

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS - CAMPUS FORMIGA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Lucas Calazans Silva

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE MÁQUINA EMBRULHadeira À
NORMA NR-12 PARA USO EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA DE
BALAS**

Formiga

2022

LUCAS CALAZANS SILVA

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE MÁQUINA EMBRULHADEIRA À
NORMA NR-12 PARA USO EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA DE
BALAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Minas Gerais Campus
Formiga, como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.
Orientador: Prof. Dr. Lucas Frederico Jardim
Meloni

Formiga

2022

Silva, Lucas Calazans
S586p Proposta de adequação de máquina embrulhadeira à norma NR-12 para uso em
indústria alimentícia de balas / Lucas Calazans Silva
-- Formiga : IFMG, 2022.
59p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Frederico Jardim Meloni
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. NR-12. 2. Retrofitting. 3. Segurança em máquinas.
I. Meloni, Lucas Frederico Jardim. II. Título.

CDD 621.3

LUCAS CALAZANS SILVA

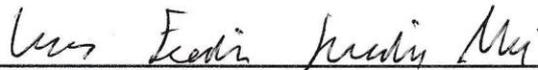
PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE MÁQUINA EMBRULHADEIRA À NORMA NR-12
PARA USO EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA DE BALAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Minas
Gerais como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Avaliado em: 2 de dezembro de 2027.

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA



Prof. Lucas Frederico Jardim Meloni



Prof. Marco Antônio Silva Pereira



Msc. Rodrigo Menezes Sobral Zacaroni

RESUMO

A falta de proteções ou dispositivos de segurança em máquinas operatrizes, juntamente com as más condições de uso e o despreparo dos operadores, são as maiores causas de acidentes na indústria. Com intuito de minimizar o número de acidentes por falhas de segurança em máquinas, o Ministério do Trabalho e Emprego publicou em 1978 a Norma Regulamentadora NR-12 a qual estabelece exigências mínimas e recomendações de segurança que vão desde o projeto até o descarte de máquinas, de modo a promover a segurança no ambiente de trabalho. De modo a propor a operação de uma máquina embrulhadeira, modelo GD-2650, utilizada no processo de embalagem de balas e caramelos em uma empresa alimentícia, este trabalho propõe alterações e modificações no projeto elétrico e painel de comando, de modo que sejam executadas as recomendações da NR-12. Adicionalmente, também serão sugeridas pequenas melhorias de alguns sistemas, como o controle de temperatura para aquecimento da embalagem e a implementação de um horímetro para verificar o tempo em que a máquina está em funcionamento. Inicialmente será mostrado um estudo realizado sobre a NR-12, ressaltando os detalhes dessa norma que foram aplicados nesta proposta, seguido do processo de discussão sobre o *retrofitting* e sua utilização na indústria. Finalmente se descreveu a implementação proposta para a máquina analisada e por fim, será mostrado que tal proposta é útil na prevenção de acidentes de trabalho e também para manter o processo produtivo livre de intercorrências.

Palavras Chave: NR-12. *Retrofitting*. Segurança em máquinas.

ABSTRACT

The lack of guards or safety devices on machine tools, along with poor conditions of use and the unpreparedness of operators, are major causes of accidents in industry. In order to minimize the number of accidents due to safety failures in machines, the Ministry of Labor and Employment published in 1978 the Regulatory Standard NR-12, which establishes minimum requirements and safety recommendations ranging from the design to the disposal of machines, in order to promote safety in the work environment. In order to propose the operation of a wrapping machine, model GD-2650, used in the process of packaging candies and caramels in a food company, this paper proposes changes and modifications in the electrical project and control panel, so that the recommendations of NR-12 are implemented. Additionally, small improvements to some systems will also be suggested, such as temperature control for heating the packaging and the implementation of an hour meter to check the time the machine is running. Initially a study about the NR-12 will be shown, highlighting the details of this applicable in this proposal, followed by the discussion about retrofitting and its use in the industry. Finally, the proposed implementation for the analyzed machine was described and, finally, it will be shown that such proposal is useful to prevent accidents at work and also to keep the production process free of interferences.

Keywords: NR-12. Retrofitting. Safety in machinery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Embrulhadeira – GD 2650.....	18
Figura 2 - Riscos com parte girante e resistência da máquina.....	19
Figura 3 – Risco em cortes nas lâminas.....	20
Figura 4 - Painel de controle.....	21
Figura 5 - Componentes do painel de comando.....	21
Figura 6 - Sinaleiro verde.....	22
Figura 7- Botão de pulso reto.....	23
Figura 8 - Chave comutadora.....	23
Figura 9 - Botão de <i>Reset</i>	24
Figura 10- Potenciometro.....	25
Figura 11 - Botão de emergência.....	25
Figura 12 - Controlador de temperatura.....	26
Figura 13 - Horímetro.....	27
Figura 14 - Tacômetro.....	28
Figura 15 - Prensa cabos.....	28
Figura 16 - Painel do circuito de força.....	29
Figura 17 - Componentes do painel do circuito de força.....	30
Figura 18 - Inversor.....	31
Figura 19 - Disjuntor motor.....	32
Figura 20 - Contator.....	32
Figura 21 - Relé de proteção.....	33
Figura 22 - Fonte de alimentação.....	34
Figura 23 - Disjuntor termomagnético.....	35
Figura 24 - Relé e Relé de estado sólido.....	36
Figura 25 - Canaleta elétrica.....	36
Figura 26 - Trilho DIN.....	37
Figura 27 - Bornes.....	37
Figura 28 - Cabos para conexão.....	38
Figura 29 - Anilha.....	38
Figura 30 - Sensor indutivo.....	39
Figura 31 - Sensor magnético.....	40

Figura 32 - Dimensões da máquina.....	41
---------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Riscos envolvidos no trabalho com a embrulhadeira GD-2650.....	19
Tabela 2 – Componentes e tópicos da normatização.....	44
Tabela 3 – Preço para realizar a proposta de adequação.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LED – *Light-emitting diode*.

NR – Norma regulamentadora.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 NR-12 – Apresentação e aplicações em <i>Retrofitting</i> de máquinas.....	14
2.2 Proteção em máquinas e equipamentos	15
2.3 O <i>Retrofitting</i> na embrulhadeira GD-2650.....	17
2.3.1 Painel de Comando.....	20
2.3.1.1 Sinaleiro Verde.....	22
2.3.1.2 Botão de pulso reto.....	22
2.3.1.3 Chave comutadora.....	23
2.3.1.4 Botão <i>Reset</i>	24
2.3.1.5 Potenciômetro.....	24
2.3.1.6 Botão de emergência.....	25
2.3.1.7 Controlador de temperatura.....	26
2.3.1.8 Horímetro.....	27
2.3.1.9 Tacômetro.....	27
2.3.1.10 Prensa cabo.....	28
2.3.2 Painel do Circuito de Força.....	29
2.3.2.1 Inversor.....	30
2.3.2.2 Disjuntor Motor.....	31
2.3.2.3 Contator.....	32
2.3.2.4 Relé de proteção.....	33
2.3.2.5 Fonte de Alimentação 24Vdc.....	33
2.3.2.6 Disjuntor Termomagnético.....	34
2.3.2.7 Relé e Relé de estado sólido.....	35
2.3.2.8 Canaletas elétricas.....	36
2.3.2.9 Trilho DIN.....	37
2.3.2.10 Bornes de conexão.....	37
2.3.2.11 Cabos para conexão.....	38
2.3.2.12 Anilhas e identificador de borne.....	38
2.3.3 Componentes extra painel.....	39
2.3.3.1 Sensores indutivos.....	39
2.3.3.2 Sensor magnético.....	39

2.3.3.3 – Placas de proteção contra acidentes nas partes móveis da máquina.....	40
3 METODOLOGIA.....	42
3.1 Descrição da montagem dos painéis.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXO A – Diagrama da proposta de adequação - Folha 54 a 57	55

1 INTRODUÇÃO

Geralmente acidentes graves ocorrem devido à falta de atenção na operação ou manuseio de máquinas e equipamentos industriais, ocasionando prejuízos e indenizações trabalhistas, podendo reduzir ou inviabilizar a capacidade de pessoas em exercer trabalho. Tendo em vista a necessidade de diminuição ou até mesmo a eliminação de acidentes e até doenças relacionadas ao tipo de atividade laboral, em 1978 foi elaborada a Norma Regulamentadora NR-12, pelo Ministério do Trabalho e Emprego (OLIVEIRA, 2017). Esta norma tem como objetivo garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, evitando que os mesmos se acidentem e gerem custos à empresa, ao Estado ou que tenham sua saúde comprometida (FRASÃO *et al.*, 2021). Esta norma também determina características que as máquinas operatrizes devem apresentar de modo a minimizar acidentes durante sua operação (MELO; NEIVA; SANTOS, 2020). Estas características abrangem todos os aspectos dos equipamentos, desde a parte elétrica até sua instalação, manutenção e até o descarte. Ela deve ser aplicada em qualquer máquina e equipamento, visando garantir a segurança dos operadores e trabalhadores. Vários trabalhos já abordaram adequações de máquinas à NR-12, por exemplo: máquinas de processos de usinagem onde as mesmas podem eventualmente mutilar ou ferir seus operadores (FRASÃO *et al.*, 2021), moinhos para produção trituração de materiais (MENEZES, 2021).

Na indústria alimentícia, a norma NR-12 também é aplicada, como mostrado em (MELO; NEIVA; SANTOS, 2020), onde foram propostas adequações de segurança para uma máquina modeladora de pães. Nesta proposta, inicialmente foram identificadas quais as partes da máquina que podem promover acidentes graves. Posteriormente, para cada parte identificada, foram propostos sistemas de segurança constituídos de coberturas externas metálicas e botões de segurança (MELO; NEIVA; SANTOS, 2020). Entretanto, não foram instalados sensores magnéticos que impossibilitassem a máquina de operar caso estas proteções fossem burladas. Assim, antes de iniciar qualquer adequação, é necessário verificar inicialmente os possíveis riscos que esta máquina possa oferecer (SILVA, 2019a). Também é importante consultar quais os principais riscos e causas de acidentes na indústria alimentícia, como demonstrado em (LIMA *et al.*, 2010) e (ROCHA *et al.*, 2011), para obtermos informações importantes sobre quais acidentes comuns podemos evitar ao adequar qualquer máquina para esta norma.

Neste trabalho, inicialmente serão discutidos os principais aspectos da norma NR-12 que forma utilizados para propor as adequações em uma máquina embaladeira de modelo GD-2650. Nesta etapa também serão discutidos quais os principais riscos de acidentes em uma indústria alimentícia, que poderão ser evitados com esta adequação. Posteriormente será apresentada a máquina em sua configuração atual, onde serão demonstrados quais os pontos de maior risco. Logo após esta apresentação, serão demonstrados quais componentes serão utilizados e onde serão feitas as sugestões de alterações. Por fim, serão mostrados a nova concepção de um novo painel elétrico da máquina e também uma breve análise de custos para implementação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 NR-12 – Apresentação e aplicações em *Retrofitting* de máquinas

As Normas Regulamentadoras - NR foram e ainda são publicadas e editadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego – TEM. Estas abordam aspectos como segurança e medicina do trabalho, regras com a finalidade de estabelecer requisitos técnicos e legais sobre Segurança e Saúde Ocupacional - SSO, e o não cumprimento destas disposições legais acarretarão a aplicação de penalidades aos empregadores (TRABALHISTA, 2022). Segundo (SILVA, 2019a), são listados os seguintes aspectos importantes da NR-12:

- *Segurança do trabalhador*: deve-se garantir que o trabalhador possa exercer sua função com segurança, mantendo sua integridade e saúde;
- *Máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros*: estes equipamentos devem ter sistemas intertravados que evitem sua operação indevida;
- *Conceito de falha segura*: as máquinas devem ter a capacidade de impedir ocasiões de descontrole que possam promover acidentes ou prejuízos;
- *Máquinas e equipamentos à prova de burla*: deve-se impedir a operação de forma inadequada da máquina, através de sistemas de segurança, para que o operário desta sempre tenha atenção e controle de suas ações.

A NR-12 está regulamentada na Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, especificamente na seção XI – Das Máquinas e Equipamentos, e nos Art. 184, 185 e 186 da CLT. A última atualização da NR-12 foi publicada pela portaria N.º 1.893 de 09 de dezembro 2013 (SILVA, 2019a).

A Norma Regulamentadora NR-12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas (BARRETO, 2017).

Segundo a Norma NR-12 (PREVIDÊNCIA, 2022), em seu item 12.3.1, os proprietários de máquinas e equipamentos devem adotar medidas de proteção para o trabalho,

de modo que a saúde e integridade física de seus trabalhadores sejam garantidos. Isso também se aplica com pessoas que possuam deficiências.

Ainda de acordo com (PREVIDÊNCIA, 2022), em seu item 12.4, as medidas protetivas devem seguir uma ordem de prioridades, estabelecida inicialmente por medidas de proteção coletiva, seguida por medidas administrativas ou de organização do trabalho e, por fim, por medidas de proteção individual.

De modo a cumprir os itens 12.3.1 a 12.4 é comum encontrar o *retrofitting* (reforma ou reutilização) de máquinas antigas na indústria. Trata-se de uma solução mais barata do que a compra de novos equipamentos, de modo que máquinas antigas possam ter um tempo de operação estendido, além de atender aos requisitos mínimos de segurança exigidos (SILVA, 2019b). Esta prática tem sido usada frequentemente, devido ao avanço tecnológico da eletrônica em máquinas e sistemas, de modo que seus proprietários consigam um tempo maior de operação destas, até conseguirem substituí-las. A atualização e adaptação de uma máquina geralmente tende a ter um custo inferior ao da aquisição de uma máquina mais nova. Segundo (BREGALDA; PAULINO; SILVA, 2015), este é baseado no custo do projeto e da tecnologia a ser integrada, como sensores e atuadores novos, servo motores, *softwares*, remodelamento estrutural.

Ainda segundo (BREGALDA; PAULINO; SILVA, 2015), um *retrofitting* eficiente depende do estudo do processo produtivo, além do nível de segurança que o equipamento tem que propiciar ao seu operador, além da ergonomia e emissões de poluentes.

De acordo com a NR-12 o empregador deve manter o inventário das máquinas e equipamentos atualizados com as devidas identificações e com a localização em planta baixa (layout), para que as mesmas sejam analisadas e adequadas conforme a NR-12 (GOMES, 2019).

Os itens relevantes da NR-12 aplicáveis a proposta aqui apresentada são o 12.153 que afirma que o empregador precisa sempre manter inventário atualizado de máquinas e equipamentos devidamente identificados por tipo, pela capacidade e tipo de sistema de segurança aplicado a esse, necessita também da localização do mesmo em planta baixa, registrado por profissional qualificado com devida habilitação para tal. E o item 12.153.1 que preconiza que as informações do inventário devem subsidiar as ações aplicáveis a gestão da norma (PREVIDÊNCIA, 2022).

2.2 Proteção em máquinas e equipamentos

A seguir serão apresentados alguns tipos de proteções de máquinas que foram empregadas na aplicação prática do trabalho, contendo a maior parte da informação técnica detalhada da norma.

De acordo com (PINTO; CAMPOS, 2019), o Artigo 186 da CLT e a NR-12 no item 12.2.2 estabelece que máquinas e equipamentos, que possuem acionamento repetitivo, obrigatoriamente devem receber proteção adequada para manuseio. De acordo com a NBR NM 272 - Seguranças de Máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis, proteção e definida como parte da máquina especificamente utilizada para promover proteção através de uma barreira física, devendo respeitar os seguintes requisitos:

- Não apresentar facilidade de ser burlada;
- Ter estabilidade no tempo (durabilidade, robustez);
- Não criar novos perigos, por exemplo, pontos de esmagamento e agarramento, com outras partes da máquina ou de outras proteções, extremidades e arestas cortantes (cantos vivos), e ou outras saliências perigosas que possam oferecer perigos físicos nocivos;
- Não criar nenhuma interferência. Para uma compreensão mais clara e detalhada, descrevem-se os tipos de proteções resumidos mais comuns utilizados para as proteções que são aplicadas em máquinas e equipamentos, contidos na Norma NBR NM ISO 13852.

As proteções podem ser:

- Proteções fixas: São as proteções fixadas normalmente no corpo ou estrutura da máquina, essas proteções deverão ser mantidas em sua posição fechada sendo de difícil remoção, fixadas por meio de solda ou parafusos, tornando sua remoção ou abertura impossível sem o uso de ferramentas. Podem ser confeccionadas em tela metálica, chapa metálica ou policarbonato.
- Proteções móveis: Essas proteções geralmente estão vinculadas à estrutura da máquina ou elemento de fixação adjacente que pode ser aberto sem o auxílio de ferramentas. As proteções móveis (portas, tampas, etc.) devem ser associadas a dispositivos de monitoração e intertravamento de tal forma que:
 - A máquina não possa operar até que a proteção seja fechada;

- Se a proteção é aberta quando a máquina está operando, uma instrução de parada é acionada. Quando a proteção é fechada, por si só, não reinicia a operação, devendo haver comando para continuação do ciclo;
- Quando há risco adicional de movimento de inércia, dispositivo de intertravamento de bloqueio deve ser utilizado, permitindo que a abertura de proteção somente ocorra quando houver cessado totalmente o movimento de risco.

Enclausuramento da zona de trabalho: essa proteção deve impedir o acesso à zona de trabalho por todos os lados. Suas dimensões e afastamentos devem obedecer a NBR NM 13852. Pode ser constituída de proteções fixas ou móveis dotados de intertravamento por meio de chaves de segurança, garantindo a pronta paralisação da máquina ou equipamento sempre que forem movimentadas, removidas ou abertas conforme NBR NM 272 e 273. Podem possuir proteções reguláveis que se ajustam à geometria da peça a ser beneficiada, devendo sempre observar as distâncias de segurança da NBR NM 13852 (BREGALDA; PAULINO; SILVA, 2015).

Ferramenta Fechada: entende-se essa como sendo de tal modo que permita apenas o ingresso do material e não permita o acesso da mão e dos dedos na área de prensagem. Esta condição deverá ser preferencialmente analisada e desenvolvida durante a fase de projeto e confecção da ferramenta, podendo ser adaptada em ferramentas já existentes, observando-se não criar riscos adicionais com a incorporação da proteção (BARRETO, 2017).

2.3 O *Retrofitting* na embrulhadeira GD-2650

A decisão de se projetar um *retrofitting* para a Embrulhadeira – GD-2650, Figura 1, surgiu da percepção de que a mesma necessitava ser adequada a NR12, tanto por aspectos ligados a segurança dos operadores e técnicos que eventualmente trabalhariam com ela efetuando o trabalho necessário para produção/manutenção e também para garantir que o equipamento trabalhasse nas melhores condições possíveis preservando suas características de funcionamento. Para isso foi realizado uma análise de risco para que seja possível prever os principais riscos relacionados a esta máquina, tanto para o trabalhador como para proteção contra danos a máquina. A Figura 1 apresenta a máquina desta proposta.

Figura 1 – Embrulhadeira – GD 2650



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

Com o objetivo de obter as informações necessárias para evitar possíveis acidentes foi realizado um estudo para verificar quais são os riscos envolvidos no trabalho com este maquinário, desta forma foi construída a Tabela 1 com as descrições dos riscos envolvidos.

Tabela 1- Riscos envolvidos no trabalho com a embrulhadeira GD-2650

Análise de risco GD-2650		
Risco	Descrição do risco	Grau do risco
Acidente	Cortes nas lâminas que cortam o papel do doce	Grave
Acidente	Queimaduras nas resistências responsáveis por aquecer o papel do doce	Grave
Acidente	Devido a máquina não possuir intertravamento, pode ocasionar acidentes, caso a pessoa destrave o botão de emergência e alguém religue.	Grave/Médio
Acidente	Derrubar objetos em partes móveis da máquina ocasionando o travamento dos eixos	Grave/Médio
Acidente	Bater a cabeça após realizar atividades de limpeza/manutenção na máquina	Grave/Médio

Fonte: O próprio autor.

Parte dos riscos envolvidos na máquina foram constatados por meio de observação de funcionamento do equipamento, a Figura 2 e 3 apresentam os riscos envolvidos no trabalho com a embrulhadeira.

Figura 2 - Riscos com parte girante e resistência da máquina



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

Figura 3 – Risco em cortes nas lâminas



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

Com base nos dados da Tabela 1, foi verificado que há bastante riscos graves que pode ser ocasionado devido à falta de experiência no manuseio da máquina ou por desatenção do operador. Devido aos riscos envolvidos, não adequação a norma NR-12 e facilidade em realizar manutenções na máquina a proposta deste trabalho é desenvolver o esquema elétrico para um painel elétrico que será fixado a máquina e também de um painel de comando para adequar a segurança do operador e assegurar o funcionamento da máquina de forma correta, também será proposto sistemas extra painéis que irão prevenir possíveis acidentes.

Vídeo demonstrando o funcionamento da máquina¹.

2.3.1 Painel de Comando

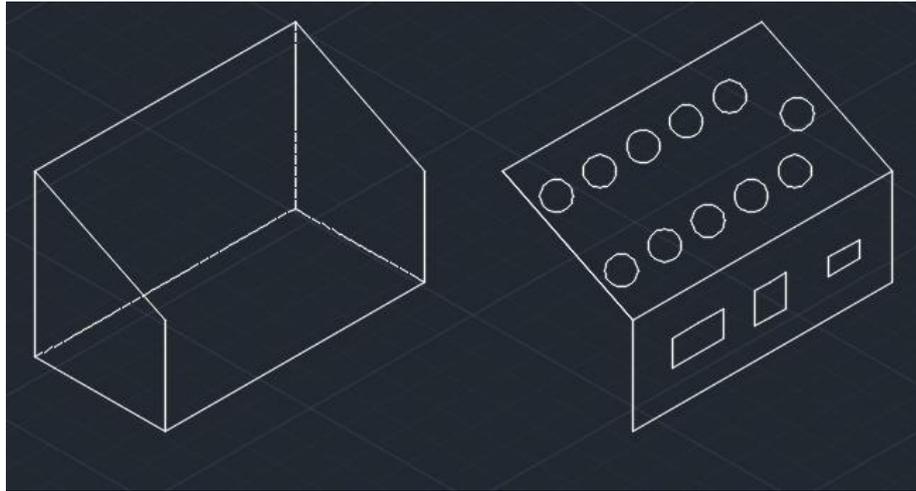
Neste painel conforme sugerido pela NR12 serão instalados controles como por exemplo: o botão de emergência, que faz com que não seja possível o acionamento da máquina em situações de perigo ou contingências não esperadas, o botão de reset para permitir a reinicialização do inversor e a retomada de funcionamento do equipamento. Outros

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=tzNdpc0EQm0>

componentes também estarão instalados assim como *leds* sinalizadores de funcionamento indicando a energização ou não destes.

A Figura 4, ilustrará o painel de controle com sua tampa já com os furos para alocação de seus componentes.

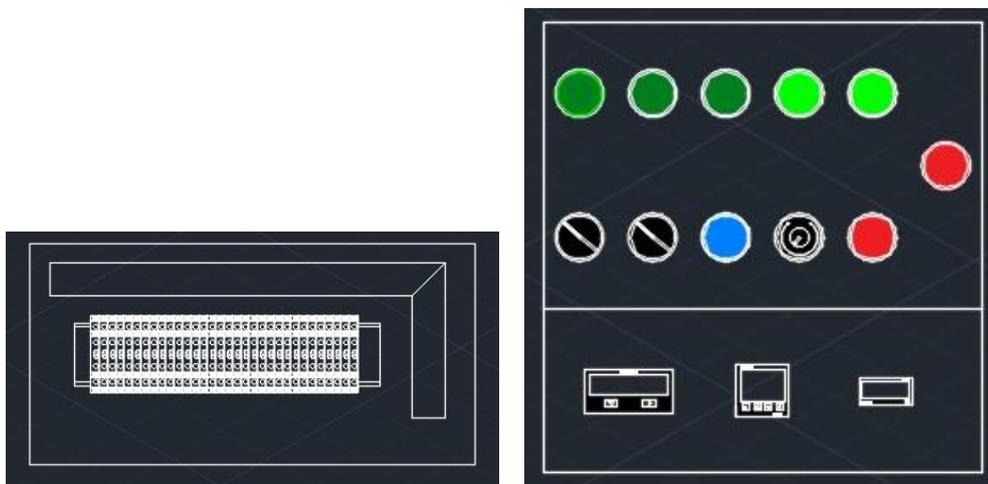
Figura 4 - Painel de controle



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

A Figura 5 representa o fundo da caixa com os bornes para ligação dos componentes e a realização da lógica de comando, e também a tampa com a sinalização e os botões e o controlador de temperatura, tacômetro e horímetro.

Figura 5 – Componentes do painel de comando



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

Nos tópicos a seguir serão descritos os componentes que farão parte do painel de comando.

2.3.1.1 Sinaleiro Verde

O sinaleiro escolhido para colocar no painel de comando foi um sinalizador modular 22mm de plástico XB5AVB3 da *Schneider*, o componente serve como indicador do status de energização dos componentes instalados no painel. Figura 6.

Figura 6 - Sinaleiro verde



Fonte: Schneider (2022).

O componente foi escolhido pois atende o nível de tensão ao qual será aplicado, além de sua fácil integração devido a sua ligação ser feita por bornes parafusos, e por possuir uma furação para fixação ao painel de 22mm.

2.3.1.2 Botão de pulso reto

Será utilizado um botão faceado 22mm de pulso reto com 1 contato NA, modelo XB5AA31 da linha *harmony* da Schneider. Este será responsável por enviar um pulso para o inversor para acionar ou não o motor da máquina, também será utilizado um botão faceado 22mm de pulso reto com 1 contato NF, do modelo XB5AA42, este botão será utilizado para enviar um pulso para máquina em casos de desligamento. Figura 7.

Figura 7 - Botão de pulso reto



Fonte: Schneider (2022).

Os botões faceados escolhidos foram estes devido servirem para estar aplicando a lógica de comando para ligar ou desligar a máquina e também por possuir uma furação para fixação no painel de 22mm e possuir bornes com parafuso para facilitar a ligação dos cabos de comando.

2.3.1.3 Chave comutadora

A chave comutadora escolhida foi o XB5AD21 da *Schneider*, ele possui 2 posições fixas com 1 contato NA, este componente realiza a ligação e o desligamento de componente de acordo com a posição da chave seletora. Figura 8.

Figura 8 - Chave comutadora.



Fonte: Schneider (2022).

Este modelo foi escolhido devido possuir 1 contato NA e duas posições da chave seletora, permitindo realizar a lógica de comando de ligar ou desligar determinado componente, e possui a furação de 22mm para fixação e bornes com parafusos que facilita a sua ligação.

2.3.1.4 Botão *Reset*

Para o botão de reset foi escolhido o modelo XB2-EW3465 da *Sibratec*, é um botão de pulso que possui iluminação e possui 1 contato NA e tensão da iluminação de 24Vca/Vdc, seguindo a normatização vigente – NR12 – este é utilizado para permitir rearmar manualmente o inversor. Figura 9.

Figura 9 - Botão do *Reset*



Fonte: Sibratec (2020).

Foi escolhido este botão devido possuir uma tensão para o *led* de indicação de atuação compatível com a aplicada no esquema elétrico, bem como possui uma fácil fixação por uma furação de 22mm e ligação por bornes com parafusos.

2.3.1.5 Potenciômetro

Foi escolhido o potenciômetro XB5AD912R4K7 da *Schneider*, o mesmo possui uma escala de 4,7K Ω linear, utilizado para realizar o controle da velocidade do motor pelo aumento ou diminuição de sua resistência interna. Figura 10.

Figura 10 - Potenciômetro



Fonte: Schneider (2022).

Foi escolhido este dispositivo devido a sua escala atender ao projeto, e também por possuir uma fácil instalação, pois o mesmo possui uma furação de 22mm e bornes para ligação dos cabos.

2.3.1.6 Botão de emergência

O botão de emergência escolhido foi do modelo XA2ET42 da *Schneider*, porém este só possui 1 contato NF, é necessário comprar 1 bloco de contato NF do tipo ZB5AZ102. Este dispositivo existe para interromper o funcionamento do equipamento e situações de perigo ou contingências não planejadas durante o funcionamento da máquina. O mesmo ainda tem função de retenção para evitar a reativação do maquinário até que seja liberado. Figura 11.

Figura 11 - Botão de emergência



Fonte: Schneider (2022).

O componente foi escolhido devido a sua capacidade de interromper o funcionamento da máquina pelo tempo em que existir perigo devido a trava de retenção do botão e por possuir a possibilidade de colocar outro bloco de contato, permitindo realizar o comando de proteção do circuito e ainda o componente possui uma furação para fixar de 22mm.

2.3.1.7 Controlador de temperatura

O controlador de temperatura será responsável por ajustar a temperatura de uma resistência que deverá aquecer a embalagem do produto para adquirir a aderência necessária ao correto fechamento desta, lembrando que no equipamento apesar da resistência existir a mesma funciona constantemente sem qualquer controle de sua temperatura. Sugere-se então usar o controlador N1100 da Novus, trabalha com um sinal de corrente de 4 a 20mA e possui alimentação *bivolt*, e possui uma faixa de temperatura compatível com o processo, o equipamento ainda é um produto que se encontra disponível na indústria onde a máquina se encontra instalada e é usado para outros equipamentos em outras circunstâncias. A instalação será implementada no próprio painel de comando da máquina que possui o espaço necessário e a chave comutadora do controlador será adicionada ao novo painel de acordo com o esquema que será posteriormente apresentado neste estudo. Figura 12.

Figura 12 - Controlador de temperatura



Fonte: Coel (2022).

2.3.1.8 Horímetro

Pensou-se também em instalar no equipamento um horímetro da marca Coel modelo E520 que não precisa de alimentação externa, o mesmo possui uma totalização progressiva que permite ver o tempo em horas ou o tempo total em que a máquina estaria em funcionamento, o mesmo além de atender os requisitos necessários a empresa possui em estoque para utilização em outras máquinas, o mesmo deverá ser responsável pelo registro de horas de funcionamento da máquina e também para gerar uma estimativa de produção em relação ao tempo de trabalho para se implementar um melhor controle dos tempos de parada para manutenção conforme recomendação do fabricante. A instalação também será realizada no novo painel de controle e descrita no esquema da mesma forma do item anterior. Figura 13.

Figura 13 - Horímetro.



Fonte: Coel (2022).

2.3.1.9 Tacômetro

O Tacômetro escolhido foi o modelo da *Dynapar* da família A103, o componente responsável por realizar juntamente com um sensor a contagem da quantidade de produtos produzidos. Figura 14.

Figura 14 - Tacômetro



Fonte: Comander (2022).

Este modelo foi escolhido por atender as necessidades de realizar a contagem de balas por meio de um sensor indutivo que enviará pulsos, possibilitando a contagem, este era utilizado anteriormente na máquina, o que diminuiria os gastos com componentes.

2.3.1.10 Prensa cabo

O componente prensa cabo escolhido foi da marca *Steck*, este dispositivo que permite a passagem e fixação de cabos na entrada do painel, garantindo que esses não saiam da posição comprometendo a conexão com os componentes. O mesmo também permite um melhor acabamento nas entradas de cabos. Figura 15.

Figura 15 - Prensa cabos



Fonte: Lotus (2020).

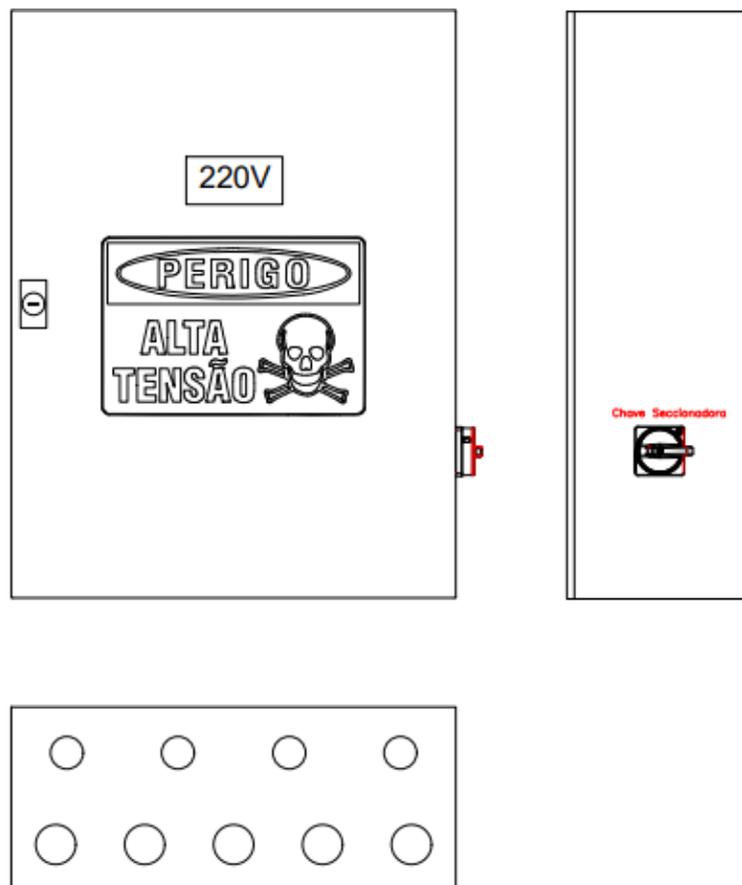
2.3.2 Painel do Circuito de Força

O Retrofitting também prevê a substituição do Centro de Controle de Motores - CCM que controlava essas máquinas por um painel elétrico próprio que será acoplado a máquina. O mesmo possuirá um conjunto de componentes que promoveram a partida do motor e sua proteção, existirão também relés responsáveis pelo controle do funcionamento e eventuais paradas da máquina em situações de não conformidade das atividades produtivas.

Outro detalhe importante a se ressaltar é que antes da solução proposta o Inversor que dava a partida no motor da máquina se localizava em um CCM distante da máquina o que dificultava a manutenção, nestas condições o técnico perdia tempo pois tinha que se deslocar uma distância relativamente grande para confirmar se o funcionamento está conforme o previsto após concluir a manutenção.

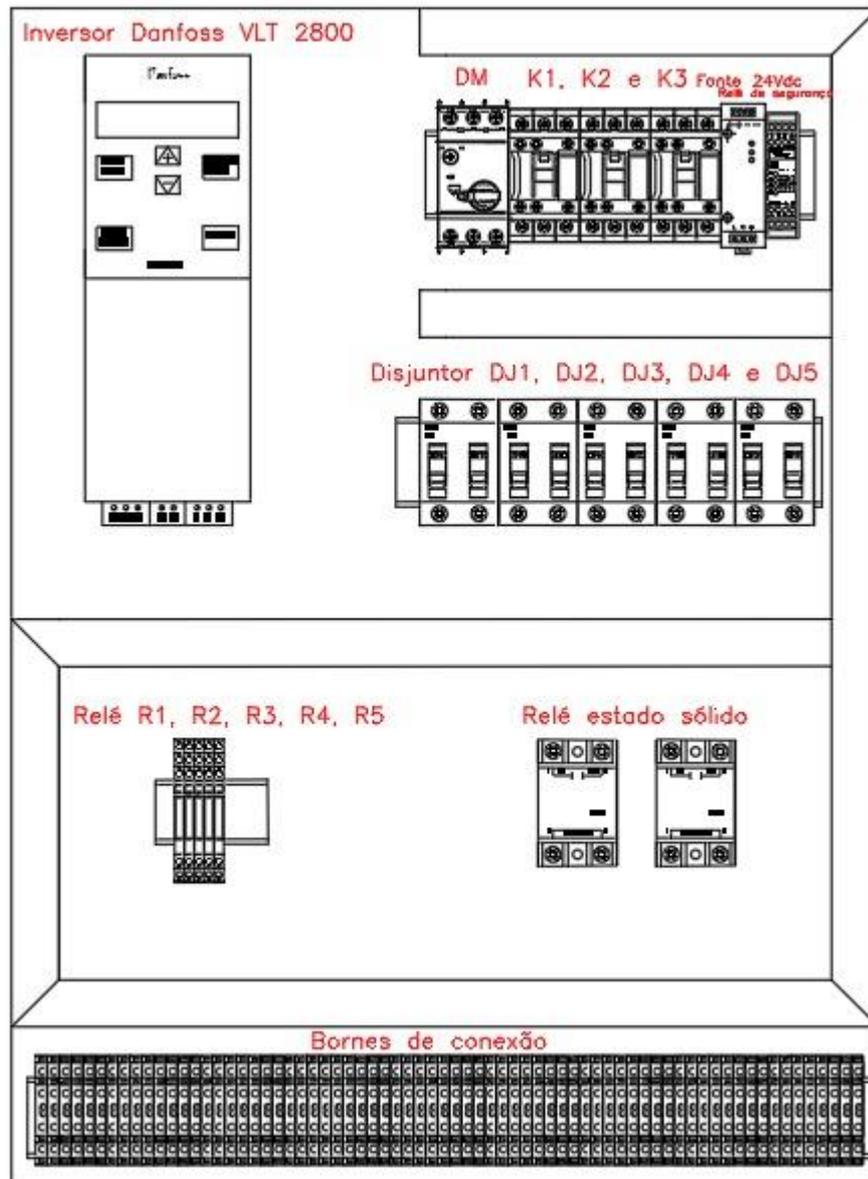
A Figura 16 e 17 irá ilustrar uma possível apresentação desse painel.

Figura 16 - Painel do circuito de força



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

Figura 17 – Componentes do painel do circuito de força



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

Nos tópicos a seguir serão descritos os componentes que farão parte deste circuito.

2.3.2.1 Inversor

O inversor escolhido foi o inversor da *Danfoss* VLT2800. É um dispositivo responsável pela partida de motores elétricos de indução trifásico, com partidas mais suaves a

partir da aplicação de uma rampa de tensão, realizam também o controle de velocidade em método escalar ou vetorial. Figura 18.

Figura 18 - Inversor



Fonte: Elektra (2022).

O inversor utilizado foi escolhido devido o dispositivo já estar sendo utilizado pela máquina, fazendo que tivesse um gasto menor, pois o valor de inversores são consideráveis, outro fator que levou a escolha foi o seu tamanho ser compatível com o espaço em que seria alocado no painel.

2.3.2.2 Disjuntor Motor

O disjuntor motor escolhido foi o MPW40 da WEG, pois o mesmo é compatível com o motor usado na máquina, sendo possível ser aplicado para motores 4 polos e uma potência de 3cv, a sua função é proteger o motor contra curtos circuitos e também exerce a proteção térmica gerada por sobrecargas elétricas. Figura 19.

Figura 19 - Disjuntor motor



Fonte: WEG (2022).

2.3.2.3 Contator

O modelo de contator escolhido foi o CWB-18 da WEG, o mesmo possui 3 contatos principais NA e 1 contato auxiliar NA e 1 NF. Este componente ao receber uma tensão em sua bobina comuta os contatos normais e auxiliares fechando um determinado circuito. Figura 20.

Figura 20 - Contator



Fonte: WEG (2022).

Este modelo foi escolhido devido possuir o número de contatos necessários para montar o comando, bem como a corrente necessária, este contator era utilizado em outro equipamento, então os mesmos poderão ser reutilizados na máquina.

2.3.2.4 Relé de proteção

O relé de controle de parada de emergência escolhido foi o CP-D, da *Sibratec*, o mesmo é responsável por detectar condições anômalas e distúrbios na rede, podendo interromper ou não o circuito, garantindo assim um entrega segura de energia aos componentes da máquina. Figura 21.

Figura 21 – Relê de proteção



Fonte: Sibratec (2022).

O dispositivo foi escolhido devido por possuir 3 contatos NA e 1 contato NF auxiliar, o que permite realizar a lógica de comando necessária para proteção da máquina.

2.3.2.5 Fonte de Alimentação 24Vdc

A fonte de tensão escolhida foi a PSS24-W/5 da WEG, possui uma tensão de saída de 24v e uma corrente de 5A, o dispositivo irá fornecer a tensão adequada de acordo com NR12 para que o circuito de proteção funcione dentro da conformidade. Figura 22.

Figura 22 - Fonte de Alimentação



Fonte: WEG (2022).

Este modelo da fonte foi escolhido devido a sua tensão de saída ser compatível com a tensão pedida na norma NR-12, e ainda a mesma possui uma corrente de saída de 5A.

2.3.2.6 Disjuntor Termomagnético

O disjuntor termomagnético escolhido foi o MDW16 e MDW25 da WEG, o dispositivo irá atuar na proteção de partes do circuito contra curtos circuitos evitando danos mais graves que comprometam os componentes da máquina. Figura 23.

Figura 23 – Disjuntor Termomagnético



Fonte: WEG (2022).

O mesmo foi escolhido por possuir uma corrente máxima de 16A e 25A consecutivamente, permitindo o funcionamento correto do circuito, o dispositivo também é utilizado na máquina, então será utilizado como uma forma de reaproveitar os componentes evitando maiores gastos.

2.3.2.7 Relé e Relé de estado sólido

O relé escolhido foi o da *Finder* 24vac 8A, e o modelo do relé de estado sólido escolhido foi o da *loti* 48E40, possui uma tensão de entrada de 24Vac e tem a capacidade de alterar nas correntes de 10, 25, 40 e 50A, além de possuir uma tensão para a carga de até 480Vac. Ambos os componentes funcionam como uma chave de comutação de contatos elétricos a partir da energização de suas bobinas. A diferença entre eles é apenas na forma da comutação de seus contatos. Figura 24.

Figura 24 - Relé e Relé de estado sólido.



Fonte: Finder (2022); Loti (2022).

O relé foi escolhido por possuir estoque na empresa e estar sendo utilizado na máquina, o relé de estado sólido foi escolhido por o mesmo possui um faixa de corrente em que dá para utilizar para acionamento do engate da tesoura da máquina e também a resistência que será responsável pelo fechamento do doce.

2.3.2.8 Canaletas elétricas

A canaleta escolhida foi uma canaleta 30x30, elas são utilizadas também em painéis para organizar e proteger cabos e fiações que interligam os componentes elétricos, também fornecem um acabamento e uma melhor visualização dos dispositivos instalados. Figura 25.

Figura 25 - Canaleta elétrica



Fonte: Lotus (2020).

2.3.2.9 Trilho DIN

É usado para fixar os componentes do painel. O componente recebe essa nomenclatura devido ao chamado Padrão DIN que é responsável por estabelecer medidas e especificações. Figura 26.

Figura 26. Trilho DIN



Fonte: Lotus (2020).

2.3.2.10 Bornes de conexão

Usa-se os elementos bornes para se estabelecer a conexão entre os dispositivos instalados no painel, interligando-os através de fios ou cabos externos. Figura 27.

Figura 27 - Bornes



Fonte: Lotus (2020).

2.3.2.11 Cabos para conexão

São estruturas responsáveis pela condução de energia elétrica de um dispositivo para outro dentro e fora do painel. Figura 28.

Figura 28 - Cabos para conexão

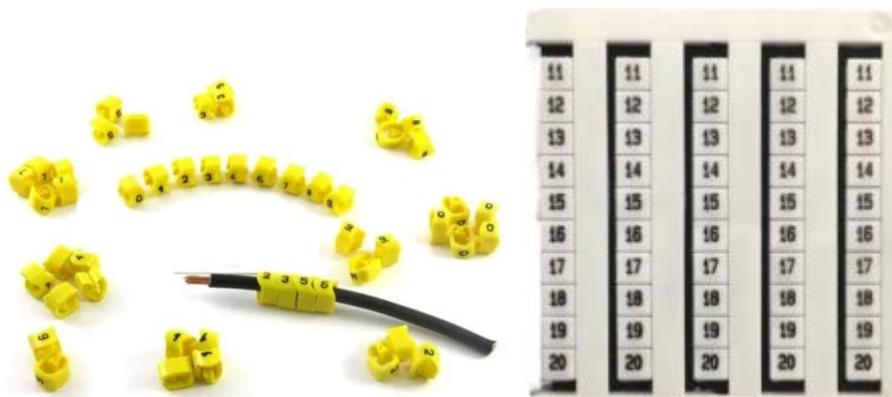


Fonte: Lotus (2020).

2.3.2.12 Anilhas e identificador de borne

Usados para a identificação de cabos, fios e bornes permitindo a fácil localização da origem e destino de seus pontos de conexão, o que facilita sobremaneira o processo de manutenção nos painéis e quadros elétricos. Figura 29.

Figura 29 - Anilha



Fonte: Lotus (2020).

2.3.3 Componentes extra painel

2.3.3.1 Sensores indutivos

O primeiro sensor usado foi o modelo BES0580 da *Balluff*, que possui quatro fios, um contato NF e alimentação de 20 a 250 Vca, este implementa a medição de parâmetros, no caso específico desse projeto, este então realizaria a contagem de balas atuando em conjunto com o horímetro. O segundo é o modelo BES-516-208 também da *Balluff* com dois fios, um contato NF e alimentação de 20 a 250 Vca, que atua conferindo o tempo de deslocamento da massa desde a entrada até o início do embale. O terceiro idêntico ao segundo verifica a presença de material metálico que é responsável pelo controle da abertura de parte móvel da máquina para limpeza e manutenção quando necessário. Figura 30.

Figura 30 – Sensor indutivo



Fonte: Balluff (2021).

2.3.3.2 Sensor magnético

Escolheu-se o Sensor da WEG modelo SSM5 que possui dois contatos NF e será responsável pela verificação e também para atuar em caso de abertura das portas de proteção contra acesso a partes móveis da máquina. Figura 31.

Figura 31 – Sensor magnético

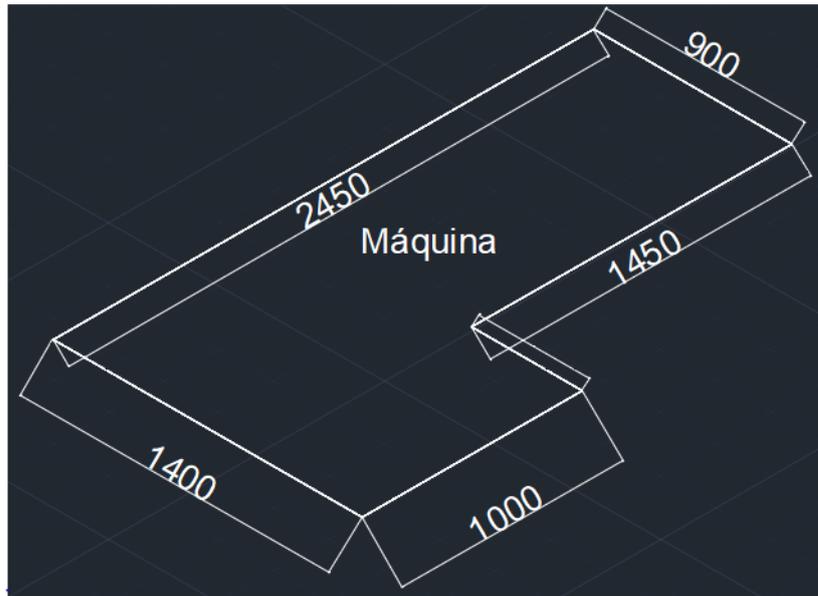


Fonte: WEG (2022).

2.3.3.3 – Placas de proteção contra acidentes nas partes móveis da máquina

As placas de proteção serão montadas de forma a tampar toda a máquina, trabalhando com os conceitos de enclausuramento da zona de trabalho e ferramenta fechada, desta forma foi realizado a medição das extremidades da máquina conforme a Figura 32, as medidas estão em mm, a máquina possui 2,1m de altura.

Figura 32 – Dimensões da máquina



Fonte: Imagem de autoria própria, 2022.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da montagem dos painéis

Contemplando as imagens disponibilizadas no Anexo A é possível compreender o esquemático elétrico da máquina no qual a primeira imagem descreve as ligações do motor ao inversor e a forma de acionamento do mesmo, que será ligado por meio botão B1, também é possível fazer um teste da máquina a partir do botão B2 que funciona com a função JOG do inversor, e o botão B3 seria o desliga.

Na segunda imagem do Anexo A tem-se a ligação dos sensores S1, S2 e S3 ligados em série com a bobina dos relés R1, R2 e R3, para caso de o sensor detectar algo que comprometa a segurança da máquina, nessa situação o funcionamento da máquina será interrompido.

Na terceira imagem do Anexo A apresenta a ligação das resistências que serão responsáveis por aquecer a embalagem para gerar uma melhor aderência fechando assim o produto, elas serão controladas pelo controlador de temperatura, que possui sua alimentação na imagem 1 do Anexo A e a sua saída analógica na imagem 2.

Já na quarta imagem do Anexo A foi realizada a montagem da parte de segurança contemplando o relé de segurança, um botão de reset em caso de abertura das portas móveis ou parada emergência, o relê de segurança está sendo alimentado por uma fonte de tensão contínua de 24V, e em caso de paradas não esperadas o mesmo irá cortar a alimentação da bobina dos contatores K1, K2 e K3, fazendo com que o motor desligue. Nestas imagens também estão os sensores magnéticos que serão colocados nas portas que fecharão a máquina para evitar possíveis acidentes.

Nestas imagens também estão sendo apresentadas as conexões de bornes que apresentam a numeração que irá definir em qual painel cada componente está conectado, por exemplo 17x1, o primeiro número está relacionado ao borne em que o componente estará ligado, enquanto o segundo número está relacionado ao painel em que está ligado, neste caso o número 1 é o painel elétrico (Painel do circuito de força), o número 2 é o painel de comando, e o número 3 é um lugar intermediário entre os painéis.

Com o painel de comando proposto existe algumas funções que no painel que se encontra na máquina atualmente não tem, como por exemplo o botão de *reset* que é exigido

pela norma, ele é utilizado para fazer o intertravamento da máquina caso seja acionado o botão de emergência ou em casos de abertura da proteção móvel proposta. Outra função que teria no painel proposto seria o controlador de temperatura, que seria utilizado para fazer o *set point* da temperatura ideal para que seja possível regular o aquecimento das resistências que são responsáveis por fazer com que a embalagem possa adquirir a aderência necessária para fechar o produto final. Possui também componentes como sinaleiros que indica a energização da máquina e ainda é possível a partir de chaves comutadoras estar ligando e desligando partes do circuito, uma função que foi adicionada também foi o botão para teste com a função JOG do inversor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a proposta inicial de se ajustar o equipamento a NR-12 observa-se que os itens descritos no Tabela 2, associam-se diretamente ao tópico da norma que exige sua presença no sistema.

Tabela 2 – Componentes e Tópicos da normatização

Componente	Tópico da NR12
2.3.1.4 – Botão de reset	<p>12.5.1 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.</p> <p>12.5.2 Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos: Itens: a, b, c, d, e, f.</p> <p>12.5.3 Os sistemas de segurança, se indicado pela apreciação de riscos, devem exigir rearme (“reset”) manual.</p> <p>12.5.8 Os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis das máquinas e equipamentos devem:</p> <p>a) permitir a operação somente enquanto a proteção estiver fechada e bloqueada</p> <p>12.5.3.1 Depois que um comando de parada tiver sido iniciado pelo sistema de segurança, a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme.</p> <p>12.5.13 e Subitens:</p> <p>12.5.13 Sempre que forem utilizados sistemas de segurança, inclusive proteções distantes, com possibilidade de alguma pessoa ficar na zona de perigo, deve ser adotada uma das seguintes medidas adicionais de proteção coletiva para impedir a partida da máquina enquanto houver pessoas nessa zona:</p> <p>b) proteções móveis ou sensores de segurança na entrada ou acesso à zona de perigo, associadas a rearme (“reset”) manual.</p> <p>12.5.13.1 A localização dos atuadores de rearme (“reset”) manual deve permitir uma visão completa da zona protegida pelo sistema.</p> <p>Anexo XI, Item 3. Tópico: a, b, c, d.</p>
2.3.1.6 – Botão de emergência	12.4.13 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das

	<p>máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de março de 2012 devem:</p> <p>a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta NR.</p> <p>12.4.13.1 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados até 24 de março de 2012 devem:</p> <p>a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo dispositivos de parada de emergência, desta NR.</p> <p>12.5.1 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.</p> <p>12.5.2 Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos: Itens: a, b, c, d, e, f.</p> <p>12.6 – Dispositivos de parada de emergência: Deve conter pelo menos um botão de emergência de forma que o mesmo seja instalado em posição acessível na parte interna da área do molde. Anexo XI, Item 3.</p>
2.3.2.2 Disjuntor Motor	12.6.1.1 Os dispositivos de parada de emergência não devem ser utilizados como dispositivos de partida ou de acionamento.
2.3.2.6 Disjuntor Termomagnético	
2.32.4 Relé de proteção	12.5.5 Os componentes relacionados aos sistemas de segurança e comandos de acionamento e parada das máquinas, inclusive de emergência, devem garantir a manutenção do estado seguro da máquina ou equipamento quando ocorrerem flutuações no nível de energia além dos limites considerados no projeto, incluindo o corte e restabelecimento do fornecimento de energia.
2.3.2.5 Fonte de Alimentação 24Vdc	<p>12.4.13 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de março de 2012 devem:</p> <p>b) operar em extra-baixa tensão de até 25VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua).</p> <p>12.4.13.1 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados até 24 de março de 2012 devem:</p> <p>b) quando a apreciação de risco indicar a necessidade de proteções contra choques elétricos, operar em extra-baixa</p>

	<p>tensão de até 25VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua).</p> <p>12.5.1 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.</p>
<p>2.3.3.2 Sensor magnético</p>	<p>12.4.13.1 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados até 24 de março de 2012 devem:</p> <p>a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo dispositivos de parada de emergência, desta NR.</p> <p>12.5.1 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.</p> <p>12.5.13 – b) ... sensores de segurança na entrada ou acesso à zona de perigo...</p> <p>Anexo XI, Item 3.</p>
<p>2.3.3.3 – Placas de proteção contra acidentes nas partes móveis da máquina</p>	<p>1.2.2.1. O acesso à zona de perigo do mecanismo de fechamento deve ser impedido por meio de proteção fixa ou proteção móvel intertravada - portas.</p> <p>Anexo XI, Item 3. Tópico: c, d.</p> <p>12.5.1 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.</p> <p>12.5.1.1 Quando utilizadas proteções que restringem o acesso do corpo ou parte dele, devem ser observadas as distâncias mínimas conforme normas técnicas oficiais ou normas internacionais aplicáveis.</p> <p>12.5.2 Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos: Itens: a, b, c, d, e, f.</p> <p>12.5.4 Para fins de aplicação desta NR, considera-se proteção o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:</p> <p>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.</p> <p>12.5.6 A proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido mais de uma vez por turno de trabalho, observando-se que:</p>

a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco;

b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco.

12.5.7 As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;

b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação;

c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.

12.5.9 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.

12.5.11 As proteções devem ser projetadas e construídas de modo a atender aos seguintes requisitos de segurança. Itens: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l.

12.5.13 Sempre que forem utilizados sistemas de segurança, inclusive proteções distantes, com possibilidade de alguma pessoa ficar na zona de perigo, deve ser adotada uma das seguintes medidas adicionais de proteção coletiva para impedir a partida da máquina enquanto houver pessoas nessa zona:

b) proteções móveis ou sensores de segurança na entrada ou acesso à zona de perigo, associadas a rearme (“reset”) manual.

Fonte: NR12 – Adaptado.

OBS: O tópico 12.5.2.1 da NR-12² seria por si só aplicável a toda a atividade implementado no *retrofitting*.

Percebe-se dessa forma que para todos os componentes listados na Tabela 2 existe uma justificativa dentro da NR12 para que os mesmos sejam utilizados no projeto, os demais componentes descritos são responsáveis pelo acionamento/parada e funcionamento da máquina e melhoria de sua eficiência fornecendo dados adicionais para um controle de manutenção mais efetivo e pontual quando esse se fizer necessário.

² 12.5.2.1 A instalação de sistemas de segurança deve ser realizada por profissional legalmente habilitado ou profissional qualificado ou capacitado, quando autorizados pela empresa.

A segurança dos trabalhadores que operam máquinas na indústria deve ser sempre buscada pela implementação da normatização relativa ao tema e também pela ação dos gestores e responsáveis pela área que devem implementar alterações e adequações nos equipamentos e máquinas para evitar contingências que possam afetar de forma direta ou indireta a integridade física, mental e psicológica dos colaboradores (SOUSA; RODOLPHO, 2020).

No Brasil ainda se encontra em plena atividade um parque industrial com décadas de atividades, muitas vezes ininterruptas, nesse contexto salvo a manutenção periódica desses sistemas pouca atenção é dada a aspectos importantes da utilização destes. A segurança em máquinas antigas normalmente é relegada a um segundo plano sendo extremamente necessário no presente momento onde existe uma maior consciência sobre os riscos laborais, adequar tais sistemas e garantir uma maior segurança a operadores dos mesmos e também a outros operários que eventualmente tenham contato com o equipamento (LEMOS; CAVALIEIRE; MAROTTONI, 2022).

A adequação a NR-12 revela-se extremamente útil as indústrias pois contribui na preservação de seu bem mais importante que é a sua mão de obra, observa-se que as paradas de produção geradas por acidentes de trabalho além de todos os percalços legais que envolvem o evento ainda geram nos demais colaboradores toda uma insegurança que reduz sua produtividade e conseqüentemente a capacidade da empresa em atender os mercados nos quais está inserida (NUNES; MANTOVANI; BAPTISTA, 2019).

4.1 Estimativa de custos dos matérias para a adequação

A Tabela 3 apresenta uma estimativa dos custos dos componentes utilização na proposta apresentada nesse estudo.

Tabela 3 – Preço para realizar a proposta de adequação

Estimativa de preço da proposta			
Itens	Preço (un)	Quantidade	Preço total

Disjuntor bipolar WEG 16A	R\$ 42,22	3	R\$ 126,66
Disjuntor bipolar WEG 25A	R\$ 47,50	1	R\$ 47,50
Disjuntor bipolar WEG 10A	R\$ 47,50	1	R\$ 47,50
Botão reset azul sibratec	R\$ 56,89	1	R\$ 56,89
Fonte chaveada 24Vcc 5A bivolt	R\$ 469,00	1	R\$ 469,00
Canaleta 30x30 cinza (2m)	R\$ 39,22	2	R\$ 78,44
Trilho DIN (1m)	R\$ 29,99	2	R\$ 59,98
Prensa Cabos 22mm	R\$ 2,92	13	R\$ 37,96
Prensa Cabos 27mm	R\$ 4,17	5	R\$ 20,85
Caixa de montagem 800x600x200	R\$ 614,10	1	R\$ 614,10
Total		-	R\$ 1.558,88

Fonte: Elaborada pelo autor desse estudo (2022).

É possível ver na Tabela 3 que se encontra apenas alguns itens que foram apresentados na proposta do trabalho, isto deve-se devido ao restante das peças serem peças de estoque na empresa ou equipamentos que serão reutilizados, desta forma reduzindo os gastos com aquisição de novos componentes, fazendo com que esta proposta possua um baixo custo.

Os disjuntores na Tabela 3 foram escolhidos com base nos disjuntores que já estavam em funcionamento na máquina atual, não sendo necessário estar fazendo o dimensionamento, o botão de *reset* foi escolhido o da *Sibratec*, pois o mesmo possui sinalização junto ao botão, a cor do botão não é mencionada na norma uma cor específica, então neste caso foi escolhido a cor azul, os demais componentes foram escolhidos de acordo com o tamanho dos componentes e a quantidade de cabos a serem colocados.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o presente estudo atingiu seus objetivos, pois foi possível elaborar de forma adequada uma proposta de adequação a máquina embrulhadeira GD 2650 à norma NR-12 e dessa forma torna mais segura a atividade dos colaboradores que desenvolvem diariamente com a mesma suas atividades laborais.

Dessa forma em uma análise inicial da condição de funcionamento do equipamento buscou-se identificar os principais riscos operacionais e antever situações que poderiam resultar em acidentes de trabalho para o operador ou algum colaborador que eventualmente pudesse ter acesso ao equipamento. A partir então dessas observações realizou-se uma pesquisa na NR-12 a fim de se verificar segundo a norma quais os procedimentos que deveriam ser implementados para uma melhor a adequação do equipamento aos preceitos estabelecidos pela normatização.

Decidiu-se então quais seriam os aspectos da atual conjuntura do equipamento que deveriam ser adequados e pesquisou-se no mercado quais seriam os componentes que poderiam vir a ser agregados ao conjunto para que a proposta fosse viabilizada, entre as várias marcas e características de componentes escolheu-se aquelas que atendessem as necessidades e que tivessem um preço de custo mais reduzido sem deixar de lado a qualidade dos componentes a serem sugeridos.

Elaborou-se então como a proposta deveria ser implementada e como seria a montagem dos painéis e a instalação dos componentes, demonstrou-se através de diagramas e imagens a viabilidade do que foi sugerido e as vantagens inerentes a proposta, tanto nos aspectos ligados a segurança quanto na redução dos riscos laborais que envolvem a operação do equipamento para se concluir a proposta.

Observa-se que é extremamente importante que novos trabalhos seguindo essa proposta de aumento de segurança em equipamentos sejam elaborados, até porque no Brasil o parque industrial e muitas regiões é bem antigo e existem muitas máquinas em funcionamento onde os protocolos de segurança não foram observados adequadamente como no equipamento aqui estudado para a proposta de readequação.

REFERÊNCIAS

BALLUFF. Soluções de automação integradas garantidas. **Catálogo de produtos**. 2021. Disponível em: https://www.balluff.com/pt-br/produtos?gclid=Cj0KCQiA37KbBhDgARIsAIzce16WWncRF0sFniM81kChJruVm9q-Bkd-6DAMFydV1P1kO-f_pgPe1T8aAoxcEALw_wcB. Acesso em: 23 out. 2022.

BARRETO, G. de A. **Adequação de máquina à NR-12 – Segurança de máquinas e equipamentos**: estudo de caso em uma fábrica de calçados na cidade de Campina Grande – PB. Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Sumé/PB, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/4867/GUSTAVO%20DE%20ALBUQUERQUE%20BARRETO%20-%20TCC%20ENG.%20DE%20PRODU%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Norma Regulamentadora nº 12 - **NR-12**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>. Acesso em: 15 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.514** de 22 de dezembro de 1977. Altera o capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm. Acesso em: 16 jul. 2022.

BREGALDA, M. B.; PAULINO, V. C.; SILVA, W. B. da. **Aplicação da NR-12 em máquinas e equipamentos: estudo de caso**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

COEL. **Produtos**. 2022. Disponível em: <https://www.coel.com.br/produto/e520-totalizador/>. Acesso em: 24 out. 2022.

COMANDER. Automação. **Produtos**. 2022. Disponível em: <https://www.comanderautomacao.com.br/?s=Tacometro>. Acesso em: 24 out. 2022.

ELEKTRA. Controle e automação industrial. **Produtos**. 2022. Disponível em: <https://www.elektra.net.br/produtos>. Acesso em: 23 out. 2022.

FINDER. MP Automação. **Catalogo online 2022**. Disponível em: https://mpautomacao.com/marcas/finder/?pht=13951530291173976&gclid=Cj0KCQiA37KbBhDgARIsAIzce164DEdUCNsa_IHj7cRFmSf4I_mJyV5C8sd8p3YMfPfejneQAK66Q64aAgEOEALw_wcB. Acesso em: 22 out. 2022.

FRASÃO, R. D. D. *et al.* Utilização Do Método Hrn (Hazard Rating Number) Para Realizar Análise De Risco E Projeto De Adequação à Nr-12 No Setor De Usinagem De Uma Grande Indústria. **Revista Uniaraguaia**, v. 16, n. 3, p. 32–53, 2021.

GOMES, E. C. **Proposta de adequação à NR12 para um equipamento que compõe uma linha de extrusão de alumínio**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de segurança do trabalho da Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2019.

LEMOS, J.; CAVALIEIRE, A.; MARIOTTONI, C. A. **Segurança na Indústria 4.0: etapas de projeto máquinas industriais**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2022.

LIMA, A. S. *et al.* SEGURANÇA NO TRABALHO: um Estudo da Fábrica de Doces Itaparica em Relação à Importância dada a Segurança e bem estar de seus Colaboradores. **Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE**, v. 4, n. 4, p. 41–50, 2010.

LOTI. Tecnologia em controle de aquecimento. **Catalogo de produtos online**. 2022. Disponível em: <http://www.loticom.br/produtos>. Acesso em: 22 out. 2022.

LOTUS. Soluções em automação. **Catalogo de produtos**. 2022. Disponível em: http://www.lotusautomacao.com.br/catalogos/catalogo_2020.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

MELO, A. T.; NEIVA, C. da S.; SANTOS, D. J. dos. **Adequação de máquina modeladora segundo NR-12**. In. Anais do 3º Simpósio de TCC das faculdades FINOM e Tecsoma, 2020. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/2021021515022124.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

MENEZES, H. M. **Nr-12 – Estudo Para Adequação De Um Moinho De Bolas**. [s.l.] Centro Universitário do Sul de Minas, 2021.

NUNES, L. F. A.; MANTOVANI, D.; BAPTISTA, A. T. **Apreciação de riscos em máquinas conforme normativa NR12 na indústria: aplicação da norma regulamentadora NR12 brasileira em processos industriais**. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2019.

OLIVEIRA, E. **Upgrade de Firmware no ESP8266 ESP-01 e envio de Comandos AT**. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp8266/upgrade-de->

firmware-no-esp8266-esp-01-e-envio-de-comandos-at. Acesso em: 2 jun. 2021.

OLIVEIRA, U. R. de. **NR-12 – Máquinas e Equipamentos: Legislação, Instruções Normativas, Notas técnicas e Documentos técnicos.** Ebook Kindle. São Paulo: Independente, 2017.

SILVA, D. C. S. da. **Adequação de máquinas e equipamentos antigos à NR-12 visando o baixo custo.** Monografia de graduação apresentada ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Ouro Preto/MG, 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1921/6/MONOGRRAFIA_Adequa%C3%A7%C3%A3oM%C3%A1quinasEquipamentos.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.

PINTO, J. B. P.; CAMPOS, A. **NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos: gerenciamento de risco.** São Paulo: Senac, 2019.

PREVIDÊNCIA, Ministério do Trabalho. **NR-12** (atualizada 2022). Disponível em: [https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022.pdf/@download/file/NR-12%20\(atualizada%202022\).pdf](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022.pdf/@download/file/NR-12%20(atualizada%202022).pdf). Acesso em: 21 out. 2022.

ROCHA, F. B. DE A.; OLIVEIRA, L. F. A. de; CAMPOS, M. C.; CARVALHO, R. J. M. de. **Riscos do trabalho na indústria de panificação: estudo de caso em uma panificadora de Natal/RN.** Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_138_877_19041.pdf. Acesso em: 15 set. 2022.

SCHNEIDER. Electric. **Produtos**, 2022. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/all-products/>. Acesso em: 20 out. 2022.

SIBRATEC. **Catalogo de produtos online.** 2022. Disponível em: <https://www.sibratec.ind.br/pages/produtos-pesquisa.php>. Acesso em: 23 out. 2022.

SILVA, D. C. S. **Adequação de máquina e equipamentos antigos à NR-12 visando o baixo custo.** [s.l.] Universidade Federal de Ouro Preto, 2019a.

SILVA, D. C. S. **Adequação de máquina e equipamentos antigos à NR-12 visando o baixo custo.** [s.l.] Universidade Federal de Ouro Preto, 2019b.

SOUSA, A. do R. F. de; RODOLPHO, D. A importância da segurança do trabalho na produção industrial. **Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/1008/585/4257>. Acesso em: 20 out. 2022.

TRABALHISTA. G. **Normas Reguladoras – Segurança e saúde do trabalho**. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm>. Acesso em: 12 out. 2022.

WEG. **Catalogo online de Produtos**, 2022. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/c/BR_WDC_IA. Acesso em: 20 out. 2022.

ANEXO A – Diagrama da proposta de adequação - Folha 55 a 58

