risco, levando a serem combinados com outros métodos (ABNT ISO/TR 14121-2, 2018).

#### 3.3.1.4. *Hazard Rating Number*

A metodologia *Hazard Rating Number* (HRN), ou Número de Classificação de Perigo em português, é um método de estimativa de risco do tipo “pontuação numérica”, que está nos conformes com os requisitos da norma ABNT ISO 12100:2013, sendo utilizada para mensurar o nível de risco em máquinas e equipamentos (BRASIL, 2015).

A HRN demonstrou-se um bom método a ser utilizado pois, priorizava as adequações utilizando dispositivos de segurança nos pontos mais críticos ou nos que possuísem maior histórico de acidentes, fazendo-se com que, os recursos financeiros fossem gastos em pontos cruciais de forma planejada e programada (KÜNZEL, 2019).

A metodologia básica da HRN consiste em um resultado obtido através do produto de quatro variáveis, sendo elas a Probabilidade de Ocorrência (LO), a Frequência de Exposição (FE), o Grau de Possível Lesão (DPH) e o Número de Pessoas à Mercê do Risco (NP) (KÜNZEL, 2019). A Tabela 1 nos mostra qual o valor atribuído para cada variável.

Tabela 1 – Associação de valores em função dos riscos segundo a HRN.

<b>Probabilidade de Ocorrência</b>	<b>LO</b>
Impossível	0,03
Não esperado	1
Possível	2
Alguma Chance	5
Provável	8
Esperado	10
Certamente	15
<b>Frequência de Exposição</b>	<b>FE</b>
Raramente	0,1
Anual	0,2
Mensal	1
Semanal	1,5
Diariamente	2,5
Horário	4
Constantemente	5
<b>Grau da Possível Lesão</b>	<b>DPH</b>
Arranhão/Contusão	0,1
Dilaceramento, corte ou enfermidade leve	0,5
Fratura de ossos menores	1
Fratura de osso maiores	2
Amputação de 1 membro	4
Amputação de 2 membros	8
Fatalidade	15
<b>Número de Pessoas à Mercê do Risco</b>	<b>NP</b>
1 ou 2 pessoas	1
Entre 3 e 7 pessoas	2
Entre 8 e 15 pessoas	4
Entre 16 e 50 pessoas	8
Mais de 50 pessoas	12

Fonte: KÜNZEL, 2019 (adaptado).

Tendo todos os valores, pode-se calcular o coeficiente HRN que significa a classe de risco para cada parte da máquina, sendo ele, calculado pela equação a seguir (KÜNZEL, 2019):

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP \quad (1)$$

### 3.3.1.5. Avaliação de Riscos

Por fim, após concluída a estimativa de riscos, a avaliação de riscos é realizada para determinar se é necessária a redução de risco, classificando cada risco e definindo quais ações serão realizadas e se estas novas ações não levem a causar riscos adicionais, se causarem novos riscos deve ser realizado novamente à apreciação, até todos os riscos sejam eliminados ou reduzidos a níveis aceitáveis (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

A avaliação de riscos pelos métodos da matriz de riscos e do gráfico de riscos é subjetiva, pois estes métodos não envolvem diretamente uma classificação quantitativa dos riscos. Sua forma de avaliação parte do princípio de fornecer conceitos para os riscos encontrados, já os métodos de pontuação numérica, fornecem uma avaliação objetiva, pois, pontuam todos os riscos numericamente, trazendo assim, uma avaliação mais completa para os riscos de menores gravidades.

Para o método HRN, a avaliação de riscos é dada pelo coeficiente HRN, calculado na etapa da estimativa de risco. Com este coeficiente é atribuída uma avaliação qualitativa do risco e da ação a ser tomada para lidar com o mesmo, tal classificação e ações estão listadas no Quadro 1 (BRASIL, 2015):

Quadro 1 – Coeficiente HRN.

<b>HRN (Hazard Rating Number)</b>		
<b>Resultado</b>	<b>Risco</b>	<b>Avaliação</b>
0 a 1	Aceitável	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.
1 a 5	Muito Baixo	
5 a 10	Baixo	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares.
10 a 50	Significante	
50 a 100	Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.
100 a 500	Muito alto	
500 a 1000	Extremo	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.
Mais que 1000	Inaceitável	Interromper a atividade até a eliminação ou redução do risco.

Fonte: KÜNZEL, 2019 (adaptado).

Para todos os riscos que requerem melhorias, devem ser tomadas as seguintes ações (BRASIL, 2015):

- Risco baixo, porém significativo: não são necessárias melhorias, porém é recomendado o uso de EPI e treinamento para o usuário do equipamento.
- Risco Alto: Devem ser implementadas medidas de controle adicionais na máquina em um prazo recomendado de 6 meses.
- Risco Inaceitável: Deve-se, imediatamente, encerrar a atividade do equipamento até que medidas de controle sejam implementadas.

### 3.4. DESINTEGRADOR DE GRÃOS

O Desintegrador de grãos, demonstrado pela Figura 8, é uma máquina utilizada principalmente por produtores rurais, que também podem ser caracterizados como moinhos de martelos, por possuírem martelos, que quando movimentados em altas rotações, realizam a explosão do grão, pelo contato direto em alta velocidade e pelos cortes, quando o grão entra em contato com as bordas dos martelos (RODRIGUES, 2000).

Figura 8 – Desintegrador de Grãos.



Fonte: FINN, 2024.

Os moinhos de martelos, como podem ser visualizados na Figura 9, são martelos fixos ou oscilantes acoplados sobre um eixo de rotação, eles possuem um espaçamento, entre eles, de 2,5 cm à 7,5 cm e podem girar entre 2500 rotações por minuto (RPM) à 4000 RPM dependendo do tamanho do rotor, e sua velocidade periférica dos martelos varia entre 75 m/s e 100 m/s (RODRIGUES, 2000).

Figura 9 – Eixo de Martelos.



Fonte: Autor, 2024.

Outro elemento importante que compõe o desintegrador são as peneiras, apresentadas pela Figura 10, elas são chapas curvas, encaixadas logo abaixo do moinho de martelos, que possuem diversos orifícios de mesmo tamanho, por onde, o grão triturado irá passar após ser desintegrado pelos martelos. Existem diversas peneiras com vários diâmetros de furos diferentes para se usar, sendo que, é o diâmetro dos furos da peneira que irá definir a grossura final do grão triturado quando o farelo sair do desintegrador.

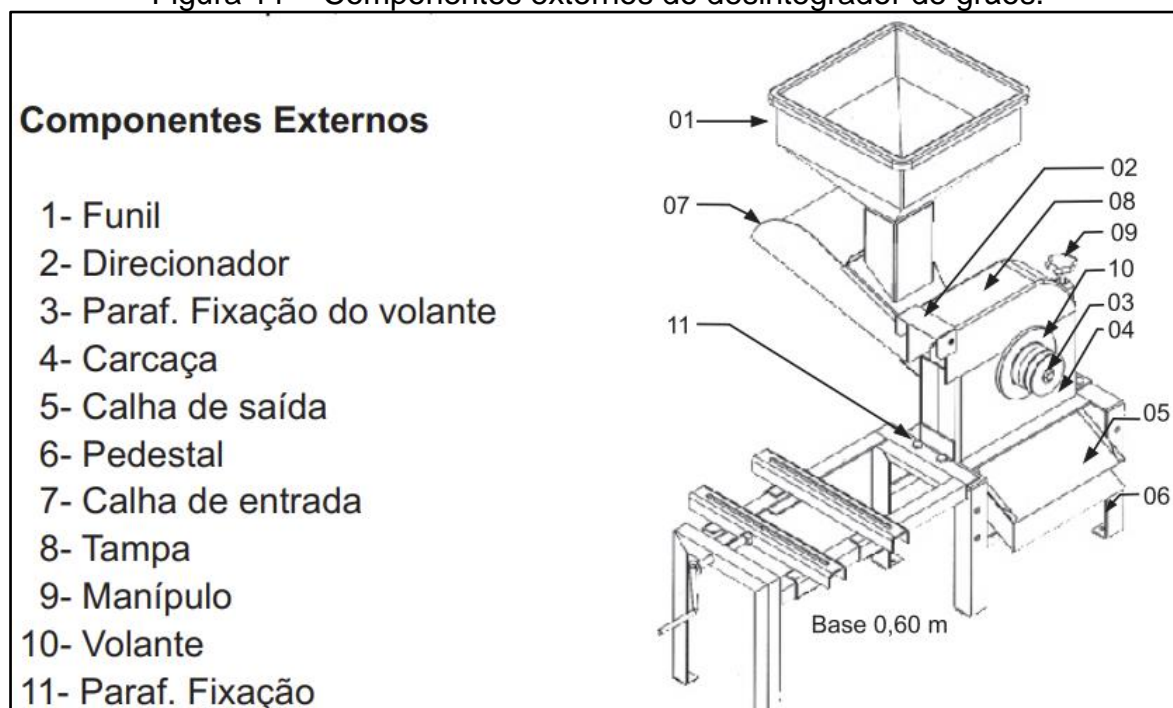
Figura 10 – Conjunto de Peneiras.



Fonte: Comercial Reck, 2024.

O processo de utilização do desintegrador de grãos, se dá, pelo abastecimento do funil com os grãos que irão ser triturados, seguindo do acionamento do motor elétrico da máquina, até ela alcançar sua velocidade nominal de trabalho. Com a máquina trabalhando é realizada a abertura da comporta do funil, que também, serve como um regulador de vazão dos grãos, eles escoarão pela calha de entrada pelo efeito da gravidade e também por conta da vibração da máquina. Após entrarem na parte interna da máquina serão triturados pelos martelos em alta rotação e quando forem reduzidos o suficiente, passarão pelos furos da peneira, levando-os à calha de saída da máquina, onde, os grãos triturados podem ser coletados e armazenados. O esquema mostrado na figura 11, fornecido pela fabricante do produto, auxilia na identificação de cada componente externo da máquina.

Figura 11 – Componentes externos do desintegrador de grãos.



Fonte: Maqtron, 2006.

### 3.5. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

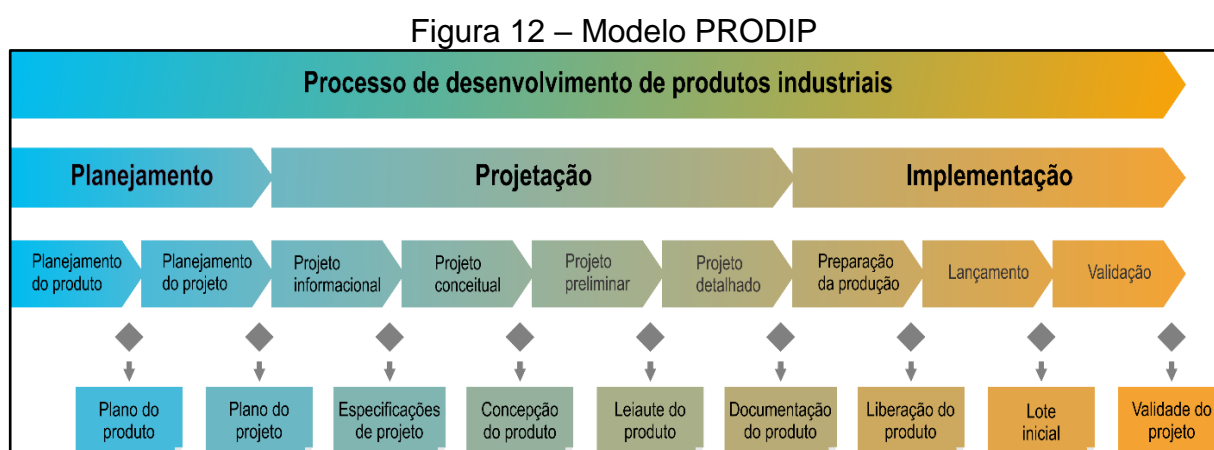
De acordo com Back et al. (2008), o desenvolvimento de um produto é um conceito amplo, que compreende diversos aspectos de planejamento e projeto, levando em conta todas as atividades da sequência do processo. Estas atividades vão desde a pesquisa de mercado, o projeto do produto, o projeto do processo de fabricação, o plano de distribuição e de manutenção, até o descarte ou desativação do mesmo (BACK et al., 2008).

O termo produto, segundo BACK et al., 2008 é um objeto concebido, produzido industrialmente com características e funções, comercializado e usado pelas pessoas ou organizações, de modo que, atenda os seus desejos ou necessidades. Tais produtos, são constituídos de elementos que formam um conjunto de atributos básicos, como: aparência, cor, imagem, forma, função, marca, material, embalagem, serviços, pós-venda e garantias (BACK et al., 2008).

Back et al. (2008) ainda acrescenta que novos produtos não significam, necessariamente, produtos originais, ou seja, novos produtos podem ser obtidos com

melhorias e modificações de produtos existentes. Da mesma forma, um produto já existente, introduzido em um novo mercado geográfico, pode ser considerado um novo produto (BACK et al., 2008).

Para auxiliar empresas e pessoas a desenvolverem novos produtos com um processo formal e sistemático, BACK et al., 2008 sugere a utilização do modelo Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (PRODIP). Onde suas principais partes e ramificações estão representadas na Figura 12, este modelo divide o processo de desenvolvimento em três grandes fases, que são subdivididas em 8 etapas menores com suas devidas funções, dando um passo a passo a ser seguido junto da importância de sua importância (BACK et al., 2008).



Fonte: Adaptado de Back et al., 2008.

### 3.5.1. Planejamento do Projeto

Esta fase, de acordo com o modelo PRODIP, é destinada ao planejamento de um novo projeto, voltado às estratégias de negócio da empresa e da organização do trabalho que será realizado ao longo do processo. Nesta fase é iniciado o planejamento do marketing do produto, é dada a abertura da carta de projeto, são identificadas as partes envolvidas no projeto, é definido o escopo do projeto, onde, fica descrito a sua justificativa, suas restrições e o que será desenvolvido, assim como seu objetivo (BACK et al., 2008).

### **3.5.2. Projeto Informacional**

A fase de projeto informacional é utilizada para definir as especificações de projeto do produto, sendo, está a primeira fase do projeto do produto e onde é realizada a determinação das especificações do projeto. As especificações do projeto são determinadas de acordo com as necessidades dos usuários ou clientes, levando estas necessidades a serem transformadas em requisitos dos usuários (BACK et al., 2008).

A partir dos requisitos dos usuários é concebido os requisitos do projeto, que para BACK et al., 2008, toda esta etapa é de suma importância na realização do projeto informacional pois, caso não ocorra, existe a possibilidade das especificações do produto final não atendam às necessidades dos clientes, levando a um possível insucesso do produto final.

### **3.5.3. Projeto Conceitual**

Nesta fase são realizadas as concepções do produto, ou seja, são determinadas suas funções primárias e secundárias que o produto executará, de acordo com as necessidades dos usuários estabelecidas na etapa de projeto informacional (BACK et al., 2008).

Após adquiridas as funções primárias e secundárias é necessário buscar, para cada função, diversas soluções que cheguem ao resultado requerido. Estas soluções devem ser analisadas e comparadas entre si, a fim de, se achar a que melhor se adequa, quando é levado em conta as especificações do projeto, o custo total, sua complexidade e qualidade da solução (BACK et al., 2008).

### 3.5.3.1. Matriz de Pugh

Criada por Stuart Pugh na década de 1990, a Matriz de Pugh é um método de comparação de conceitos de um produto que se pretende desenvolver, a um conceito de referência, facilitando a escolha de um conceito que se sobressaia entre os outros (FARIA, 2006).

A matriz é construída posicionando os diferentes conceitos de produtos em colunas, em uma coluna à direita coloca-se um conceito como referência, para que se possa comparar os outros conceitos com o mesmo. Nas linhas da matriz são dispostos os requisitos ou critérios de avaliação para os conceitos (FARIA, 2006).

Para cada requisito é atribuído um peso, que indicará o quão importante ele é para os conceitos. Seguindo a matriz é indicado se o conceito é positivo, negativo ou equivalente, ao conceito adotado como referência, utilizando-se na matriz, os valores de “+1”, “-1” e “0”, respectivamente. Concluindo a matriz, serão somados todos os valores dos conceitos, multiplicando-os com o peso adotado para cada requisito, obtendo assim, uma pontuação para cada um dos conceitos. Os que obtiverem maiores resultados, são julgados mais adequados a serem adotados (ROZENFELD et al., 2006). A Figura 13 representa uma forma de como é montada a Matriz de Pugh.

Figura 13 – Estrutura da Matriz de Pugh

		Concepções						
		Peso	Concepção 1	Concepção 2 (referência)	Concepção 3	...	...	Concepção m
Critérios	Critério 1	P1		0				
	Critério 2	P2		0				
	Critério 3	P3		0				
	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...
	Critério n	Pn		0				
Peso Total			0					

Fonte: Rozenfeld et al., 2006

#### **3.5.4. Projeto Preliminar**

Nesta etapa será estabelecido o *layout* final do produto, a partir de todos os requisitos do projeto, adquiridos nas etapas anteriores, nesta fase também será definida a estrutura e os materiais necessários. Para se estabelecer o *layout* final deve-se realizar as tarefas de identificar as especificações do produto, determinar o seu processo de fabricação e definir os materiais e componentes a serem utilizados (BACK et al., 2008).

O projeto preliminar faz o uso de diversos tipos de modelos icônicos, numéricos, analógicos e computacionais, que são conhecidos como protótipos virtuais, para o entendimento e visualização do produto, baseando-se no projeto conceitual (BACK et al., 2008).

#### **3.5.5. Projeto Detalhado**

É nesta fase, onde ocorre a concepção do protótipo físico para o produto, o mesmo, será testado e definirá se o produto atende todas as especificações funcionais e de segurança. Quando aprovado o protótipo, é criado o plano de manufatura que contém todas as especificações técnicas atribuídas ao produto final. Além disso, é elaborado o manual de instruções, o manual de assistência técnica e um catálogo de partes. Ao final desta fase é realizada a solicitação de investimento e quando, aprovado, pode-se implementar o projeto, iniciando sua produção (BACK et al., 2008).

#### 4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta proposta de adequação, foi utilizada uma adaptação do modelo proposto por Back et al., (2008) Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, em que a adaptação da máquina VENCEDORA MAQTRON B-609 à NR-12, foi considerada como o desenvolvimento de um novo produto.

Durante a aplicação desta metodologia não foi utilizado as macro fases de planejamento e implementação do produto, assim como não foi utilizada a subfase de projeto detalhado que consiste na criação de um protótipo físico, para o produto. Desta forma o método foi iniciado no projeto informacional, e finalizado na etapa de projeto preliminar com a apresentação de renderizações 3D da máquina com as correções aplicadas.

A proposta se iniciou na fase informacional, onde foram determinadas as especificações do projeto, obtidas pelos requisitos de segurança impostos à máquina pela Norma Regulamentadora 12. Para isso, foram verificados quais os itens da norma o equipamento já atendia e também foi verificado quais os itens ele deve atender, utilizando a metodologia de apreciação de riscos fornecida pela NBR ISO 12100:2013, que consiste nas etapas de determinar os limites da máquina, identificar os perigos da máquina pelo método de baixo pra cima, fornecido pela ABNT ISO/TR 14121-2:2018 e na estimativa de risco, utilizando o método HRN, para classificar o perigo.

No projeto conceitual foram criadas soluções para as não-conformidades e perigos encontrados na etapa anterior. Após, foi utilizada a Matriz de Pugh para comparar as concepções criadas a partir das soluções obtidas, com os requisitos do projeto e então foi escolhida a concepção mais adequada em função de sua pontuação.

Após serem conhecidas todas as não-conformidades, perigos e suas soluções, durante a fase de projeto preliminar foi estabelecido o *layout* final do projeto, junto da determinação dos materiais e componentes necessários. Para isso, foi utilizado de protótipos virtuais, que proporcionaram uma visualização e determinação destes elementos utilizados. Estes protótipos foram desenvolvidos com a utilização do

software CAD SOLIDWORKS® e também foi avaliado quais os itens da NR-12 o equipamento passou a cumprir após as adições das correções, após obteve-se o *layout* e então foi finalizada a proposta de adequação.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa foi aplicada a metodologia de desenvolvimento de produtos previamente apresentada, tendo como objetivo a adequação da máquina trituradora de grãos à NR-12.

### 5.1. PROJETO INFORMACIONAL

A proposta se iniciou na fase informacional, na qual, foram avaliados os itens da NR-12 que a máquina cumpre e quais ela deve cumprir, foram determinados os limites da máquina, levantados os perigos que a mesma apresenta através do método de baixo para cima. Após, foi realizada uma estimativa e avaliação dos riscos e também a identificação das não conformidades em relação à norma, a fim de definir os requisitos do projeto.

#### 5.1.1. Avaliação dos requisitos da NR-12

Foi realizada uma avaliação dos itens que o equipamento e o ambiente em que ele está, que cumprem com os requisitos da NR-12 e os mesmos são:

- 12.2.2: A distância mínima entre máquinas, deve resguardar a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa;
- 12.2.3: As áreas de circulação e armazenamento de materiais e os espaços em torno de máquinas devem ser projetados de forma que os trabalhadores se movimentem com segurança;
- 12.2.4: O piso do local de trabalho onde se instalam máquinas e equipamentos e das áreas de circulação devem ser resistentes às cargas a que estão sujeitos e não devem oferecer riscos de acidentes;

- 12.5.1: As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.
- 12.5.4: A proteção fixa 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;

Os itens em não-conformidade com a NR-12 foram levantados e apresentados pelo Apêndice A. A partir da obtenção destes itens foi prosseguido para a determinação dos limites da máquina.

### 5.1.2. Determinação dos limites da máquina

A máquina apresentada pela Figura 14, é utilizada semanalmente, para o tritramento de milho, resultando no produto final, para a alimentação de animais. O processo se inicia com o abastecimento do funil com os grãos de milho, após, é dada a partida do motor elétrico e quando ele atingir a rotação de trabalho é realizada a abertura e regulagem da comporta do funil. Os grãos escoarão pela calha de entrada, sendo triturados e levados pela calha de saída, sendo depositados na caixa logo abaixo da mesma.

Figura 14 – Máquina trituradora de grãos utilizada para proposta.



Fonte: Autor, 2024.

Por se tratar de um equipamento de proporções pequenas, de simples configuração e manutenção, é necessário que somente o lado da calha de entrada esteja totalmente desobstruído para a operação e manutenção. Na frente da máquina é posicionado a caixa coletora, rente a calha de saída e nas outras laterais, deve ser mantido uma distância livre de 60 cm para circulação quando necessário.

### 5.1.3. Identificação dos perigos e não conformidades

Após definidos os limites da máquina, foram identificados as não conformidades em relação a NR-12 e os perigos que podem ocorrer utilizando o método de baixo para cima apresentado pela ABNT ISO/TR 14121-2:2018, em que, a partir do perigo é caracterizado o dano. A seguir serão apresentadas as não conformidades encontradas, as fontes de perigo e os potenciais danos que a máquina pode causar.

A máquina não conta com nenhum dispositivo de partida e parada, este na qual, deve seguir as indicações do tópico 12.4 da NR-12, além de não apresentar um dispositivo de parada de emergência, especificado pelo tópico 12.6 da mesma. A partida do motor é dada pela ligação direta a linha de energia, através de extensão conforme a figura 15, o mesmo ainda se encontra com a fiação elétrica em más condições, podendo levar a choques elétricos e a incêndios. O motor pode ser observado na figura 15.

Figura 15 – Motor elétrico utilizado pela máquina.



Fonte: Autor, 2024.

A estrutura em madeira que dá sustento ao motor e serve como tensionador para a correia, não está em boas condições estruturais, levando em conta, a estabilidade e a forma em que é acoplada ao triturador. A estrutura não mantém o devido alinhamento entre as polias do motor e do triturador, como pode ser observado pela figura 16, assim como, requer um espaço livre grande para seu posicionamento.

Figura 16 – Polias e correia da máquina.



Fonte: Autor, 2024.

Outro ponto de perigo que pode ser visualizado pela figura 16, é a falta de proteção fixa ou móvel, como prevê o tópico 12.5 da NR, nas partes que apresentam movimento da máquina. O equipamento encontra-se com as polias e a correia expostas, que podem causar o esmagamento ou decepamento de uma parte do corpo que entre acidentalmente em contato com o sistema.

A calha de entrada da máquina possui uma proteção móvel para evitar que partículas de grãos triturados sejam arremessadas para fora do equipamento, porém,

ela pode ser facilmente removida, descumprindo as normas do tópico 12.5 da NR e não impede que o operador utilize de objetos ou o próprio braço para empurrar os grãos para dentro do moinho, podendo causar graves danos à máquina e ao próprio operador. As figuras 17 e 18, respectivamente, demonstram as duas situações em que a calha de entrada pode estar.

Figura 17 – Calha de entrada com proteção móvel.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 18 – Calha de entrada sem a proteção móvel.



Fonte: Autor, 2024.

A tampa do moinho de martelos possui um mecanismo de trava que não possibilita sua abertura sem a utilização de uma ferramenta externa, como prevê o tópico 12.5 da norma, porém o mesmo, não possui um dispositivo de intertravamento com bloqueio, ou um aviso sobre os riscos de operar o equipamento com a tampa aberta e um aviso que alerte sobre os riscos da abertura da tampa durante o trabalho. A figura 19, demonstra o atual estado do mecanismo de trava da tampa.

Figura 19 – Sistema de travamento da tampa da máquina.



Fonte: Autor, 2024.

Por último, a base em que a máquina está alocada, é construída em madeira e não apresenta robustez necessária para manter a mesma estável durante seu uso, que leva ao risco de tombamento do equipamento, podendo causar danos ao operador e à máquina. A figura 20 apresenta como a máquina está apoiada na base de madeira.

Figura 20 – Estrutura da base da máquina.



Fonte: Autor, 2024.

Em relação a poeira gerada pelo processo de trituração, ela pode ser facilmente contida ao se posicionar uma cobertura de lona acima da caixa de coleta e da calha de saída. O ambiente em que a máquina está é bem ventilado e dispersa rapidamente a poeira excedente. O ruído gerado também não é impactante na saúde do operador, pois, o tempo de utilização é de poucos minutos e a frequência de utilização não é diária.

#### **5.1.4. Estimativa de risco**

Posteriormente, quando finalizado o levantamento dos perigos, foi efetuada a estimativa de riscos, utilizando-se da metodologia HRN. Nesta etapa, os perigos foram numerados e classificados pela sua fonte, seguindo, da determinação dos valores da Probabilidade de Ocorrência (LO), da Frequência de Exposição (FE), do Grau de Possível Lesão (DPH) e do Número de Pessoas à Mercê do Risco (NP). Tais valores e o resultado da estimativa de riscos, calculada com a equação do HRN são apresentados pela tabela 2.

Tabela 2 – Estimativa de risco pelo método HRN.

N°	Origem do Perigo	Perigo	LO	FE	DPH	NP	HRN
1	Motor Elétrico	Choque elétrico	10	1,5	15	1	225
2	Motor Elétrico	Incêndio	5	1,5	2	1	15
3	Ausência de dispositivo de parada de emergência	Agravamento de danos	10	1,5	4	1	60
4	Ausência de dispositivos de partida e parada	Choque elétrico	15	1,5	15	1	337,5
5	Estrutura do motor	Tombamento da máquina	8	5	2	1	80
6	Estrutura do motor	Escape da correia de tração	15	1,5	0,5	1	11,3
7	Estrutura da máquina	Contato com as polias e correia	10	1,5	4	1	60
8	Calha de entrada	Partes do corpo ou objetos entrarem na máquina	10	1,5	4	1	60
9	Tampa da máquina	Ligar a máquina com a tampa aberta	5	1,5	4	1	30
10	Tampa da máquina	Abrir a tampa com a máquina operando	5	1,5	4	1	30
11	Base do equipamento	Tombamento da máquina	10	5	2	1	100
12	Poeira do processo	Alergias	15	1,5	0,1	1	2,25
13	Ruído do processo	Danos auditivos	5	1,5	2	1	15

Fonte: Autor, 2024.

### 5.1.5. Avaliação dos riscos

Concluída a estimativa de riscos foi realizada a avaliação de riscos, os mesmos foram organizados em ordem crescente de seu coeficiente HRN e classificados de acordo com o Quadro 1, apresentado anteriormente. Tal classificação pode ser visualizada no Quadro 2.

Quadro 2 – Avaliação dos riscos.

<b>Nº</b>	<b>Origem do Perigo</b>	<b>Perigo</b>	<b>HRN</b>	<b>Classificação</b>
12	Poeira do processo	Alergia	2,25	Muito Baixo
13	Ruído do processo	Danos auditivos	6	Muito Baixo
6	Estrutura do motor	Escape da correia de tração	11,3	Significante
2	Motor Elétrico	Incêndio	15	Significante
9	Tampa da máquina	Ligar a máquina com a tampa aberta	30	Significante
10	Tampa da máquina	Abrir a tampa com a máquina operando	30	Significante
3	Ausência de dispositivo de parada de emergência	Agravamento de danos	60	Alto
7	Estrutura da máquina	Contato com as polias e correia	60	Alto
8	Calha de entrada	Partes do corpo ou objetos entrarem na máquina	60	Alto
5	Estrutura do motor	Tombamento da máquina	80	Alto
11	Base do equipamento	Tombamento da máquina	100	Muito Alto
1	Motor Elétrico	Choque elétrico	225	Muito Alto
4	Ausência de dispositivos de partida e parada	Choque elétrico	338	Muito Alto

Fonte: Autor, 2024.

Com a classificação obtida pelo Quadro 2, é possível determinar a prioridade das ações corretivas a serem tomadas. Estas ações foram pensadas de maneira que eliminem ou reduzam a probabilidade de ocorrência dos perigos encontrados. Para isso, o Quadro 3, apresentado em seguida, foi feito separando a máquina em regiões e junto delas, foram apresentados os requisitos necessários para a contenção dos perigos listados anteriormente.

Quadro 3 – Requisitos de segurança do projeto.

<b>Região</b>	<b>Requisitos</b>
Motor Elétrico	Impedir a causa de incêndios.
	Não oferecer risco de choque elétrico.
Toda a Máquina	Obter um dispositivo apropriado de partida/parada.
	Obter um dispositivo de parada de emergência.
Estrutura do Motor	Garantir equilíbrio mínimo para evitar tombamentos.
	Prover alinhamento entre as polias do motor e da máquina.
Estrutura da Máquina	Impedir acesso aos componentes móveis externos.
Calha de Entrada	Dificultar acesso ao interior da máquina.
Tampa da Máquina	Evitar a partida da máquina com a tampa aberta.
	Evitar sua abertura com a máquina em funcionamento.
Base da Máquina	Garantir a estabilidade de toda a máquina.
Arredores da Máquina	Conter a propagação da poeira do processo.
	Reduzir o nível de ruído.

Fonte: Autor, 2024.

## 5.2. PROJETO CONCEITUAL

Após a coleta de todas as inconformidades com a norma e dos perigos existentes na máquina, foram buscadas soluções que atendessem os requisitos listados anteriormente no Quadro 3. Tais soluções, foram dispostas no Quadro 4, de modo, em que a segunda coluna do quadro são os requisitos de segurança, acompanhados de diversas soluções para o mesmo, quando existentes, visando o cumprimento da NR-12.

Quadro 4 – Quadro de soluções.

Nº	Requisitos de segurança	Solução 1	Solução 2	Solução 3
1	Impedir a causa de incêndios.	Substituição da fiação existente		
2	Não oferecer risco de choque elétrico.			
3	Obter um dispositivo apropriado de partida/parada.	Chave de partida direta	Botão de comando duplo	Chave seletora 2 posições
4	Obter um dispositivo de parada de emergência.	Botão de emergência com retenção		
5	Garantir equilíbrio mínimo para evitar tombamentos.	Construir uma nova estrutura adequada às necessidades	Utilizar a estrutura existente na máquina	
6	Prover alinhamento entre as polias do motor e da máquina.			
7	Impedir acesso aos componentes móveis externos.	Proteção fixa		
8	Dificultar acesso ao interior da máquina	Grade de segurança	Melhorar a proteção móvel	Alongar a calha de entrada
9	Evitar a partida da máquina com a tampa aberta.	Sensor magnético	Dispositivo de intertravamento com bloqueio	Sinalização de segurança
10	Evitar sua abertura com a máquina em funcionamento.	Trava parafusada		
11	Garantir a estabilidade de toda a máquina.	Parafusar o equipamento ao piso	Utilizar pés niveladores de borracha	
12	Conter a propagação da poeira do processo.	Isolar a calha de saída e a caixa de coleta	Aumentar a ventilação do local	
13	Reduzir o nível de ruído.	Utilizar proteção auricular		

Fonte: Autor, 2024.

Após estar em posse das possíveis soluções para os problemas listados anteriormente, foram criadas 4 concepções, combinando as soluções e atribuindo uma solução para cada requisito. O Quadro 5, contém todas as 4 concepções criadas a partir das soluções obtidas.

Quadro 5 – Quadro de concepções

<b>N° do Requisito</b>	<b>Concepção 1</b>	<b>Concepção 2</b>	<b>Concepção 3</b>	<b>Concepção 4</b>
1	Substituição da fiação existente	Substituição da fiação existente	Substituição da fiação existente	Substituição da fiação existente
2				
3	Chave seletora 2 posições	Chave de partida direta	Botão de comando duplo	Chave de partida direta
4	Botão de emergência com retenção	Botão de emergência com retenção	Botão de emergência com retenção	Botão de emergência com retenção
5	Construir uma nova estrutura adequada às necessidades	Utilizar a estrutura existente na máquina	Utilizar a estrutura existente na máquina	Construir uma nova estrutura adequada às necessidades
6				
7	Proteção fixa	Proteção fixa	Proteção fixa	Proteção fixa
8	Grade de segurança	Melhorar a proteção móvel	Alongar a calha de entrada	Grade de segurança
9	Sensor magnético	Dispositivo de intertravamento com bloqueio	Sinalização de segurança	Dispositivo de intertravamento com bloqueio
10	Trava parafusada			
11	Parafusar o equipamento ao piso	Utilizar pés niveladores de borracha	Utilizar pés niveladores de borracha	Parafusar o equipamento ao piso
12	Isolar a calha de saída e a caixa de coleta	Aumentar a ventilação do local	Aumentar a ventilação do local	Isolar a calha de saída e a caixa de coleta
13	Utilizar proteção auricular	Utilizar proteção auricular	Utilizar proteção auricular	Utilizar proteção auricular

Fonte: Autor, 2024.

Com a finalidade de comparar as concepções criadas, foi utilizada a Matriz de Pugh, apresentada pela Tabela 3, em que, a concepção 4 foi utilizada como referência de comparação para os critérios definidos. Cada critério possui um valor de peso de 1 a 5, sendo, para o peso 1 a menor importância e para o peso 5 a maior importância, com a finalidade, de encontrar a concepção mais adequada aos requisitos obtidos.

Tabela 3 – Matriz de Pugh.

Critérios	Peso	Concepções			
		1	2	3	4(Referência)
Atender os critérios da NR-12	5	0	0	0	0
Viabilidade econômica	5	-1	1	1	0
Facilidade de instalação	4	-1	0	1	0
Facilidade de uso	3	-1	0	1	0
Confiabilidade das adequações	4	-1	0	0	0
Não alterar as características originais da máquina	3	-1	-1	1	0
Facilidade de manutenção	3	0	0	0	0
Simplicidade do projeto	3	-1	0	1	0
<b>Peso total</b>		<b>-22</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>0</b>

Fonte: Autor. 2024.

Com os resultados obtidos pela utilização da Matriz de Pugh, se constata, que a concepção 3 é a mais adequada para o projeto, devido ao seu maior peso entre as outras concepções comparadas. Portanto o projeto seguirá para a etapa preliminar levando em conta, as soluções propostas pela mesma.

### 5.3. PROJETO PRELIMINAR

A partir do conceito selecionado, deu-se início ao desenvolvimento do *layout* final para a adaptação da máquina. Para tal, foram identificados os componentes, estruturas e sistemas da concepção mais adequada. Com o suporte de um *software* CAD, foram criados protótipos virtuais que facilitaram a construção e a visualização dos sistemas planejados. Primeiramente, foi elaborado o modelo da máquina original, sem modificações, o mesmo pode ser visualizado na Figura 21, este modelo serviu de base para todas as adequações requeridas.

Figura 21 – Renderização virtual do triturador de grãos.

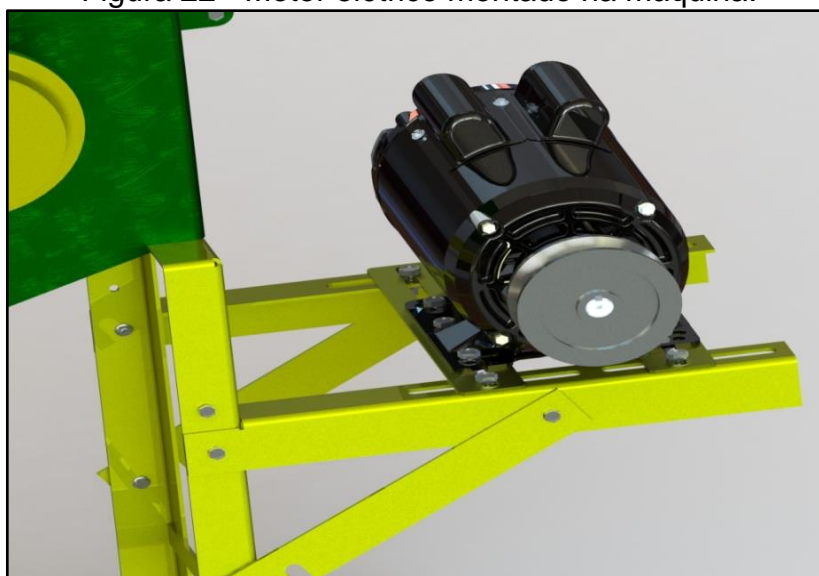


Fonte: Autor, 2024.

### 5.3.1. Motor elétrico e comando da máquina

O motor elétrico, passou a ser montado na estrutura presente na máquina, como pode ser visualizado na Figura 22, ele passou a ser parafusado em barras com furação oblonga, onde é possível realizar os ajustes de alinhamento entre as polias do motor e da máquina e também, realizar o aperto da correia, com os furos oblongos presentes no estrutural da máquina.

Figura 22 - Motor elétrico montado na máquina.



Fonte: Autor, 2024.

Para o cumprimento do item 12.5.9 da NR-12 apresentado no Apêndice A, foi construído uma proteção fixa para as polias e correia da máquina, ela foi projetada com o intuito de ser construída com chapas metálicas cortadas a *laser* e dobradas para chegar a sua forma final. Ela foi fixada na máquina utilizando sua própria estrutura como suporte e também com uma barra parafusada a mesma, onde é possível realizar ajustes da posição caso necessário. A Figura 23 demonstra a proteção fixa montada na máquina.

Figura 23 - Proteção fixa montada na máquina.



Fonte: Autor, 2024.

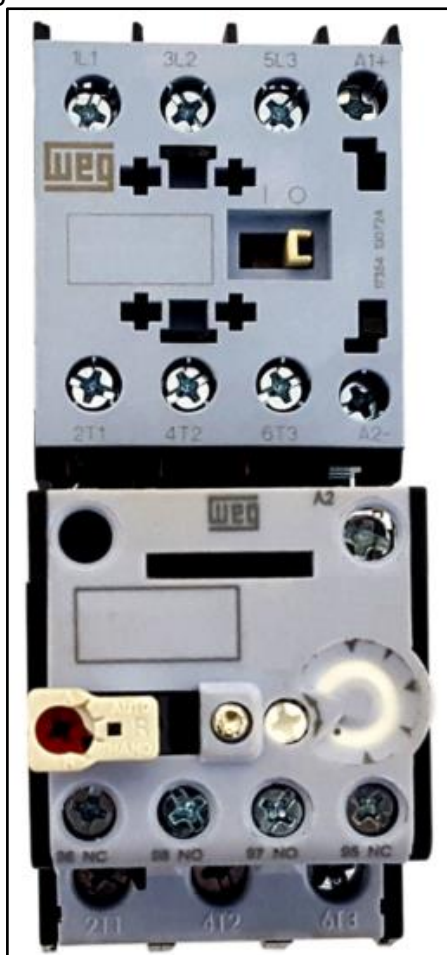
Foram obtidos botões de comando, para partida e parada, representados pela figura 24, e uma nova fiação que será montada em conjunto com todos os novos componentes para ligar e desligar o equipamento e também foi adquirido um contator com relé térmico (figura 25) para proteção contra sobretensão elétrica. Ainda durante a montagem destes itens, será realizado todo o aterramento da máquina, assim, com estas adições a máquina estará de acordo com os itens 12.3.1, 12.3.2, 12.3.7.1, 12.4.2, da NR-12.

Figura 24 - Caixa de comando com dois botões.



Fonte: Metaltex, 2024.

Figura 25 - Contator com relé térmico.



Fonte: Viewtech, 2024.

Outra adição, foi o botão de emergência com retenção (figura 26), conectado em série e em posição onde, garanta que a máquina não seja acionada de maneira alguma, quando o botão estiver acionado, cumprindo assim com o item 12.6.1 da norma.

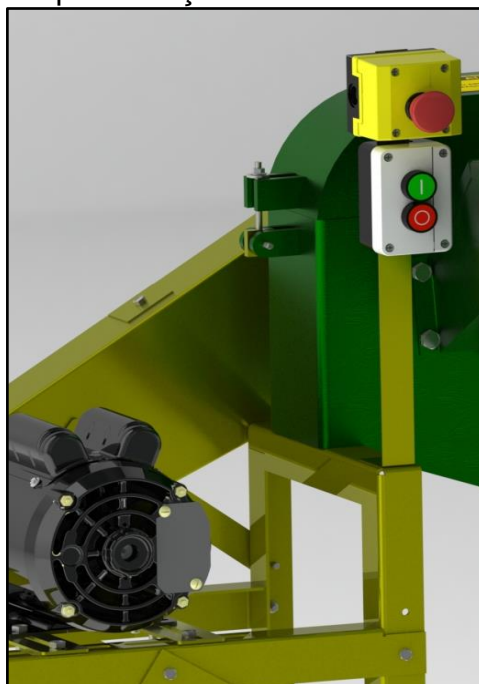
Figura 26 - Botão de emergência com retenção.



Fonte: Metaltex, 2024.

Por fim, a Figura 27 representa uma possível montagem destes componentes na máquina.

Figura 27 - Representação dos elementos de comando.



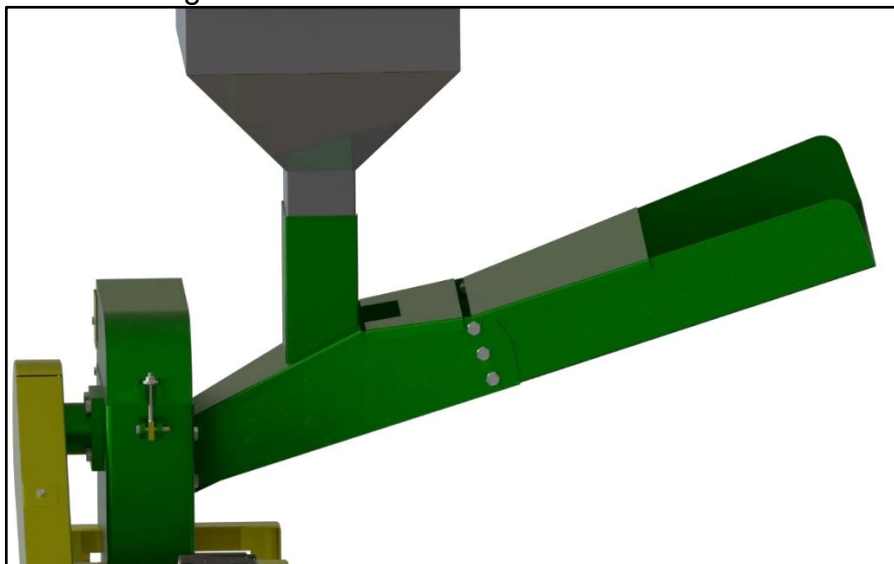
Fonte: Autor, 2024

### 5.3.2. Outras adaptações

Para a calha de entrada, foi construída uma extensão em chapa metálica, cortada e dobrada, a mesma foi fixada com a utilização de parafusos nas laterais e possui a função de dificultar o acesso ao interior da máquina. Junto, foi construído duas chapas de vedação superior, uma contendo uma abertura para que somente as

sementes possam entrar na máquina, sua fixação será rebitada a calha. Esta adequação tem o intuito de cumprir o item 12.5.1 da NR-12, onde combinando estas novas partes com a proteção móvel já existente, aumenta a segurança para o operador. A Figura 28, ilustra as peças construídas montadas na máquina.

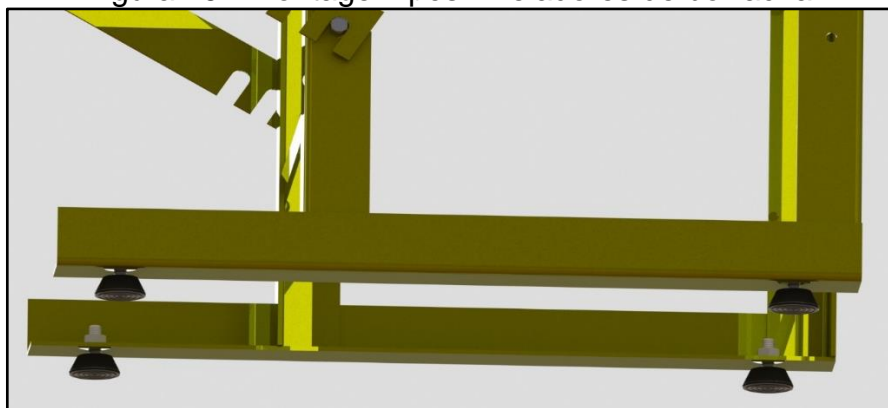
Figura 28 - Extensão da calha de entrada.



Fonte: Autor, 2024.

Outro ponto alterado, foi a remoção da estrutura em madeira que ficava abaixo da máquina e era responsável pelo suporte da mesma. A partir disso, passou a ser utilizado pés niveladores de borracha, os mesmos tiveram suas porcas soldadas na estrutura inferior da máquina e com isto é possível realizar um ajuste para que a mesma fique nivelada e mais segura no chão, adequando assim, o item 12.2.6 da NR-12. A Figura 29 representa como estão acoplados estes pés.

Figura 29 - Montagem pés niveladores de borracha.

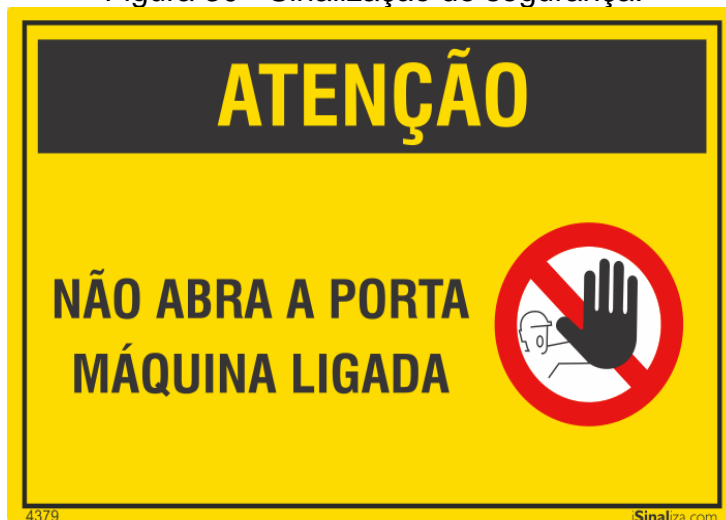


Fonte: Autor, 2024.

Foi incorporado a utilização de sinalizações de segurança em componentes que podem apresentar riscos e também para informar a forma de utilização da máquina.

A sinalização será composta por etiquetas adesivas coladas na estrutura da máquina, a Figura 30 demonstra uma etiqueta utilizada na adequação.

Figura 30 - Sinalização de segurança.



Fonte: iSinaliza, 2024.

Para os problemas com o ruído gerado pela utilização da máquina, será recomendado ao operador a utilização de protetores auriculares e quanto a poeira do processo, será aconselhado que se trabalhe com as portas do local abertas e continue se utilizando da cobertura da caixa de coleta.

No ambiente em que a máquina está, serão demarcadas as áreas de circulação e as áreas onde estão instaladas as máquinas, adequando assim o item 12.2.1 da norma.

### 5.3.3. *Layout final do produto*

Após serem aplicadas todas as correções e novos componentes, foi feito uma lista de checagem, contendo o número do item da norma, levantado no Apêndice A, a solução encontrada para se adequar tal item e se, esta solução cumpre ou não com a NR-12. Esta lista está disponibilizada na tabela 4.

Tabela 4 - Lista de checagem da NR-12

<b>Número do item da NR-12</b>	<b>Solução proposta</b>	<b>Conclusão</b>
12.2.1	Demarcação do ambiente	Cumprir a Norma
12.2.6	Pés niveladores	Cumprir a Norma
12.3.1	Refazer a elétrica da máquina	Cumprir a Norma
12.3.2	Refazer a elétrica da máquina	Cumprir a Norma
12.3.7.1	Contator com relé térmico	Cumprir a Norma
12.4	Caixa de comando com botões sem retenção	Cumprir a Norma
12.5.1	Alongamento da calha de entrada	Cumprir a Norma
12.5.9	Proteção fixa para correia e polias	Cumprir a Norma
12.6.1	Botão de emergência	Cumprir a Norma

Fonte: Autor, 2024.

A partir da observação da Tabela 4 foi verificado, que o *layout* proposto, cumpre a função de adequar todos os requisitos levantados no Apêndice A e com isso, o protótipo está apto a seguir para a sua implementação.

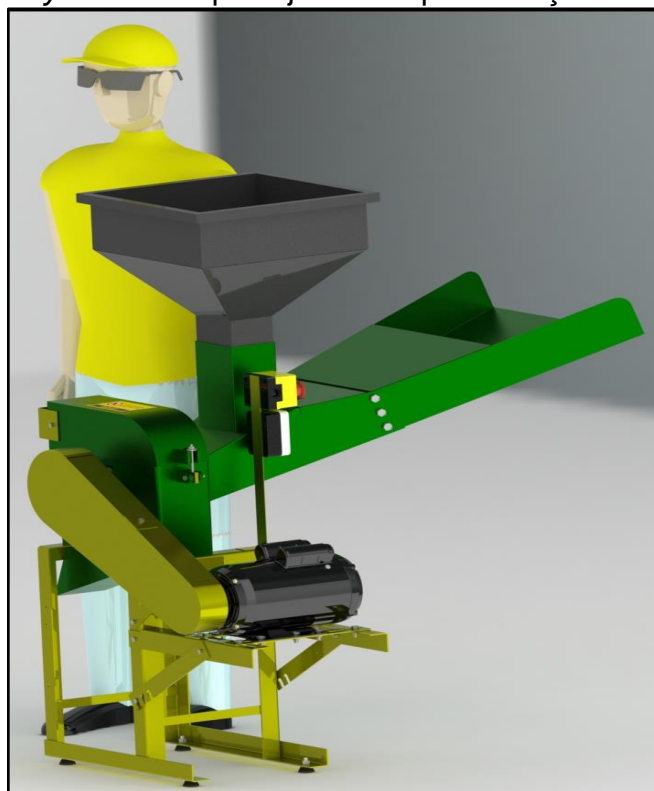
E por fim, gerou-se o *layout* final do produto, que consta da máquina original, com todas as alterações principais implantadas. A Figura 31 ilustra como ficou o protótipo com suas adequações. Já na Figura 32, é ilustrado a máquina junto a representação de um humano de 1,70 metros de altura, para melhor compreensão das dimensões da mesma.

Figura 31 -*Layout* final da adaptação.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 32 - *Layout* da máquina junto a representação de um humano.



Fonte: Autor, 2024.

## 6. CONCLUSÃO

Em virtude dos acidentes que acontecem no meio rural e pela falta de conhecimento das normas de regularização pelos trabalhadores rurais, buscou-se adequar o equipamento, presente em uma pequena propriedade rural, à Norma Regulamentadora 12, que traz uma série de requisitos de segurança para máquinas e equipamentos.

Para realização de tal adequação, foram utilizados os requisitos de segurança exigidos para cada item da máquina, além da realização da análise de riscos proposta pela NBR ISO 12100:2013. Onde tal processo consistiu das etapas de identificação de perigos, na qual foram identificados todos os possíveis perigos da máquina, na etapa de estimativa de riscos, onde foram quantificados e avaliados os riscos e estes foram classificados e definidos os requisitos do projeto. Tal modelo mostrou-se muito útil durante a proposta, pois demonstrou facilmente onde estavam os maiores riscos da máquina e onde era necessário agir com maior prioridade.

A metodologia de desenvolvimento de produto, auxiliou em todas as etapas do processo, em virtude de tornar todo o mesmo, mais sistemático e eficiente. A criação de concepções e a utilização da Matriz de Pugh, para comparar as mesmas, foi de grande utilidade, pois com ela conseguiu-se uma solução que estava mais adequada com os requisitos e a necessidade do cliente.

A concepção escolhida teve como principal ponto ser de simples instalação, assim foram escolhidas melhorias que corrigissem os requisitos não-conformes a norma. Para cumprir com os itens 12.3.1, 12.3.2, 12.3.7.1, 12.4.2, 12.6.1, foi proposta a instalação de novos componentes elétricos, estes itens, junto da instalação de uma nova fiação elétrica, satisfazem todos os requisitos citados e reduzem a probabilidade de ocorrência do maior risco encontrado na máquina, o risco de choque elétrico.

Já para adequar o item 12.5.1 e o item 12.5.9 da NR-12, foram dimensionadas e instaladas novas peças na máquina, as mesmas, elevam a segurança da máquina, diminuem o risco de o operador entrar em contato com as partes móveis e cumprem os requisitos impostos pela norma.

Para evitar que a máquina corra o risco de tombamento e também para cumprir o item 12.2.6 da NR-12, foram obtidos e instalados pés niveladores, os mesmos são comumente encontrados em diversos equipamentos e são de simples instalação. E por fim, para cumprir com o item 12.2.1 da norma, todo o ambiente em que a máquina

se encontra será demarcado, levando em conta as áreas para circulação e as áreas das máquinas.

Para realizar esta proposta de adequação, a utilização de *softwares* para criar vistas da máquina, foi indispensável, pois foi possível criar os novos componentes solicitados pela concepção e também desenvolver o *layout* final desta adaptação, através de renderizações do protótipo com todos os requisitos implementados, tornando assim mais simples e visível as alterações.

## 7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Em função dos resultados obtidos nesta proposta e em visão de aprofundar o tema estudado e trabalhado na mesma é proposto para se trabalhar no futuro:

- Continuar as fases restantes da metodologia de desenvolvimento de produto, até a criação e testes do protótipo concebido do *layout* final.
- Aplicar a metodologia utilizada no trabalho em uma serra de bancada, que está na propriedade.
- Buscar uma melhor organização e disposição de todos os equipamentos presentes na propriedade.
- Buscar difundir a importância de possuir equipamentos adequados às normas, com outros agricultores da região.

## 8. REFERÊNCIAS

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

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

BACK, N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. 1. ed. Barueri: Manole, 2008.

BARSANO, P. R.; BARBOSA, R. P. Controle de riscos: prevenção de acidentes no ambiente ocupacional. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 121 p. ISBN 978-85-365-1799-5.

BRASIL. Ministério da Economia. Norma Regulamentadora 12 - Segurança em máquinas e equipamentos. Brasília, DF: Secretaria Especial de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia, 2022.

BRASIL. Ministério da Economia. Norma Regulamentadora 31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura. Brasília, DF: Secretaria Especial de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia, 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Comissão Tripartite Paritária Permanente. Normas Regulamentadoras. Normas Regulamentadoras Vigentes. Norma Regulamentadora No. 12 (NR-12). [2024]. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>>. Acesso em: 22-03/2024.

CÂMARA, F. M. Saúde e segurança do trabalho. 1. ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016. ISBN 978-85-84825-46-2.

CEAGESP, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Exportação: Pelo quarto ano consecutivo, agronegócio atinge recorde com faturamento. 2024. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/export-cepea-pelo-quarto-ano-seguido-agronegocio-atinge-recorde-com-faturamento.aspx>>. Acesso em: 29/02/2024.

Comercial Reck – Loja virtual. Disponível em <<https://comercialreck.mercadoshops.com.br>> Acesso em 22/03/2024

CORREIO DO POVO. Atividade rural é líder em subnotificação de acidentes de trabalho, diz coordenador. 2022. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/noticias/rural/atividade-rural-e-lider-em-subnotificacao-de-acidentes-de-trabalho-diz-coordenador-1.850600>. Acesso em: 29/02/2024.

CORREIO DO POVO. RS registrou mais de 1,4 mil mortes por acidentes de trabalho nos últimos quatro anos. 2023. Disponível em:

<https://www.correiodopovo.com.br/noticias/cidades/rs-registrou-mais-de-1-4-mil-mortes-por-acidentes-de-trabalho-nos-ultimos-quatro-anos-1.1037408>. Acesso em: 29/02/2024.

FARIA, Caroline. Método de Pugh. InfoEscola. 2006. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/empresas/metodo-de-pugh/>>. Acesso em: 13/05/2024

FORBES. O que é a agricultura 4.0? 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/05/o-que-e-a-agricultura-4-0/#:~:text=Agricultura%203.0%3A%20Utilizada%20para%20definir,com%20a%20sustentabilidade%20do%20planeta>. Acesso em: 2024-03-08.

GARCIA, Ernani F. Perez. Aspectos da NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. 2015. Instituto de Engenharia. Disponível em: <<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/wp-content/uploads/2017/10/arqnot9103.pdf>>.

GONÇALVES, Samuel Potma Garcias. NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. 2017. CREA. Disponível em: <[https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2017/05/Palestra\\_NR12.pdf](https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2017/05/Palestra_NR12.pdf)>. Acesso em: 05/04/2024

ITAIPU Binacional. Há 40 ANOS, ITAIPU BINACIONAL AJUDAVA A CRIAR AS NORMAS REGULAMENTADORAS (NRS). 2018. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.py/sala-de-imprensa/noticia/ha-40-anos-itaipu-binacional-ajudava-criar-normas-regulamentadoras-nrs>>. Acesso em: 15/05/2024

KÜNZEL, Walter Luís. HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade. Portal CREA. p. 2-4. 2019. Disponível em: <[https://portal.crea-sc.org.br/wp-content/uploads/2019/06/okArtigo\\_-HRN.pdf](https://portal.crea-sc.org.br/wp-content/uploads/2019/06/okArtigo_-HRN.pdf)>. Acesso em 05/04/2024.

Maqtron – Manual de instruções desintegradores. 11p, 2006. Disponível em: <<https://www.vencedoramaqtron.com.br>>. Acesso em 15/05/2024.

MELO, Maurício Passos de. NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos O Setor de Cultivo de Algodão e a Aplicação da NR 12. Ministério do Trabalho e do Emprego. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/338877/>>. Acesso em: 05/04/2024

Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, SmartLab, 2024, Disponível em: <<https://smartlabbr.org>>. Acesso em 08/08/2024.

PROMETAL EPIS. NR 31: A segurança do trabalho na zona rural. Prometal Epis – Blog. Disponível em: <https://prometalepis.com.br/blog/135-nr-31-a-seguranca-do-trabalho-na-zona-rural/>. <<https://prometalepis.com.br/blog/135-nr-31-a-seguranca-do-trabalho-na-zona-rural/>> Acesso em: 15/03/2024.

RODRIGUES VL, SILVA JG. Acidentes de trabalho e modernização da agricultura brasileira. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional 1986; 14:28-39.

RODRIGUES, Denilson Eduardo. Avaliação do desempenho de cinco marcas de desintegrador / picador / moedor (DPM) na moagem de milho. 2000. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10713>>

ROZENFELD, H. et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

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

SEBEC - Serviço de Bem-Estar e Capacitação. Acidentes de trabalho. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<https://sites.uel.br/sebec/acidente-do-trabalho/#:~:text=As%20principais%20causas%20do%20acidente,pelo%20trabalhador%20e%20as%20condições>>. Acesso em: 15/03/2024.

SHINAR, D., GURION, B.; FLASCHER, O. M. The Perceptual Determinants of Workplace Hazards. Proceedings of the Human Factors Society: 35 th Annual Meeting, San Francisco, California: v.2, p. 1095 - 1099, 2-6 sep. 1991.

SILVA, J. R. da; FURLANI NETO, V.; SIDOU, N. B. de A.; GONÇALVES, E. T.; BACCI, C. ACIDENTES GRAVES NO TRABALHO RURAL ENTRE 1994 E 1997 NA REGIÃO CENTRO-SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 83–97, 2001. DOI: 10.24278/2178-5031.2001131631. Disponível em: <<https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/631>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

SILVA. Antonia Gilmar. Segurança do Trabalho: A importância da NR12 na indústria. 2020. Centro Universitário Anhanguera. Disponível em: <<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/30695/1/ATIVIDADE-3%2BTCC%2BANTONIA%2BGILMARA%2BSILVA%281%29..pdf>>.

SILVEIRA, C. A.; ROBAZZI, M. L. C. C.; MARZIALE, M. H. P.; DALRI, M. C. B. Acidente de trabalho entre trabalhadores rurais e da agropecuária identificados através de registros hospitalares. Ciência, Cuidado e Saúde, v. 4, n. 2, p. 120-128, 26 set. 2008.

TERRAMAGNA. Blog. Agricultura 4.0: O que é e quais são as suas vantagens? Disponível em: <<https://terramagna.com.br/blog/agricultura-4-0/#:~:text=A%20Agricultura%204.0%20atua%20na,desperdícios%20e%20custos%20C%20entre%20outras>>. Acesso em: 29/02/2024.

TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO - TST. Programa Trabalho Seguro-História. 2015. Disponível em: <<http://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/historia>>.

TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO. Resolução do Conselho Superior da Justiça do Trabalho. Tribunal Superior do Trabalho. Disponível em: <https://tst.jus.br/web/trabalhoseguro/resolucao#:~:text=19%20da%20Lei%20n%20208.213,no%20inciso%20VII%20do%20art>. Acesso em: 15/03/2024.

ZIO, E. Introduction to the basics of reliability and risk analysis. Nova Jersey: World Scientific, 2007. ISBN 9812706399.

## APÊNDICE A – Requisitos da NR-12 a serem cumpridos.

<b>Tópico</b>	<b>Requisito</b>
<b>12.2.1</b>	Nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas em conformidade com as normas técnicas oficiais.
<b>12.2.6</b>	As máquinas estacionárias devem possuir medidas preventivas quanto à sua estabilidade, de modo que não basculem e não se desloquem intempestivamente por vibrações, choques, forças externas previsíveis, forças dinâmicas internas ou qualquer outro motivo acidental.
<b>12.3.1</b>	Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto nas normas técnicas oficiais e, na falta dessas, nas normas internacionais aplicáveis.
<b>12.3.2</b>	Devem ser aterradas, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão.
<b>12.3.7.1</b>	As máquinas e equipamentos devem possuir dispositivo protetor contra sobretensão quando a elevação da tensão puder ocasionar risco de acidentes.
<b>12.4.2</b>	Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.
<b>12.5.1</b>	As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.
<b>12.5.9</b>	As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, desde que ofereçam risco, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.
<b>12.6.1</b>	As máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.