



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Diogo Henrique Hachmann

**Análise e utilização de um painel elétrico de comando para um picador
florestal voltado à produção de biomassa**

Florianópolis
2023

Diogo Henrique Hachmann

**Análise e utilização de um painel elétrico de comando para um picador
florestal voltado à produção de biomassa**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.
Orientador: Prof. Roberto Francisco Coelho, Dr.

Florianópolis
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hachmann, Diogo Henrique

Análise e utilização de um painel elétrico de comando
para um picador florestal voltado à produção de biomassa /
Diogo Henrique Hachmann ; orientador, Roberto Francisco
Coelho, 2023.

60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Elétrica, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica. 2. Picador florestal. 3.
Caldeira à biomassa. I. Coelho, Roberto Francisco. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Elétrica. III. Título.

Diogo Henrique Hachmann

Análise e utilização de um painel elétrico de comando para um picador florestal voltado à produção de biomassa

Este Trabalho de Conclusão do Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Elétrica” e aprovado em sua forma final pela Graduação em Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 07 de julho de 2023.



Documento assinado digitalmente
Miguel Moreto
Data: 20/07/2023 23:01:19-0300
CPF: ***.850.100-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Miguel Moreto, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Roberto Francisco Coelho
Data: 19/07/2023 16:36:12-0300
CPF: ***.034.249-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Roberto Francisco Coelho, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Assinado digitalmente por GILBERTO
VALENTIM SILVA:67476953991
Data: 2023.07.18 08:47:56-03'00'

Prof. Gilberto Valentim Silva, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
RONIERE HENRIQUE DE OLIVEIRA
Data: 17/07/2023 22:56:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Roniere Henrique de Oliveira, Me.
Universidade Federal de Uberlândia



Documento assinado digitalmente
LUIZ FERNANDO MARQUEZ ARRUDA
Data: 19/07/2023 16:45:18-0300
CPF: ***.760.051-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Eng. Luiz Fernando Marquez Arruda, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus amados pais e a todos os meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais por me proporcionarem esta graduação, além de me educarem e serem pacientes em diversas situações, sem eles nada seria possível.

Também gostaria de agradecer aos meus avós, minha irmã e a todos os outros familiares que sempre me ajudaram de alguma forma ou se colocaram a disposição para tal.

Aos meus amigos que sempre tiveram presentes em momentos de seriedade ou de descontração, sempre me ajudando independente da situação.

Ao meu orientador Roberto Francisco Coelho pelo auxílio para o desenvolvimento deste trabalho e a todos os outros professores que cruzei neste caminho.

Agradeço a Rosseti Electric e aos seus colaboradores pela oportunidade de estágio e que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, bem como para o meu desenvolvimento como profissional.

Por último, agradeço a todos que participaram da minha trajetória como estudante e como profissional e que de certa forma contribuíram para o meu desenvolvimento como pessoa.

*“A vida passa rápido demais;
e se você não parar de vez em quando para vivê-la,
acaba perdendo seu tempo“
(Ferris Bueller)*

RESUMO

Com o crescente desenvolvimento tecnológico em todo o mundo, é cada vez mais comum a substituição do trabalho humano por máquinas, porém, algumas dessas máquinas ainda precisam de operadores, e nesse contato do homem com as máquinas, surge a necessidade da garantia da segurança, que deve ser garantida mediante as recomendações das normas técnicas vigentes. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do projeto de um painel elétrico de comando de um picador florestal por meio de um Controlador lógico programável (CLP). Para a realização do projeto, foram obedecidas as normas vigentes. O trabalho em questão foi realizado desde a sua concepção em projeto, pensando na facilidade de entendimento do operador para com a máquina, até a montagem física do painel. Posteriormente, foi feita uma análise de viabilidade da utilização do picador florestal na indústria, com a finalidade de produção de biomassa.

Palavras-chave: Painel elétrico. Picador florestal. CLP. Indústria.

ABSTRACT

With the increasing technological development worldwide, the replacement of human labor by machines is becoming increasingly common, however, some of these machines still require operators, and in this contact between men and machines, the need for ensuring the safety of the former arises, which must be guaranteed through current technical standards. This work aims to develop the project of an electrical control panel for a wood chipper through a Programmable Logic Controller (PLC). For carrying out the project, current regulations were complied with. The current work was carried out from its conception in the project, thinking about the operator's ease of understanding with the machine, until the physical assembly of the panel. Subsequently, a feasibility analysis of the use of the wood chipper in the industry was carried out, with the purpose of producing biomass.

Keywords: Electrical panel. Wood chipper. PLC. Industry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Picador florestal	17
Figura 2 – UCP S7-1200	24
Figura 3 – Módulos de expansão <i>safety</i>	24
Figura 4 – Interface homem-máquina	25
Figura 5 – Chave magnética de trava CISS-M	26
Figura 6 – Botão de emergência WEG	26
Figura 7 – Sensor magnético WEG	27
Figura 8 – Sensor indutivo WEG	27
Figura 9 – Caldeira aquatubular	30
Figura 10 – Caldeira flamotubular	31
Figura 11 – Caldeira à bioamassa	33
Figura 12 – Identificação dos dispositivos de segurança do picador	34
Figura 13 – Chave de trava CH70.5	35
Figura 14 – Chave de trava CH72.5	36
Figura 15 – Botões de emergência SS71.5, SS71.15 e SS71.25	37
Figura 16 – Botões de emergência SS73.25, SS73.35 e SS73.45	38
Figura 17 – Sensor magnético SM72.25	39
Figura 18 – Sensor magnético SM73.15	40
Figura 19 – Sensores indutivos SI70.25 e SI70.26	41
Figura 20 – Porta do painel: projeto	43
Figura 21 – Tela de operação	44
Figura 22 – Tela de manutenções preventivas	45
Figura 23 – Tela de horímetros	45
Figura 24 – Tela de alarmes	46
Figura 25 – Tela de falhas	46
Figura 26 – Tela de entradas e saídas digitais	47
Figura 27 – Tela de entradas e saídas digitais <i>safety</i>	47
Figura 28 – Tela das emergências	48
Figura 29 – Tela do controle remoto	48
Figura 30 – Tela de gráfico	49
Figura 31 – Tela de configurações da IHM	49
Figura 32 – Controle remoto	50
Figura 33 – Vista do painel elétrico	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos dos componentes do projeto.	53
Tabela 2 – Custos totais.	53
Tabela 3 – Custos mensais dos combustíveis em caldeiras.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AI	<i>Analogic input</i>
CLP	Controlador lógico programável
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
DI	<i>Digital input</i>
DO	<i>Digital output</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IHM	Interface homem-máquina
NA	Normalmente aberto
NBR 14153	Norma Brasileira 14153
NBR 5410	Norma Brasileira 5410
NF	Normalmente fechado
NR-01	Norma Regulamentadora N° 1
NR-10	Norma Regulamentadora N° 10
NR-12	Norma Regulamentadora N° 12
UCP	Unidade Central de Processamento

LISTA DE SÍMBOLOS

$Custo_M$	Custo mensal
$combust_U$	Quantidade de combustível utilizado
$preco_{CB}$	Preço do combustível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	PICADORES FLORESTAIS	17
2.1.1	O uso do picador na indústria	18
2.1.1.1	Escolha do picador	18
2.2	NORMAS APLICÁVEIS	18
2.2.1	ABNT NBR 5410	19
2.2.2	NR-10	19
2.2.3	NR-12	20
2.2.4	ABNT NBR 14153	20
2.2.4.1	Categoria B	21
2.2.4.2	Categoria 1	21
2.2.4.3	Categoria 2	21
2.2.4.4	Categoria 3	21
2.2.4.5	Categoria 4	22
2.3	DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	22
2.3.1	UCP <i>safety</i>	22
2.3.1.1	Módulos de expansão	24
2.3.1.2	IHM	24
2.3.2	Chave magnética de trava	25
2.3.3	Botões de emergência	26
2.3.4	Sensor magnético	26
2.3.5	Sensor indutivo	27
2.4	PRODUÇÃO DE CAVACO	27
2.4.1	Riscos relacionados ao armazenamento do cavaco de madeira	28
2.4.1.1	Riscos do armazenamento em grande escala do cavaco de madeira	28
2.4.1.2	Riscos do armazenamento do cavaco de madeira à propriedade	28
2.4.1.3	Riscos à saúde decorrentes do armazenamento do cavaco de madeira	29
2.4.1.4	Riscos ambientais decorrentes do armazenamento do cavaco de madeira	29
2.5	CALDEIRAS	29
2.5.1	Caldeiras aquatubulares	29
2.5.2	Caldeiras flamotubulares	30
2.5.3	Tipos de combustíveis em caldeiras	31
2.5.3.1	Caldeira à biomassa	31

2.5.3.2	Poder calorífico	33
3	METODOLOGIA	34
3.1	DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA UTILIZADOS	34
3.1.1	Chaves magnéticas de trava	34
3.1.2	Botões de emergência	36
3.1.3	Sensores magnéticos	38
3.1.4	Sensores indutivos	40
3.2	BOTÕES DE COMANDO DO PAINEL	41
3.2.1	IHM	43
3.2.1.1	Tela de operação	43
3.2.1.2	Tela de manutenções preventivas	44
3.2.1.3	Tela de horímetros	45
3.2.1.4	Tela de alarmes	45
3.2.1.5	Tela de falhas	46
3.2.1.6	Telas de entradas e saídas digitais	46
3.2.1.7	Tela das emergências	47
3.2.1.8	Tela do controle remoto	48
3.2.1.9	Tela de gráfico	48
3.2.1.10	Tela de configurações da IHM	49
3.3	BOTÕES DE COMANDO DO CONTROLE REMOTO	49
3.4	PAINEL MONTADO	50
3.5	CUSTOS	52
3.5.1	Custos dos componentes do projeto	52
3.5.2	Custos totais	53
3.6	VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO PICADOR FLORESTAL	53
3.6.1	Viabilidade de utilização do picador florestal em caldeiras	54
4	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e da tecnologia faz com que aumente a demanda por energia elétrica, não só no Brasil, como em todo o mundo. Tendo isso em vista, é importante gerar energia de uma forma limpa e com o menor impacto possível.

Quando se fala em geração de energia, pensando em âmbito nacional, é importante ter em mente que a transição da matriz energética no Brasil está acontecendo a passos largos. A matriz energética brasileira já é formada por 48,4% provenientes de energias renováveis (REDAÇÃO, 2022), ainda sendo minoria, porém, a tendência é só aumentar.

Por outro lado, a matriz elétrica brasileira é constituída por 82,9% vinda de energias renováveis, onde pode-se destacar os 65,2% que são oriundos de hidrelétricas. Usinas hidrelétricas geram uma energia limpa, porém, elas também trazem um impacto ambiental significativo. Então, a segunda forma de geração de energia renovável mais utilizada é a de biomassa, com 9,1% (REDAÇÃO, 2022). Biomassa é um termo utilizado para descrever materiais de origem vegetal ou animal.

Em caldeiras, a biomassa é queimada para gerar energia. Uma das formas de obter a biomassa, é picando árvores e galhos em pedaços menores, para tal, são utilizados os picadores florestais, máquinas grandes e robustas que podem ser levadas para diversos lugares de difícil acesso. Um picador florestal é constituído, basicamente por um motor, um rotor com lâminas que picam a madeira e um transportador ou tubo de saída.

Os picadores florestais precisam ser operados por homens, que por muitas vezes sofrem acidentes na operação das máquinas. No Brasil, a Norma Regulamentadora N^o 12 (NR-12) é responsável pela garantia da segurança do homem em operações com máquinas, estabelecendo requisitos mínimos para tal, portanto, para a utilização segura do picador florestal, a norma deve ser obedecida.

O controle do picador florestal é feito através de um CLP de segurança, necessitando de uma Interface homem-máquina (IHM) para acessar o picador para a obtenção dos dados de funcionamento do mesmo.

Tendo isso em vista, surge a necessidade do desenvolvimento de um painel elétrico para executar o comando do picador florestal da melhor maneira, pensando em primeiro lugar na segurança do homem, mas também na preservação da máquina, que tem um custo elevado.

1.1 OBJETIVOS

Esta seção foi dividida entre objetivo geral e objetivos específicos, que podem ser verificados abaixo.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar a análise e utilização de um painel elétrico de comando para um picador florestal, visando a produção de biomassa.

1.1.2 Objetivos Específicos

a) Realizar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e normas relacionados à segurança de um picador florestal, bem como às especificações técnicas para a obtenção de biomassa para o uso em caldeiras;

b) Analisar as características e funcionamento do comando de segurança do picador florestal, identificando os principais dispositivos e os especificando;

c) Realizar uma análise de viabilidade econômica e ambiental do uso da biomassa obtida pelo picador florestal em caldeiras, comparando-a com outras fontes de combustível, como óleo diesel, gás natural e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Ao alcançar esses objetivos, espera-se contribuir para o conhecimento sobre a segurança em máquinas florestais, bem como para a avaliação da viabilidade do uso de biomassa como fonte de energia em caldeiras, promovendo uma alternativa sustentável e segura para o setor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, será discorrido sobre picadores florestais e o seu uso para a obtenção de cavaco, termo utilizado para definir os pedaços obtidos por meio da picagem da madeira. Também serão analisadas as normas técnicas que garantem a segurança dos operadores quando utilizam essas máquinas, bem como os dispositivos de segurança necessários para o desenvolvimento do painel de comando de um picador. Por último, será visto o uso do cavaco como biomassa, que pode ser utilizada como combustível em caldeiras.

2.1 PICADORES FLORESTAIS

Picadores florestais são máquinas utilizadas para picar troncos de árvores e galhos em pedaços menores. Esses pedaços são chamados de cavaco. O cavaco é utilizado como biomassa, que é utilizada para a geração de energia em caldeiras.

Na figura 1, pode-se verificar um picador florestal. O picador é equipado com um motor a diesel de 400 cv e é uma máquina bem flexível, geralmente é rebocada por tratores agrícolas, no campo ou em florestas (PLANALTO, 2023). O picador considerado para a concepção deste projeto elétrico é o da marca planalto picadores, modelo PFP 500x800.

Primeiramente, o picador é alimentado com a madeira, de forma manual ou automatizada, por meio de seu sistema de alimentação. Então, a madeira é deslocada para o rotor de trituração, que é constituído por lâminas que giram rapidamente. Por fim, a madeira em forma de cavaco sai por um transportador de esteira e é abrigada em um local específico de armazenamento.

Figura 1 – Picador florestal



Fonte: Adaptado de (PLANALTO, 2023)

2.1.1 O uso do picador na indústria

O picador é uma peça fundamental utilizada para obter biomassa para caldeiras e para a fabricação de polpa de madeira para produtos químicos. Ele corta toras descascadas em cavacos de tamanho adequado para tratamento químico. Os picadores são construídos em diferentes diâmetros para lidar com várias dimensões de toras. As toras geralmente são cortadas em comprimentos de 1 a 1,5 metros antes de serem utilizadas no picador.

O rotor do picador consiste em um disco de ferro fundido ou aço com ranhuras onde as facas são fixadas. As toras são alimentadas por uma bica inclinada para que as facas cortem as toras em um ângulo de cerca de 45 graus. As facas são ajustadas para produzir cavacos que podem variar entre 15 e 22 milímetros. Os cavacos passam pelas ranhuras e são fragmentados por barras do disjuntor na parte traseira do picador. Uma tampa é usada para conter os fragmentos voadores, que são descarregados em um sistema transportador ou soprador.

A capacidade do picador é medida em metros cúbicos por hora e varia com o diâmetro do bico, velocidade e número de facas. O diâmetro do bico geralmente é de 20% a 25% do diâmetro do disco. A tensão máxima no disco limita a velocidade de operação. A potência do motor do picador é definida mediante a necessidade de cada espécie de madeira que será picada. Para a definição da potência do motor, são realizados testes em condições de produção e laboratório para a espécie de madeira desejada (BAKER; LORY, 1947).

2.1.1.1 Escolha do picador

O tamanho do picador é geralmente escolhido de forma que todas as toras, exceto as maiores, possam ser alimentadas no bico sem a necessidade de divisão ou serragem em pedaços menores. Além disso, o picador deve ser projetado para manter a taxa de produção adequada com uma série de toras de tamanho médio. A menor taxa de produção é alcançada quando as toras têm um diâmetro um pouco maior que a metade do bico, pois esse é o tamanho mínimo de tora que deve ser alimentado de cada vez. A taxa de produção do picador é normalmente ajustada selecionando o número apropriado de facas, e os cavacos são produzidos com até 12 facas, dependendo da taxa de produção desejada para o tamanho médio das toras. É possível ajustar a produção alterando a velocidade, mas isso não é feito com frequência, por não ser economicamente viável operar o picador abaixo de sua velocidade máxima permitida (BAKER; LORY, 1947).

2.2 NORMAS APLICÁVEIS

Nesta seção serão analisadas as normas e regulamentos aplicáveis para o projeto de segurança do picador, dentre as quais, podem se destacar a Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT), com diretrizes na Norma Brasileira 5410 (NBR 5410) e Norma Brasileira 14153 (NBR 14153), Norma Regulamentadora N^o 10 (NR-10) e NR-12.

2.2.1 ABNT NBR 5410

A NBR 5410 estabelece os requisitos que devem ser cumpridos pelas instalações elétricas de baixa tensão, com o objetivo de garantir a segurança, o funcionamento adequado da instalação e a preservação dos bens.

Essa norma define as condições e as regras para instalações elétricas com tensões de até 1000 V em corrente alternada e 1500 V em corrente contínua no Brasil, ou seja, instalações de baixa tensão. Ela se aplica a diversos tipos de edifícios e locais, como residências, edifícios comerciais, industriais, agropecuários, entre outros.

O cumprimento das diretrizes estabelecidas na NBR 5410 é fundamental para garantir a segurança dos usuários, prevenir acidentes elétricos, evitar danos aos equipamentos e garantir o bom funcionamento das instalações elétricas como um todo. Portanto, é importante seguir as orientações dessa norma ao projetar, instalar e manter sistemas elétricos de baixa tensão (ABNT, 2005).

Por se tratar de um painel elétrico alimentado em baixa tensão (24 V), essa norma foi seguida para a concepção do projeto.

2.2.2 NR-10

A NR-10 surgiu inicialmente em 1978, porém com o título de "Instalações e Serviços de Eletricidade", ela teve quatro alterações para ser como é hoje, sendo a última em 2019. Hoje, a NR-10 tem como título "Segurança em instalações e serviços de eletricidade".

Sua primeira publicação aconteceu em 08 de junho de 1978, regulamentando os artigos 179 a 181 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). O texto da norma foi baseado em normas francesas devido as similaridades com os padrões de construções brasileiras (NR10, 2020).

A primeira revisão da norma só aconteceu no ano de 1983, mais especificamente no dia 06 de junho, e a principal alteração foi a inclusão das referências das normas técnicas oficiais e as normas internacionais vigentes.

O ano de 1988 foi marcado pelo início da privatização do setor elétrico brasileiro, com isso, surgiu a necessidade de atualização da norma, porque teve um grande aumento no número de acidentes a partir dos anos 90. Então, após diversas reuniões, a segunda revisão da norma foi publicada em 07 de dezembro de 2004, tendo a alteração do título da norma nesta revisão. Nessa revisão foram acrescentadas algumas determinações, com o principal objetivo de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam direta ou indiretamente com eletricidade, como pode-se verificar na (NR10, 2020). Foi proibido o trabalho individual em atividades em alta tensão ou em sistemas elétricos de potências,

se tornando obrigatório os manuais descritivos dos itens de segurança nas instalações e os prontuários de instalações elétricas.

A terceira alteração na norma aconteceu no dia 29 de abril de 2016 e foi apenas uma correção pontual, corrigindo a numeração dos anexos.

A quarta e última alteração aconteceu no dia 30 de julho de 2019, tendo como objetivo uma harmonização com a Norma Regulamentadora N^o 1 (NR-01), decorrendo sobre os requisitos de capacitação, direitos e obrigações.

É importante salientar que a NR-10 se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, desde as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção e quaisquer trabalhos realizados nas proximidades de instalações elétricas.

Portanto, para o desenvolvimento do projeto a ser analisado, foi necessário ter em mãos a norma atualizada, afim de garantir o melhor funcionamento da máquina de forma segura.

2.2.3 NR-12

A NR-12 também foi publicada no dia 8 de junho de 1978, com o objetivo de regulamentar os artigos 184 a 186 da CLT. Desde então, ela teve vinte e duas atualizações, sendo a última em 2022. A NR-12 tem sob título "Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos"(NR12, 2020).

Ela teve ajustes pontuais em 1983, 1994, 1996 e 1997. Então, depois de mais de trinta anos, ela teve de ser totalmente revisada, isso devido ao grande avanço tecnológico nesse período, e foi publicada no dia 17 de dezembro de 2010.

Ao longo dos últimos anos, ela teve novas alterações, sendo a última recentemente, no dia 22 de dezembro de 2022.

Os conceitos nessa norma seguem as outras normas de segurança nacionais e internacionais sobre proteção de máquinas. O princípio geral da NR-12 é a garantia da saúde e a integridade física dos trabalhadores, para tal, ela estabelece os requisitos mínimos para prevenção de acidentes e doenças nos trabalhos com máquinas, tanto na fase de projeto, quanto na fase de utilização (NR12, 2020).

Para a concepção do projeto de segurança do picador florestal, foi importante o anexo IX da NR-12, que trata exclusivamente das proteções de máquinas e implementos para uso agrícola e florestal.

2.2.4 ABNT NBR 14153

Como pode se observar no texto da norma (ABNT, 1998) , a NBR 14153 trata da segurança de máquinas, mais especificamente às partes de sistemas de comando de segurança, estabelecendo princípios gerais para o desenvolvimento de projetos. As partes relacionadas a segurança podem consistir de *hardware* e de *software*, sendo parte integrante

ou separada do sistema de comando. Esta norma especifica categorias e as características das funções de segurança.

As categorias de segurança são divididas em cinco: B, 1, 2, 3 e 4. Abaixo, serão analisadas cada uma dessas cinco categorias.

2.2.4.1 Categoria B

Essa categoria é a base para as demais categorias, porém, ela não tem nenhuma medida especial, apenas garante a segurança mínima para as máquinas utilizando os princípios básicos de segurança, considerando as normas pertinentes para cada aplicação. Porém, em caso de defeito na máquina, pode acontecer a perda da função de segurança.

2.2.4.2 Categoria 1

Nessa categoria, devem ser aplicados os requisitos da categoria B e 1. Para o desenvolvimento do projeto e na construção do equipamento, serão utilizados componentes de segurança relacionados a categoria 1, esses componentes devem ser bem ensaiados e ter os seus princípios de segurança comprovados.

A chance de falha na categoria 1 é menor do que na categoria B, portanto, a chance de perda da função de segurança também é menor.

2.2.4.3 Categoria 2

Nessa categoria, devem ser aplicados os requisitos da categoria B e 2, além de ter o uso dos princípios de segurança comprovados. Na elaboração do projeto, os componentes de segurança relacionados a categoria 2 devem ser verificados em intervalos pelo sistema de comando da máquina.

Essas verificações devem acontecer durante a partida da máquina e antes do início de qualquer situação de perigo, e se for necessário, podem ser efetuadas outras verificações durante a operação. A verificação pode ser automática ou manual. Quando realizada, a verificação pode gerar um sinal de saída ou alerta em caso de defeito, ou permitir a operação da máquina se nenhum defeito for detectado.

Se houver algum defeito durante as verificações, é possível que tenha perda na função de segurança, porém, ela pode ser detectada pela verificação.

2.2.4.4 Categoria 3

Nessa categoria, devem ser aplicados os requisitos da categoria B e 3, além de ter o uso dos princípios de segurança comprovados. Na elaboração do projeto, os componentes de segurança relacionados a categoria 3 não podem levar a perda das funções de segurança em caso de defeitos isolados. O defeito deve ser detectado antes ou durante a próxima solicitação da função de segurança.

A detecção de defeitos isolados não garante que todos os defeitos serão detectados. Em função disso, pode ocorrer o acúmulo de defeitos que não podem ser detectados, podendo levar à perda da função de segurança e colocar a máquina em uma situação de perigo.

2.2.4.5 Categoria 4

Nessa categoria, devem ser aplicados os requisitos da categoria B e 4, além de ter o uso dos princípios de segurança comprovados. Semelhante a categoria 3, na elaboração do projeto, os componentes de segurança relacionados a categoria 4 não podem levar a perda das funções de segurança em caso de defeitos isolados. O defeito deve ser detectado antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança. Mas, diferente da categoria 3, o acúmulo de defeitos não pode levar à perda das funções de segurança, ou seja, quando houverem defeitos, a função de segurança deve ser sempre processada, e os defeitos devem ser detectados a tempo de impedir a perda da função de segurança.

O projeto de comando do picador florestal que será analisado neste trabalho seguirá a categoria 4 de segurança, que tem diversos dispositivos de segurança sendo monitorados por um CLP *safety*.

2.3 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Nesta seção serão descritos os dispositivos de segurança que serão considerados para a realização do projeto de segurança do picador. Esses dispositivos desempenham funções específicas, como interromper rapidamente uma máquina em situações de emergência, garantir o bloqueio seguro de equipamentos, detectar a presença ou ausência de objetos e monitorar o ambiente para identificar possíveis perigos. Portanto, é crucial entender o seu funcionamento.

2.3.1 UCP *safety*

Como já dito anteriormente, o comando do picador será feito por meio de um CLP de segurança. O CLP é comumente descrito como um computador industrial que inclui *hardware* e *software* para executar funções de controle.

O CLP é um dispositivo eletrônico digital projetado especificamente para aplicações industriais. Ele recebe dados da unidade de entrada, processa esses dados de acordo com as instruções do programa armazenado na memória e retorna os dados processados por meio da unidade de saída para controlar diversos tipos de equipamentos ou processos. A programação do CLP para controle do picador foi realizada por meio da linguagem de programação *ladder*. Essa linguagem é baseada em diagramas de contatos elétricos, onde os símbolos representam os componentes elétricos e as linhas conectadas indicam as

interações lógicas entre eles. Na execução deste projeto, foi utilizado um CLP *safety*, ou seja, um CLP que tem o seu sistema de automação considerado como "a prova de falhas".

Os sistemas de automação à prova de falhas são projetados para controlar processos de forma que, em caso de operação ou falha inesperada, o sistema seja capaz de entrar imediatamente em um estado seguro. Esses processos de controle à prova de falhas são implementados de maneira que um desligamento imediato não coloque em risco a segurança humana ou o meio ambiente. Os sistemas à prova de falhas vão além da engenharia de segurança convencional, permitindo a implementação de sistemas inteligentes que abrangem desde os acionamentos elétricos até os sistemas de medição. Esses sistemas são utilizados em aplicações que possuem requisitos avançados de segurança. Com o auxílio de diagnósticos detalhados e informações de detecção e localização aprimoradas de falhas, é possível retomar a produção rapidamente após uma interrupção relacionada à segurança (SIEMENS, 2016). Como dito na seção anterior, o projeto do picador em questão deve atender a categoria 4 de segurança, conforme a norma NBR 14153, por isso a utilização de um CLP *safety*.

A Unidade Central de Processamento (UCP) recebe informações por meio da unidade de entrada de dados, processa essas informações de acordo com o programa armazenado na unidade de armazenamento e retorna os resultados por meio da unidade de saída. Os sistemas de entrada e saída estão fisicamente conectados a dispositivos externos, como interruptores e sensores, e fornecem uma interface entre a UCP do CLP e o ambiente externo.

A UCP *safety* que será utilizada é a de modelo 6ES7214-1AF40-0XB0 da marca Siemens, como pode-se visualizar na figura 1. A UCP executa o programa de segurança juntamente com os programas e aplicativos padrão. A comunicação entre a UCP *safety* e os módulos de sinal também é verificada por meio do protocolo *PROFIsafe*.

O sistema à prova de falhas realiza uma execução dual usando processamento codificado. Durante a compilação do programa de segurança, são realizadas verificações de segurança automáticas e inserida lógica adicional à prova de falhas para detecção e resposta a erros. Isso garante a detecção de falhas, permitindo a execução adequada de reações para manter o sistema em um estado seguro.

Além do programa de segurança, é possível executar um programa de usuário padrão na UCP à prova de falhas. Esses programas podem coexistir na mesma UCP, e medidas são implementadas para proteger os dados relacionados à segurança do programa de segurança contra possíveis impactos não intencionais dos dados do programa de usuário padrão (SIEMENS, 2016).

O modelo de UCP utilizado contempla 14 *Digital input* (DI), 10 *Digital output* (DO) e 2 *Analogic input* (AI).

Figura 2 – UCP S7-1200



Fonte: Adaptado de (SIEMENS, 2022)

2.3.1.1 Módulos de expansão

Para a comunicação com o ambiente externo, a UCP utilizada têm algumas DI, DO e AI disponíveis, mas, ela também necessita de expansões de entradas e saídas digitais, bem como de expansões *safety*, isso porque as entradas e saídas da UCP não são suficientes. Para tal, foram utilizados dois cartões de DI *safety* do modelo 6ES7226-6BA32-0XB0, um cartão de DO *safety* do modelo 6ES7226-6DA32-0XB0 e um cartão com DI e DO , do modelo 6ES7223-1BH32-0XB0, todos da Siemens.

Figura 3 – Módulos de expansão *safety*

Fonte: Adaptado de (SIEMENS, 2022)

2.3.1.2 IHM

A evolução da tecnologia tem impulsionado o desenvolvimento das IHM em diversos setores, incluindo o ambiente industrial. Atualmente, os dispositivos utilizados nesses ambientes possuem interfaces eficientes e funcionais, adaptadas às necessidades específicas. É importante considerar que mesmo dispositivos com tecnologia limitada podem apresentar interfaces adequadas, pois ignorar sua função e desempenho ou utilizar tecnologias de interface desatualizadas pode impactar negativamente nos resultados.

Pensando em facilitar a operação do picador florestal e em modernizar o seu uso, foi utilizada uma IHM no projeto para tal. A IHM utilizada foi a de modelo 6AV2123-2DB03-0AX0 da Siemens. Ela é conectada ao CLP por meio de um cabo de rede, afim de estabelecer a comunicação por meio do protocolo de rede *profinet*. A IHM pode ser visualizada na figura 4.

Figura 4 – Interface homem-máquina



Fonte: Adaptado de (SIEMENS, 2022)

2.3.2 Chave magnética de trava

As chaves de intertravamento de segurança com trava de proteção são especialmente projetadas para serem instaladas nas bordas dianteiras de proteções deslizantes ou articuladas de máquinas. Elas possuem contatos de chaveamento confiáveis e um mecanismo antivolação no atuador. Seu objetivo é proporcionar uma detecção robusta de intertravamento de posição e manter as proteções móveis fechadas. A chave é rigidamente montada na estrutura da proteção ou máquina, enquanto o atuador é instalado na parte móvel da proteção e alinhado com a abertura da chave.

O perfil do atuador é projetado para se encaixar em um mecanismo de came dentro do cabeçote da chave, criando um sistema de intertravamento de operação positiva que não pode ser facilmente burlado. Quando a proteção é fechada e o atuador é inserido na chave, os contatos de segurança se fecham, o atuador é travado e o circuito de partida da máquina pode ser ativado. Por outro lado, quando a solenoide da chave é energizada, os contatos de segurança se abrem de forma positiva, interrompendo o circuito de parada da máquina e permitindo que a porta de proteção seja aberta com segurança (WEG, 2022a). A chave de trava considerada neste projeto é a CISS-M da marca WEG.

Figura 5 – Chave magnética de trava CISS-M



Fonte: Adaptado de (WEG, 2022a)

2.3.3 Botões de emergência

Os botões de emergência considerados no projeto possuem dois contatos Normalmente fechado (NF). Portanto, quando a máquina estiver funcionando, os contatos estarão fechados, porém, quando o botão for acionado, os contatos se abrem, desligando a alimentação da máquina. Os botões que estão diretamente na máquina são do modelo PBW1Y-GM12P03, da marca WEG. Enquanto o botão de emergência do painel elétrico é da linha 3SB6, da Siemens.

Figura 6 – Botão de emergência WEG



Fonte: Adaptado de (WEG, 2023)

2.3.4 Sensor magnético

O sensor magnético que será utilizada no projeto será o modelo SSM5-30R1P2AL da marca WEG. Os sensores da linha SSM5 geralmente são utilizados para o monitoramento de portas, portões e grades.

Seu funcionamento é simples: quando o sensor está conectado e em repouso, suas saídas ficam abertas. No entanto, ao se aproximar do atuador ASSM5, as saídas são fechadas e permanecem assim até que o atuador seja afastado a uma distância maior do que a distância de operação, fazendo com que as saídas se abram novamente (WEG, 2020).

Figura 7 – Sensor magnético WEG



Fonte: Adaptado de (WEG, 2020)

2.3.5 Sensor indutivo

Sensores indutivos são dispositivos eletrônicos utilizados para detectar a presença de objetos metálicos em sua proximidade. O sensor gera um campo eletromagnético, que quando entra em contato com objetos metálicos, é interrompido. Um exemplo básico para compreender o seu funcionamento: um sensor indutivo está monitorando uma determinada máquina e se comunicando com o CLP, no momento em que o sensor detectar a aproximação de algum objeto metálico, ele interromperá o campo eletromagnético gerado pelo sensor e desligará a máquina automaticamente. O sensor indutivo utilizado no projeto é um sensor PNP(positivo-negativo-positivo), de três fios, tendo um sinal positivo, um negativo e um retorno.

Figura 8 – Sensor indutivo WEG



Fonte: Adaptado de (WEG, 2022b)

2.4 PRODUÇÃO DE CAVACO

O cavaco é um recurso renovável, que vem da picagem da madeira, que pode ser feito por meio de um picador florestal, sendo que seu tamanho pode variar de acordo com o picador utilizado ou de acordo com a madeira utilizada. Também pode vir de serrarias e de outros locais que se utilize da madeira. A diferença do tamanho dos cavacos pode

influenciar na produtividade das caldeiras, muitas vezes tendo a utilização de peneiras para separar os cavacos (SOARES, 2016).

Na maioria das vezes, o cavaco é proveniente do eucalipto ou do pinus, sendo que o processo para a obtenção da biomassa consiste no recolhimento da madeira, transporte para o centro de fabricação de biomassa, onde ocorre a picagem da madeira, armazenando os cavacos posteriormente e os classificando para a utilização como biomassa.

É importante destacar que a casca pode diminuir a qualidade do cavaco, portanto, é interessante separá-la para a utilização do mesmo como combustível. (SOARES, 2016).

2.4.1 Riscos relacionados ao armazenamento do cavaco de madeira

2.4.1.1 Riscos do armazenamento em grande escala do cavaco de madeira

As perdas de material e o risco de incêndio são problemas significativos no armazenamento em grande escala de cavacos de madeira, devido ao fenômeno do aquecimento espontâneo. Existem diversos fatores complicadores que afetam o armazenamento desses cavacos. Os cavacos de madeira não passam por pré-tratamentos antes do armazenamento, exceto pela secagem natural da matéria-prima em condições ambientais. Além disso, os cavacos possuem uma grande área de superfície, o que facilita a colonização por microrganismos. Os resíduos florestais e a casca, que são frequentemente usados como matéria-prima para os cavacos, contêm altas concentrações de minerais e elementos inorgânicos, os quais podem aumentar a atividade microbiana.

O armazenamento ao ar livre, sujeito a condições climáticas variáveis, pode levar à umidade e a gradientes de temperatura que impactam a difusão de oxigênio e outros gases dentro da pilha. Além de aumentar o risco de colonização microbiana devido à deposição atmosférica pela chuva, transporte pelo vento e migração, como proveniente do solo abaixo da pilha. Considerando esses fatores mencionados, fica claro que a atividade microbiana desempenha um papel crucial nos processos de degradação que ocorrem em uma pilha de cavacos de madeira. Com o aumento da temperatura dentro da pilha de armazenamento, é muito provável que os processos químicos sejam intensificados, uma vez que a reatividade química é ampliada com o aumento das temperaturas (ALAKOSKI *et al.*, 2016).

2.4.1.2 Riscos do armazenamento do cavaco de madeira à propriedade

A deterioração do material resulta em perdas de armazenamento, no entanto, a situação mais preocupante para os proprietários de locais de armazenamento de cavacos de madeira é a ocorrência de incêndios espontâneos nas pilhas de armazenamento. O temor de incêndios espontâneos está atualmente restringindo o armazenamento em grandes pilhas de cavacos de madeira. Os incêndios em pilhas de grande porte são extremamente onerosos, uma vez que é difícil localizar a origem do fogo dentro da pilha e extinguir completamente

as chamas. Controlar esse tipo de incêndio pode levar vários dias, e até mesmo semanas (ALAKOSKI *et al.*, 2016).

2.4.1.3 Riscos à saúde decorrentes do armazenamento do cavaco de madeira

Considerando que os cavacos de madeira são comumente armazenados ao ar livre, a diminuição do oxigênio e a presença de altas concentrações de CO₂ representam riscos significativos no armazenamento em menor escala ou durante o transporte marítimo em espaços confinados. Além disso, é importante destacar que os cavacos armazenados podem conter níveis significativos de microrganismos patogênicos. Esses aspectos devem ser devidamente considerados ao planejar o armazenamento em grande escala de cavacos de madeira (ALAKOSKI *et al.*, 2016).

2.4.1.4 Riscos ambientais decorrentes do armazenamento do cavaco de madeira

No armazenamento de cavaco, é comum ocorrer a emissão de alguns gases do efeito estufa. Os gases de efeito estufa mais significativos emitidos pelo armazenamento dos cavacos são CO₂ e CH₄. Cavacos não podem ser transportados por longas distâncias de forma viável, portanto, poucos são os riscos ambientais do transporte, sendo os riscos do armazenamento os mais importantes (ALAKOSKI *et al.*, 2016).

2.5 CALDEIRAS

Um equipamento chamado caldeira ou gerador de vapor é utilizado para produzir vapor, que é obtido por meio da transferência de calor para a água, resultando na sua transformação em vapor por meio do processo de ebulição. Esse vapor gerado tem diversas aplicações, como a geração de energia por meio de uma turbina. No entanto, para uso em equipamentos industriais, é necessário que o vapor seja superaquecido a uma temperatura mais elevada, pois durante sua formação, podem estar presentes gotículas de água que são prejudiciais para esses equipamentos.

Nas caldeiras industriais, a água é distribuída internamente pelos tubos, enquanto externamente estão presentes os gases de combustão. O contato indireto entre esses gases e o fluido (água) permite a ocorrência de trocas térmicas, resultando na geração do vapor que será utilizado. (FILHO, 2015).

As caldeiras industriais podem ser separadas entre caldeiras aquatubulares e caldeiras flamatubulares.

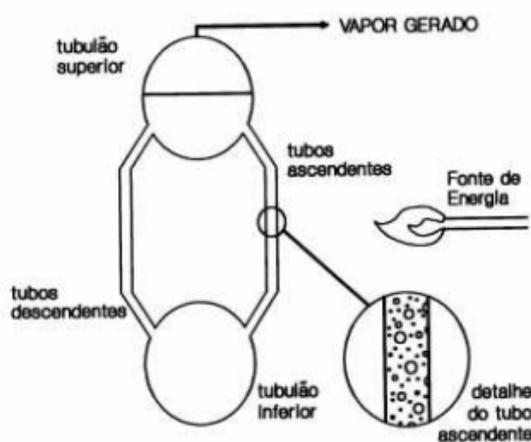
2.5.1 Caldeiras aquatubulares

As caldeiras aquatubulares são projetadas de forma que a água circule pelo interior dos tubos, enquanto os gases quentes envolvem esses tubos. Essas caldeiras têm uma ampla gama de aplicações e são caracterizadas por terem vasos internos pressurizados e dimensões

relativamente menores, o que permite o uso de espessuras maiores e, conseqüentemente, operar em pressões mais elevadas de maneira econômica e viável tecnicamente. Elas são comumente empregadas em instalações de grande porte e também para a geração de vapor superaquecido. Existem dois tipos principais de caldeiras aquatubulares: as compactas, que são montadas em fábrica, e as que são montadas no local de instalação (ARRUDA, 2009).

Na figura 2, pode-se visualizar o esquema de geração de vapor de uma caldeira aquatubular.

Figura 9 – Caldeira aquatubular



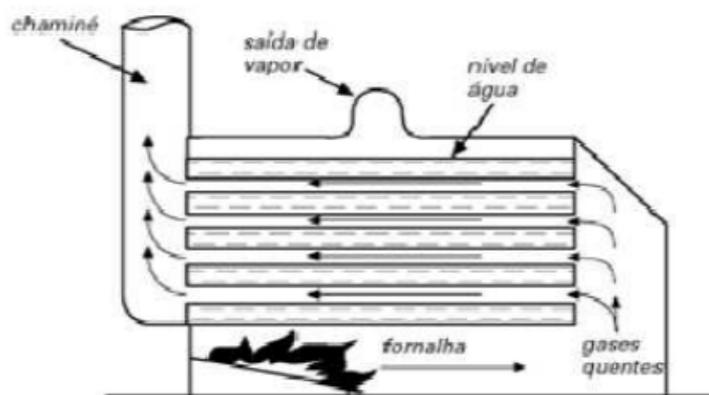
Fonte: Adaptado de (GARCIA, 2016)

2.5.2 Caldeiras flamotubulares

As caldeiras flamotubulares são caracterizadas pelo fluxo dos gases quentes que percorrem o interior dos tubos, enquanto a água a ser aquecida e evaporada circunda esses tubos. Devido à sua construção, essas caldeiras têm limitações em termos de capacidade de produção e pressão, uma vez que as partes internas submetidas à pressão possuem dimensões relativamente grandes, o que impede o uso de chapas de espessuras maiores (ARRUDA, 2009).

Na figura 10, pode-se visualizar o esquema de geração de vapor de uma caldeira flamotubular.

Figura 10 – Caldeira flamotubular



Fonte: Adaptado de (GARCIA, 2016)

2.5.3 Tipos de combustíveis em caldeiras

Caldeiras são instalações destinadas a geração de vapor a partir da queima de algum combustível. Portanto, existem diversos tipos de combustíveis diferentes para caldeiras. A maioria das caldeiras existentes utilizam de líquidos para a geração de energia, como por exemplo o óleo diesel. Gases também podem ser utilizados para tal, sendo o gás natural e o GLP os mais comuns. Combustíveis sólidos também são utilizados para caldeiras, sendo os derivados da madeira os mais comuns, podendo-se destacar o cavaco, que é utilizado como biomassa.

2.5.3.1 Caldeira à biomassa

A biomassa é uma forma interessante de combustível para caldeiras, tendo a sua busca crescido cada vez mais na indústria nos últimos anos. A biomassa é um combustível renovável e muito abrangente em todo o mundo, causando poucos impactos ambientais, além de ser barata se comparada aos combustíveis líquidos e gasosos (HUANG *et al.*, 2023).

A queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de poluentes atmosféricos, incluindo óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre e partículas de carbono. Essa forma de combustão tem causado sérios danos ao meio ambiente e à saúde humana. O crescente interesse em questões ambientais e redução da dependência de energia tem impulsionado o aumento do uso de combustíveis de biomassa como substitutos dos combustíveis fósseis. Os combustíveis de biomassa são considerados uma alternativa renovável e mais limpa em comparação aos combustíveis fósseis (HUANG *et al.*, 2023).

O consumo global de energia proveniente de biomassa ocupa o quarto lugar, logo após o petróleo, carvão e gás natural. O uso de energia de biomassa foi estabelecido como um sistema bem gerenciado na Europa e nas Américas. Os combustíveis de biomassa são

compostos principalmente por subprodutos agrícolas, como palha, casca de amendoim, casca de arroz e bagaço, bem como por resíduos florestais, como folhas caídas, galhos e serragem (HUANG *et al.*, 2023). Neste trabalho, o foco será na biomassa obtida por meio da picagem da madeira, como já mencionado acima.

Comparando aos combustíveis fósseis, a queima do cavaco emite menos dióxido de enxofre. Com o objetivo de controlar a quantidade total de poluentes e reduzir as emissões atmosféricas, o uso de caldeiras a carvão foi gradualmente restrito, abrindo espaço para o rápido desenvolvimento e aprimoramento de caldeiras industriais de biomassa. Essas caldeiras são consideradas mais limpas do que as de carvão, mas ainda emitem diversos poluentes. No entanto, há uma lacuna de estudos sobre as emissões de aerossóis carbonáceos provenientes da queima de caldeiras industriais de biomassa, e a quantidade exata desses dados ainda é desconhecida (HUANG *et al.*, 2023).

No momento, a biomassa ocupa a quarta posição como fonte de energia global, representando aproximadamente 14% do consumo total de energia, superando o carvão (12%) e sendo comparável ao gás natural (15%) e eletricidade (14%). Em muitos países em desenvolvimento, a biomassa é a principal fonte de energia. A biomassa consiste em uma quantidade significativa de materiais orgânicos combustíveis, compostos por elementos básicos como carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre, além de pequenas quantidades de cinzas e água incombustíveis. Em geral, o teor de enxofre nas usinas de biomassa varia entre 0,1% e 0,5%, o que é menor do que o encontrado nos outros combustíveis fósseis. O teor de carbono nos combustíveis de biomassa é de cerca de 50%, também menor do que o encontrado nos outros combustíveis. Os quatro parâmetros industriais utilizados para classificar os combustíveis de biomassa são umidade, cinzas, volatilidade e carbono fixo (HUANG *et al.*, 2023).

O funcionamento de uma caldeira à biomassa que utiliza do cavaco como combustível é relativamente simples. Primeiramente, a biomassa é obtida por meio da picagem de troncos e galhos de árvores, então, ela é utilizada na caldeira por intermédio do sistema de alimentação, que pode ser manual ou automatizado. Após a alimentação, a biomassa é queimada dentro do queimador, que tem uma câmara de combustão, dentro da qual o calor é gerado por meio de reações químicas exotérmicas. O calor é responsável pelo aquecimento da água, que se transformará em vapor, então, o vapor é bombeado para um circulador, onde posteriormente será conduzido para tubos de saída. Por fim, o vapor é utilizado para geração de energia ou para o aquecimento de ambientes.

Figura 11 – Caldeira à bioamassa



Fonte: Adaptado de (PAPER, 2015)

2.5.3.2 Poder calorífico

Segundo (ARRUDA, 2009), o poder calorífico é a quantidade de calor produzido pela combustão completa de alguma unidade de massa de combustível. Os combustíveis são formados principalmente por hidrogênio e carbono, sendo que o hidrogênio tem um poder calorífico de 28.700 kcal/kg e o carbono 8.140 kcal/kg. Ou seja, quanto mais hidrogênio tiver o combustível, maior vai ser o seu poder calorífico. O poder calorífico pode ser separado em poder calorífico inferior e superior.

O poder calorífico inferior é a quantidade de calor liberado quando uma quantidade fixa de combustível é queimada em condições de pressão constante, resultando na transformação da água em vapor.

O poder calorífico superior refere-se à quantidade de calor liberado quando uma unidade de massa de um combustível é queimada em um volume constante, e toda a água resultante da combustão é condensada no estado líquido.

Em alguns casos, devido às altas temperaturas dos gases de combustão nos motores endotérmicos, a água presente neles está sempre no estado de vapor. Portanto, é necessário considerar o poder calorífico inferior e não o superior.

Dos combustíveis líquidos, o óleo diesel tem um poder calorífico inferior de 10.200kcal/kg. Dos combustíveis gasosos, o gás natural possui um poder calorífico inferior de 9.400kcal/kg e massa específica de 0,7kg/m³, o GLP possui um poder calorífico inferior de 10.800kcal/kg e massa específica de 500kg/m³. Por sua vez, o cavaco tem um poder calorífico inferior de 2.500kcal/kg e massa específica de 330kg/m³ (ARRUDA, 2009).

3 METODOLOGIA

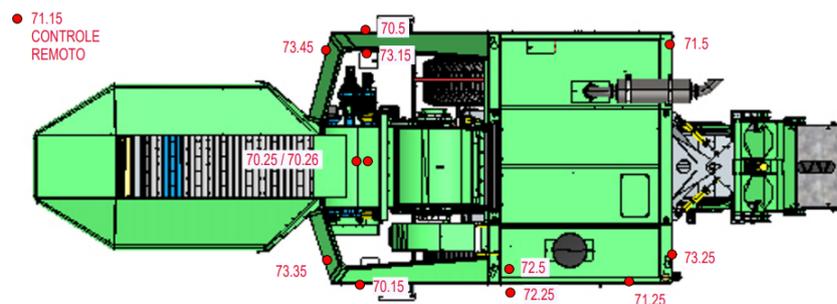
Neste capítulo, são apresentados os dispositivos de segurança utilizados para a realização do projeto, especificando o funcionamento e a localização de cada um. Então, são verificados os custos para desenvolver o painel e adquirir um picador florestal.

Posteriormente, é feita uma análise do uso desse picador florestal para a obtenção de cavaco. Este cavaco é utilizado como biomassa, como já explicado nos capítulos anteriores. Por último, é verificada a viabilidade da utilização da biomassa para a alimentação de caldeiras.

3.1 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA UTILIZADOS

Nesta seção, o foco será no desenvolvimento do projeto, principalmente nos dispositivos que fazem parte do sistema de segurança do picador florestal. Todos os dispositivos de segurança apresentados abaixo, quando forem acionados, fazem com que o motor a diesel e todos os acionamentos do painel sejam desligados, ficando bloqueados até que o problema em questão seja resolvido. Depois de resolvido o problema, basta acionar o botão de Reset na porta do painel, liberando os comandos para serem ligados novamente. Na figura 12, é possível visualizar a disposição dos dispositivos de segurança utilizados no picador, que serão descritos nas subseções a seguir.

Figura 12 – Identificação dos dispositivos de segurança do picador



Fonte: Elaboração própria

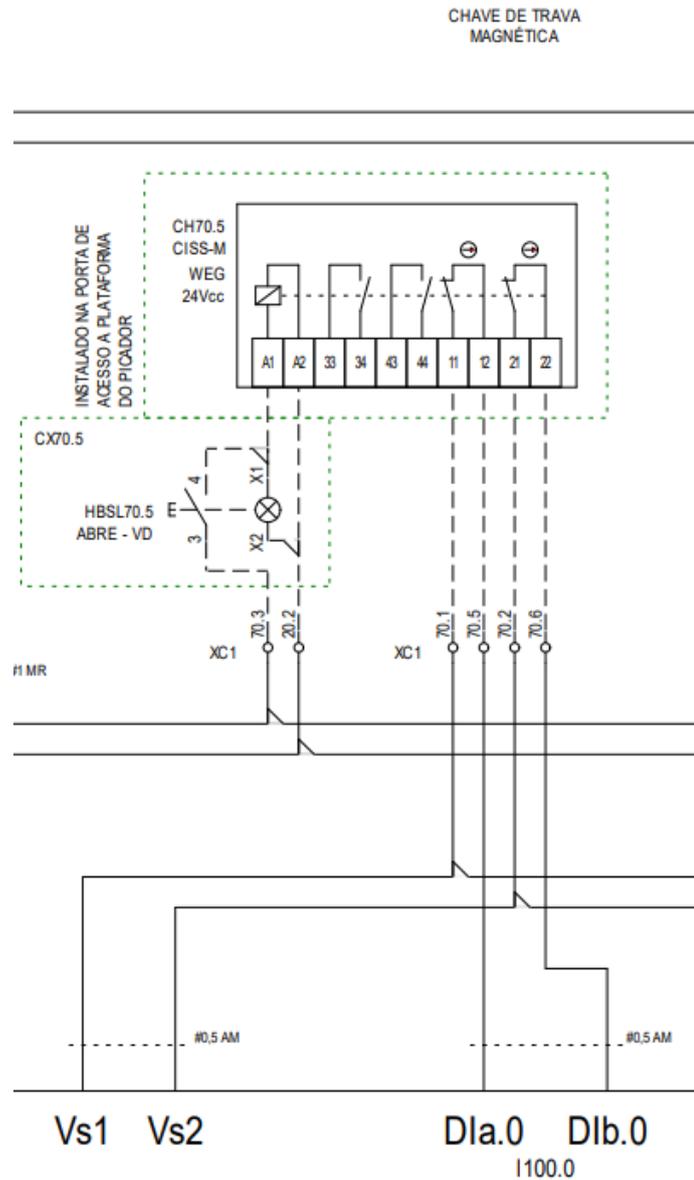
3.1.1 Chaves magnéticas de trava

No projeto, existem duas chaves magnéticas de trava, sendo a primeira identificada como CH70.5. Essa é a chave que está instalada na porta que dá acesso a plataforma do picador. Ela é monitorada pela entrada de endereçamento I100.0 do cartão DI *safety* (Expansão 41.1), do CLP.

Na figura 13, pode-se perceber sua disposição no projeto. Seu funcionamento é simples, os contatos NF da chave de trava estão diretamente conectados ao CLP, afim de

garantir que a porta da plataforma de acesso se mantenha fechada durante o funcionamento do picador. Na bobina da chave de trava, está conectado um botão com contato Normalmente aberto (NA). Quando o botão for acionado, a bobina da chave de trava será energizada, abrindo os contatos de segurança NF, garantindo o desligamento da máquina.

Figura 13 – Chave de trava CH70.5

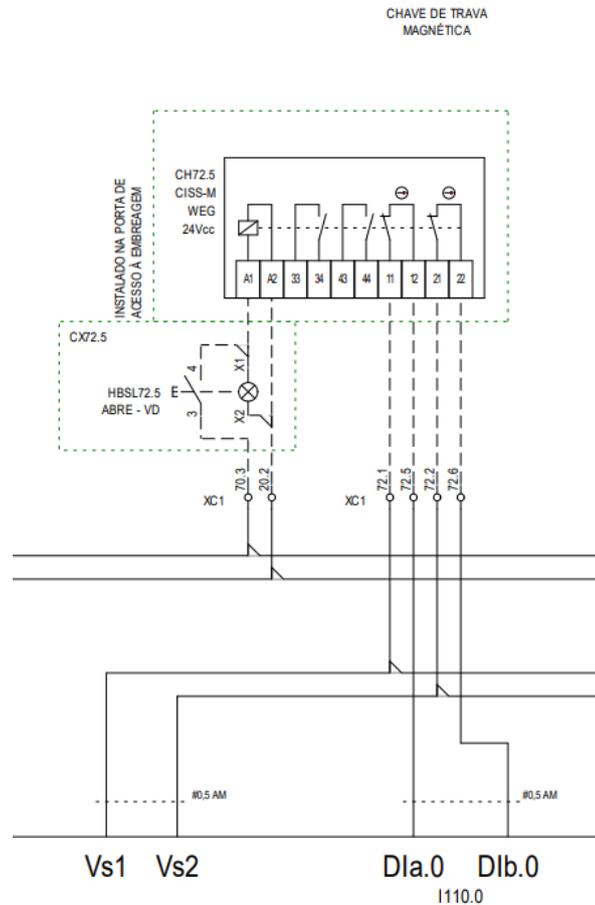


Fonte: Elaboração própria

A outra chave é identificada como CH72.5. Ela está instalada na porta que dá acesso ao sistema de embreagem. É monitorada pela entrada de endereçamento I110.0 do cartão DI *safety* (Expansão 41.2) do CLP.

Na figura 14, pode-se perceber sua disposição no projeto. Seu funcionamento é igual ao da outra chave de trava, porém, essa chave está relacionada à porta do sistema de embreagem.

Figura 14 – Chave de trava CH72.5



Fonte: Elaboração própria

Ambas as chaves de trava só serão liberadas para acionamento, após comando do CLP, que energizará a bobina na saída de endereçamento Q200.2 do cartão DO *safety* (Expansão 42.1) do CLP.

3.1.2 Botões de emergência

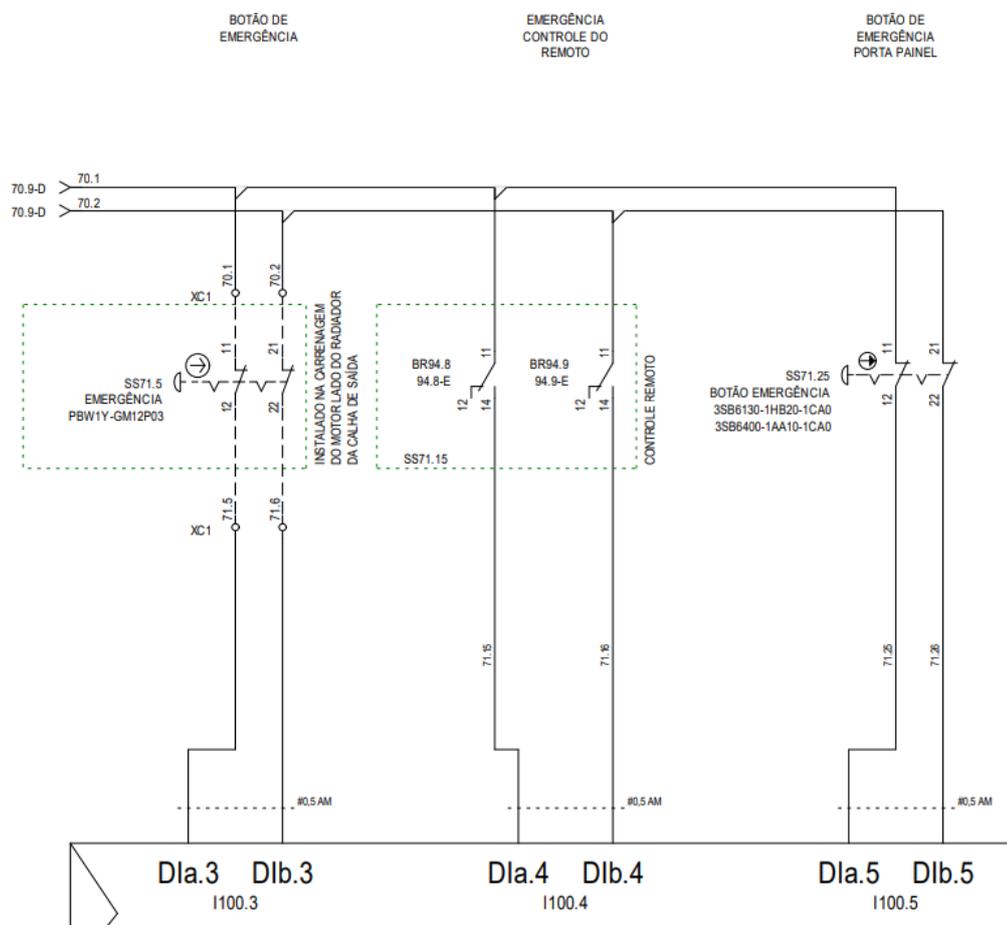
No projeto, são utilizados seis botões de emergência. O primeiro botão é identificado como SS71.5, e está instalado na carenagem do motor, ao lado do radiador. O segundo botão é identificado como SS71.15, e está localizado no controle remoto de identificação CR30.1. O terceiro botão é identificado como SS71.25, sendo este instalado na porta do painel elétrico.

Os botões SS71.5 e SS71.25 possuem dois contatos NF, recebendo a alimentação do próprio CLP, ao serem acionados, param completamente o funcionamento da máquina.

O botão SS71.25 também possui a alimentação vinda do CLP, porém, os contatos só estarão fechados como nos outros botões de emergência, quando forem energizados pelo controle remoto CR30.1. Então, também é possível parar a máquina por meio do controle remoto.

Na figura 15, é possível visualizar a disposição dos botões no projeto elétrico. Os botões SS71.5, SS71.15 e SS71.25 estão sendo monitorados pelas entradas de endereçamento I100.3, I100.4 e I100.5 do cartão DI *safety* (Expansão 42.1) do CLP, respectivamente.

Figura 15 – Botões de emergência SS71.5, SS71.15 e SS71.25



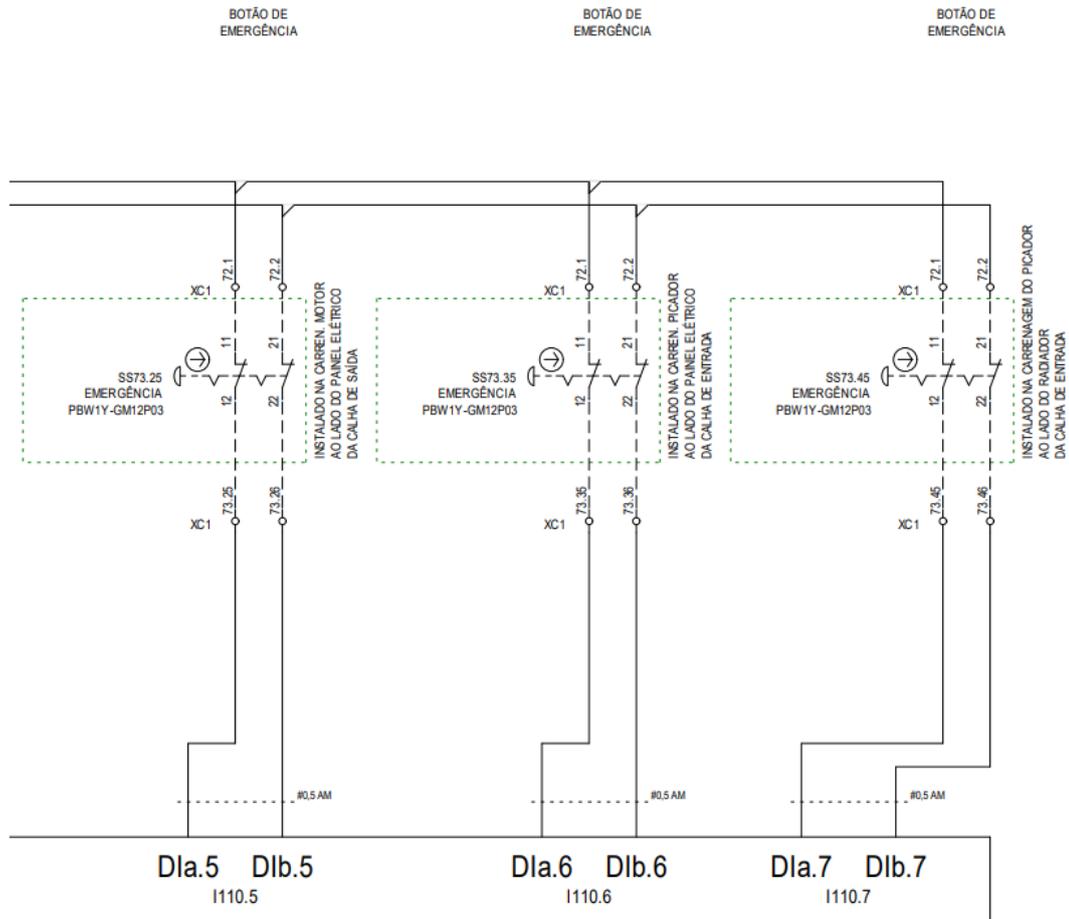
Fonte: Elaboração própria

O quarto botão é identificado como SS73.25, e está instalado na carenagem do motor, ao lado do painel elétrico e de frente para a calha de saída. O quinto botão é identificado como SS73.35, sendo este instalado na carenagem do picador, ao lado do painel elétrico e de frente para a calha de entrada. O sexto e último botão é identificado como SS73.45, sendo este instalado na carenagem do picador, ao lado do radiador e de frente para a calha de entrada.

Os três botões em questão possuem dois contatos NF cada um, recebendo alimentação do CLP. Qualquer um desses botões, quando acionados, param por completo o funcionamento do picador.

Na figura 16, pode-se visualizar a disposição desses três botões no projeto elétrico. Os botões SS73.25, SS73.35 e SS73.45 estão sendo monitorados pelas entradas de endereçamento I110.5, I110.6 e I110.7 do cartão DI *safety* (Expansão 41.2) do CLP, respectivamente.

Figura 16 – Botões de emergência SS73.25, SS73.35 e SS73.45



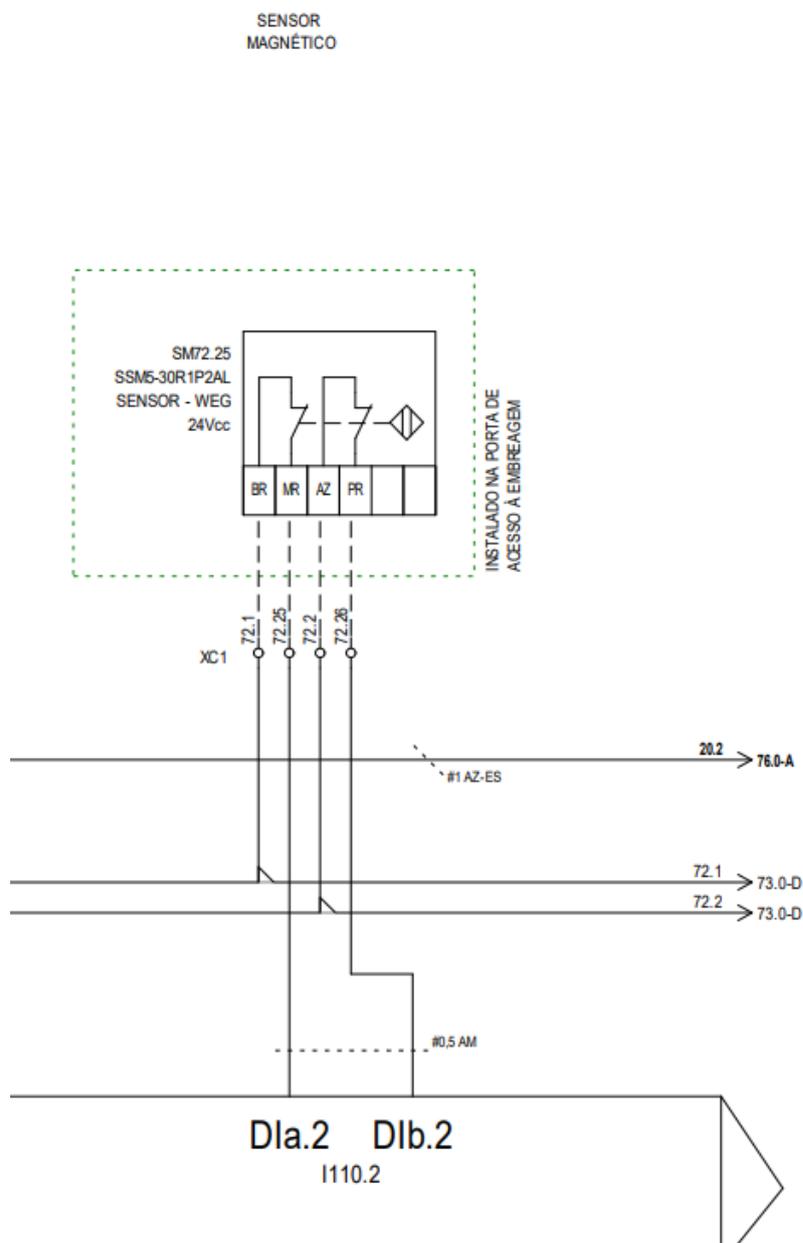
Fonte: Elaboração própria

3.1.3 Sensores magnéticos

No projeto, são utilizados dois sensores magnéticos. O primeiro sensor é identificado como SM72.25, sendo este instalado como redundância na porta de acesso ao sistema de embreagem. É monitorado pela entrada de endereçamento I110.2 do cartão DI *safety* (Expansão 41.2) do CLP.

Na figura 17, pode-se visualizar a disposição desse sensor no projeto. Ele serve como redundância para a chave de trava CH70.5, descrita acima na subseção 3.1.1. Caso haja algum problema no botão que aciona a bobina da chave de trava, que está instalado também na porta de acesso ao sistema de embreagem, existe o sensor magnético, que ao ser acionado, para a máquina.

Figura 17 – Sensor magnético SM72.25

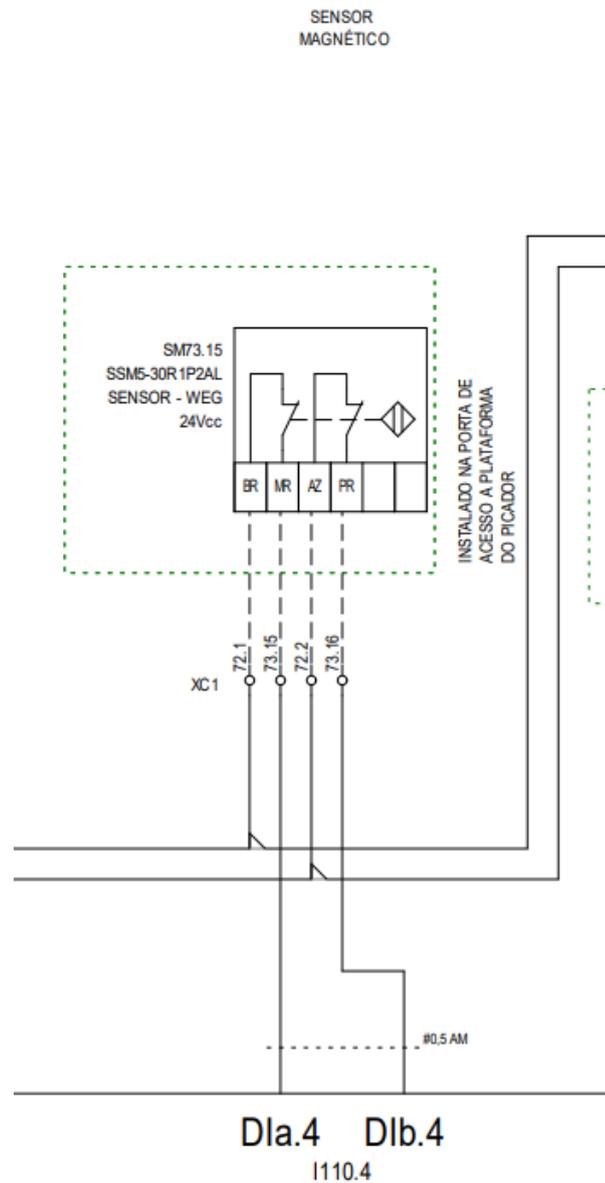


Fonte: Elaboração própria

O segundo sensor é identificado como SM73.15, sendo este instalado como redundância na porta de acesso a plataforma do picador. É monitorado pela entrada de endereçamento I110.4 do cartão DI *safety* (Expansão 41.2) do CLP.

Na figura 18, pode-se visualizar a disposição desse sensor no projeto. Da mesma maneira que o sensor SM72.25, ele serve como redundância para a chave de trava CH72.5. Caso o botão que aciona a bobina da chave de trava CH72.5 não funcione, existe o sensor SM72.25 para o desligamento da máquina.

Figura 18 – Sensor magnético SM73.15



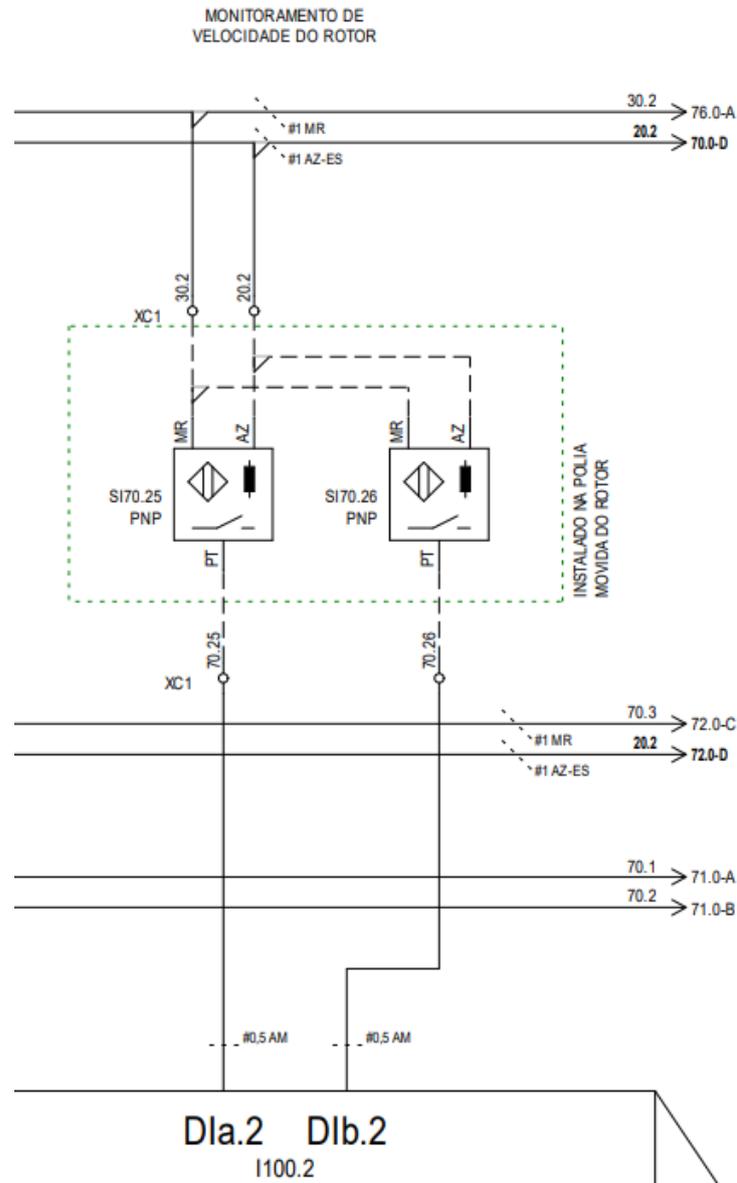
Fonte: Elaboração própria

3.1.4 Sensores indutivos

No projeto, existem dois sensores indutivos. Eles podem ser identificados como SI70.25 e SI70.26, sendo estes instalados na polia movida do rotor para leitura de pulsos. São monitorados pela entrada de endereçamento I100.2 do cartão DI *safety* (Expansão 41.1) do CLP.

Na figura 19, pode-se visualizar a disposição dos sensores indutivos no projeto. O sensor indutivo gera um campo eletromagnético, que em caso de proximidade de qualquer material metálico, irá desligar, fazendo com que a alimentação da máquina seja desligada.

Figura 19 – Sensores indutivos SI70.25 e SI70.26



Fonte: Elaboração própria

3.2 BOTÕES DE COMANDO DO PAINEL

Na porta do painel elétrico, foram colocados alguns botões para o comando do picador, além de uma IHM. Abaixo, será descrito a função de cada botão. Na figura 20, pode-se visualizar a disposição desses botões.

Na figura, existem descrições enumeradas de um a quinze, destacadas em vermelho, para cada função que os botões em questão cumprem.

O número 1 representa os dois botões comutadores que podem ser identificados como HS94.5 e HS94.6. A função desses botões é ligar/desligar a iluminação externa e interna do picador.

O número 2 representa o botão que pode ser identificado como HBSL91.2, e ele habilita a velocidade de trabalho do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, sendo que a alimentação do led vem do CLP, para avisar que o botão está acionado após ser pressionado.

O número 3 representa o botão que pode ser identificado como HBSL90.5, sendo este responsável pelo acionamento da embreagem do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

O número 4 representa o botão que pode ser identificado como HBSL90.2, sendo este responsável pelo comando de avanço da calha de entrada do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

O número 5 representa o botão que pode ser identificado como HBSL90.1, sendo este responsável pelo comando de retorno da calha de entrada do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

O número 6 representa o botão que pode ser identificado como HBSL90.3, sendo este responsável pelo comando de giro à esquerda da calha de saída do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

O número 7 representa o botão que pode ser identificado como HBSL90.4, sendo este responsável pelo comando de giro à direita da calha de saída do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

O número 8 representa o botão que pode ser identificado como HBSL90.6, sendo este responsável por ligar a saída de cavaco do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

O número 9 representa o botão que pode ser identificado como HBSL91.1, sendo este responsável por habilitar o controle remoto. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP. Quando acionado, este botão habilita o controle remoto e desabilita o controle local, então, todos os botões acima descritos não podem mais ser acionados, deixando o controle do picador apenas remoto.

O número 10 representa o botão de emergência que pode ser identificado como SS71.25, assim como descrito na subseção 3.1.2.

O número 11 representa o botão que pode ser identificado como HBSL94.1, sendo este responsável pelo *reset* do sistema de segurança. É um botão luminoso, de cor azul, monitorado pelo CLP. Em caso de falhas, o picador irá parar, necessitando de manutenção. Após a manutenção, o led do *reset* irá ligar, possibilitando o acionamento do botão para *reset* de todo o sistema de segurança.

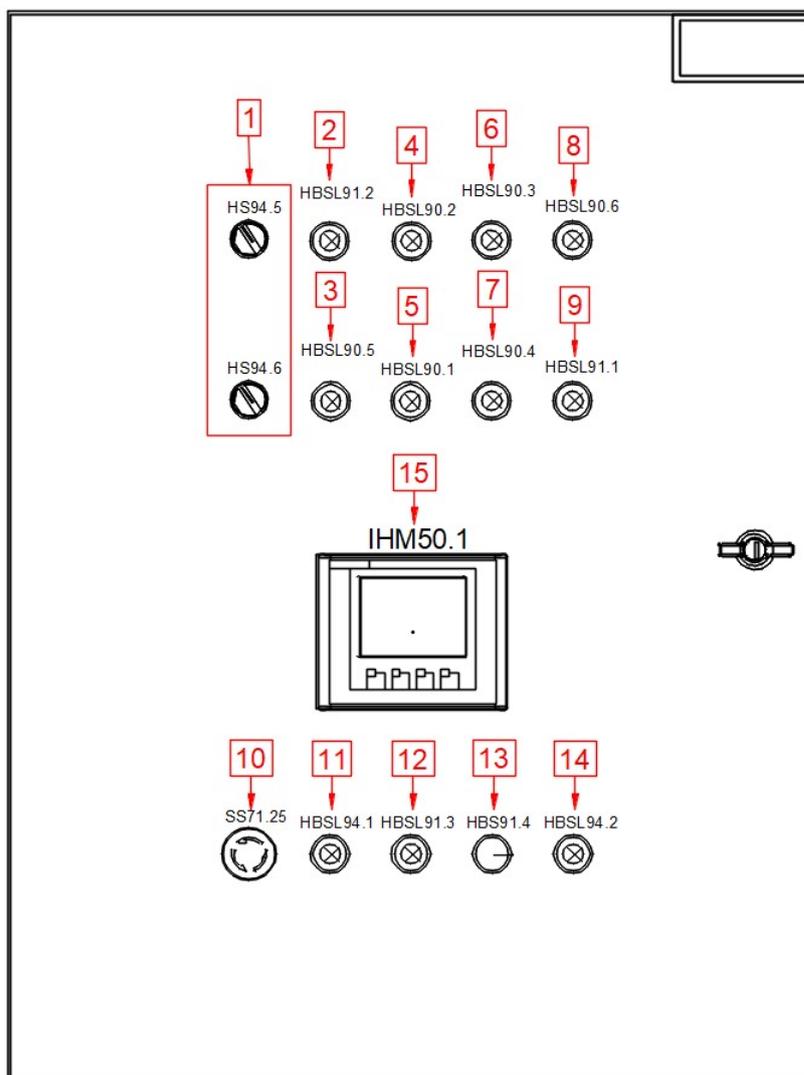
O número 12 representa o botão que pode ser identificado como HBSL91.3, sendo este responsável por ligar o motor diesel do picador. É um botão luminoso, de cor verde, monitorado pelo CLP.

O número 13 representa o botão que pode ser identificado como HBS91.4, sendo este responsável por desligar o motor diesel do picador. É um botão opaco, monitorado

pelo CLP.

O número 14 representa o botão que pode ser identificado como HBSL94.2, sendo este responsável por acionar a buzina do picador. É um botão luminoso, de cor vermelha, monitorado pelo CLP.

Figura 20 – Porta do painel: projeto



Fonte: Elaboração própria

3.2.1 IHM

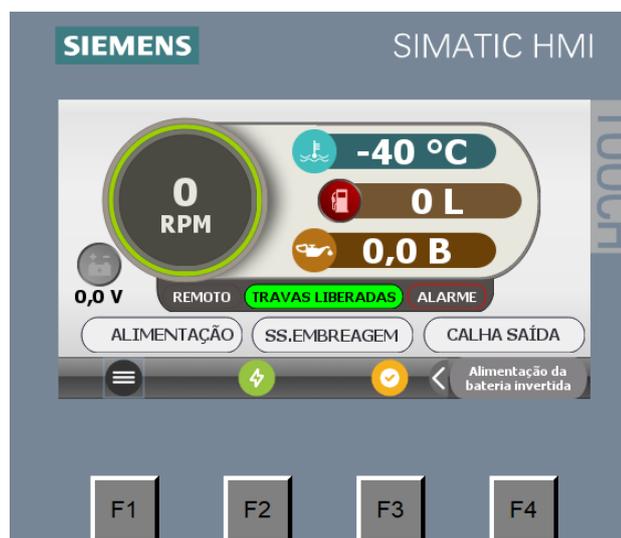
O número 15 da figura 20 representa a IHM, identificada como IHM50.1 no projeto elétrico. A partir dela, é possível ver as informações do picador. As informações que podem ser visualizadas na IHM serão listadas abaixo.

3.2.1.1 Tela de operação

Na tela de operação da IHM é possível ver as informações de RPM do motor, de temperatura, nível de diesel, pressão do óleo motor, verificar se todas as travas estão

liberadas, se há algum alarme, se a alimentação está avançando ou retornando, se a calha de saída está ativada, etc. Também é possível verificar se os comandos do picador estão sendo feitos pelo painel ou pelo controle remoto. A tela de operação pode ser visualizada na figura 21.

Figura 21 – Tela de operação



Fonte: Elaboração própria

3.2.1.2 Tela de manutenções preventivas

Nessa tela é possível visualizar quanto tempo o picador foi utilizado sem fazer manutenções. A máquina vem configurada para ter a primeira manutenção com 500 horas de uso, a segunda com 1000 horas e a terceira com 2000 horas. Portanto, se não forem feitas essas manutenções, a IHM irá avisar. A tela de manutenções preventivas pode ser visualizada na figura 22.

Figura 22 – Tela de manutenções preventivas



Fonte: Elaboração própria

3.2.1.3 Tela de horímetros

Nessa tela é possível visualizar quantas horas o picador foi utilizado e o consumo médio de combustível desde o último *reset* da máquina. A tela de horímetros pode ser visualizada na figura 23.

Figura 23 – Tela de horímetros



Fonte: Elaboração própria

3.2.1.4 Tela de alarmes

Nessa tela é possível ver se houve algum alarme na IHM. Ela fornece os avisos básicos e dá acesso a outras telas secundárias de alarmes e emergências. A tela de alarmes pode ser visualizada na figura 24.

Figura 24 – Tela de alarmes

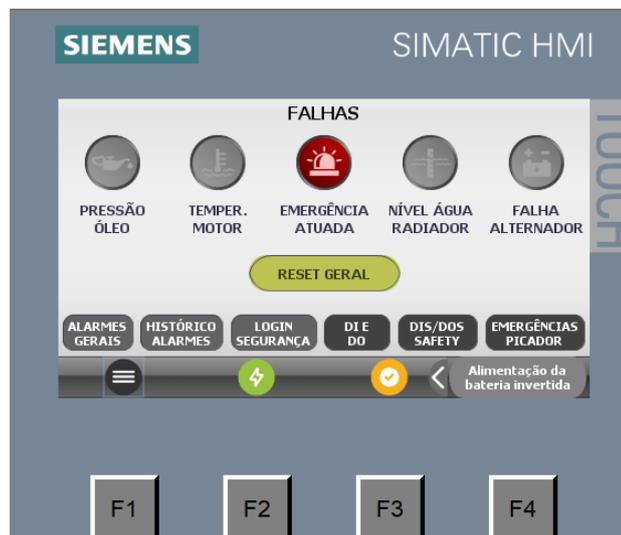


Fonte: Elaboração própria

3.2.1.5 Tela de falhas

Nessa tela é possível ver se ocorreu alguma falha no picador, ou deve haver manutenção para um posterior *reset* da máquina. A tela de falhas pode ser visualizada na figura 25.

Figura 25 – Tela de falhas

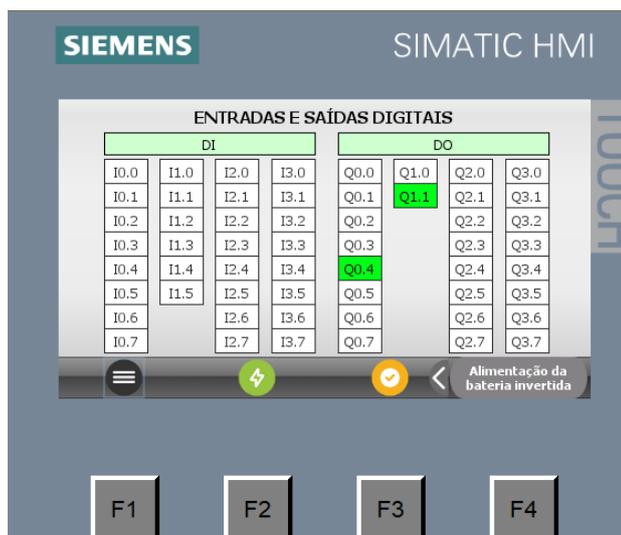


Fonte: Elaboração própria

3.2.1.6 Telas de entradas e saídas digitais

Na tela das entradas e saídas digitais, é possível visualizar os sinais digitais que se comunicam com o CLP. Essa tela pode ser visualizada na figura 26.

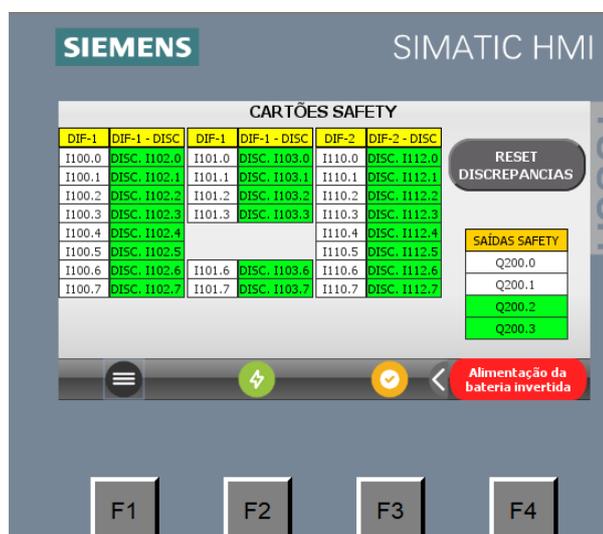
Figura 26 – Tela de entradas e saídas digitais



Fonte: Elaboração própria

Também é possível visualizar a tela das entradas e saídas digitais *safety*. Essa tela pode ser visualizada na figura 27.

Figura 27 – Tela de entradas e saídas digitais *safety*

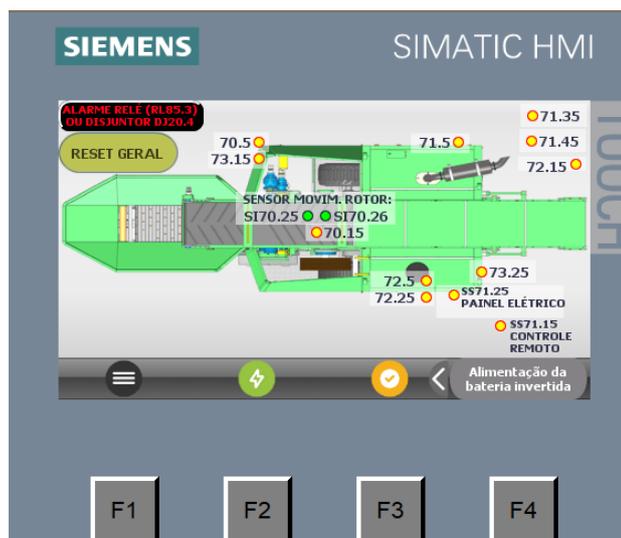


Fonte: Elaboração própria

3.2.1.7 Tela das emergências

Nessa tela é possível verificar todos os dispositivos de emergência do picador e se todos estão funcionando corretamente. A tela das emergências pode ser visualizada na figura 28.

Figura 28 – Tela das emergências

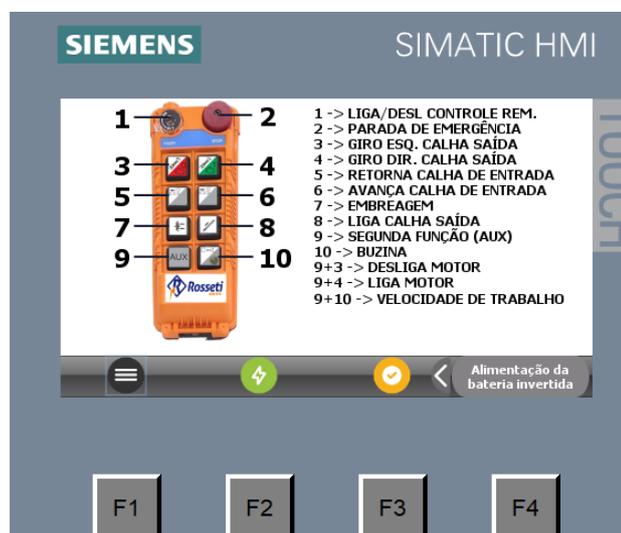


Fonte: Elaboração própria

3.2.1.8 Tela do controle remoto

Nessa tela é possível fazer a visualização do controle remoto instruindo o seu uso. A tela do controle remoto pode ser visualizada na figura 29.

Figura 29 – Tela do controle remoto

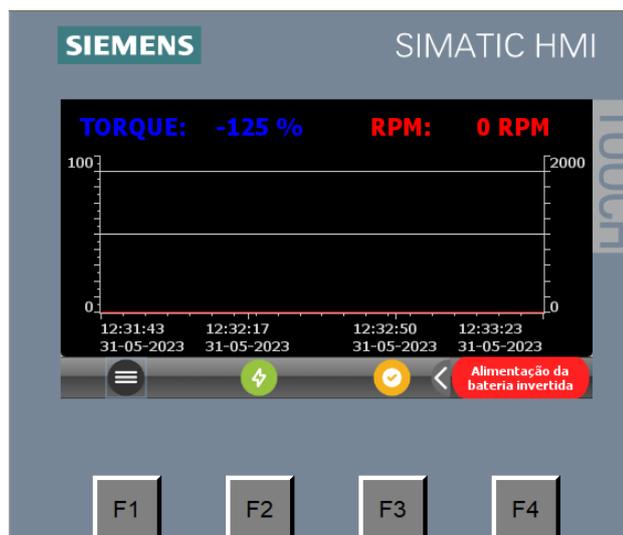


Fonte: Elaboração própria

3.2.1.9 Tela de gráfico

Nessa tela é possível visualizar a variável de Torque e de RPM do picador. A tela de gráfico pode ser visualizada na figura 30.

Figura 30 – Tela de gráfico

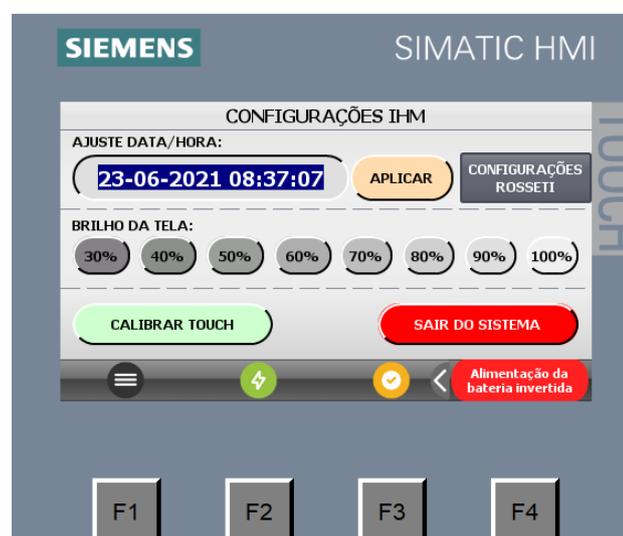


Fonte: Elaboração própria

3.2.1.10 Tela de configurações da IHM

Por último, existe a tela de configurações para o operador configurar da maneira que for melhor para a utilização da IHM. Essa tela pode ser visualizada na figura 31.

Figura 31 – Tela de configurações da IHM



Fonte: Elaboração própria

3.3 BOTÕES DE COMANDO DO CONTROLE REMOTO

Como descrito na seção 3.2, quando o botão HBSL91.1 for pressionado, o controle remoto é ativado, ou seja, o comando do picador acontecerá apenas por meio dele, que pode ser identificado como CR30.1 no projeto.

Na figura 32, é possível ver o controle remoto e os seus botões, que foram enumerados de 1 a 8. Abaixo serão descritas as funções de cada um dos botões.

O número 1 representa o botão para ligar e desligar o controle remoto.

O número 2 representa o botão da parada de emergência do picador, quando acionado, para a máquina por completo.

O número 3 representa o botão que faz o giro à esquerda da calha de saída, enquanto o botão 4 representa o botão que faz o giro à direita da calha de saída.

O número 5 representa o botão de retorno da calha de entrada, enquanto o botão 6 representa o botão de avanço da mesma.

O número 7 representa o botão que têm a função de acionar a embreagem e o número 8 o botão que têm a função de ligar a calha de saída.

O número 9 é um botão auxiliar, que quando pressionado, deve ter outro botão pressionado ao mesmo tempo. Se ele for pressionado com o botão 3, o motor será desligado. Se for pressionado com o botão 4, o motor será ligado. Se for pressionado com o botão 10, habilitará a velocidade de trabalho.

O número 10 representa o botão que é responsável pela sirene e buzina.

Figura 32 – Controle remoto



Fonte: Elaboração própria

3.4 PAINEL MONTADO

Depois de definidos os dispositivos de segurança e término do diagrama elétrico, o projeto foi executado, pode-se visualizar o painel montado na figura 33. Do lado esquerdo da figura, tem-se a visão da porta do painel, enquanto à direita tem-se a visão interna. Para a alimentação do painel elétrico em 24 V foi utilizada a bateria do motor a diesel do picador. Abaixo estão listadas as componentes utilizadas no projeto:

- a) Painel: para a montagem do projeto elétrico foi utilizado um quadro sobrepôr de aço carbono na cor bege, de 800x600x200mm;
- b) CLP: foi utilizada uma UCP *safety* da Siemens, modelo 6ES7214-1AF40-0XB0;
- c) Expansões do CLP: como expansões, foram utilizados dois cartões de DI *safety*, modelo 6ES7 226-6BA32-0XB0, um cartão de DO *safety*, modelo 6ES7 226-6DA32-0XB0 e um cartão com DI e DO, modelo 6ES7 223-1BH32-0XB0;
- d) IHM: para operação do picador foi utilizada uma IHM da Siemens, modelo 6AV2123-2DB03-0AX0;
- e) Módulo CAN: para comunicação com o motor do picador, foi utilizado um módulo CAN, para converter o sinal recebido e comunicar com o CLP, para tal, foi utilizado o modelo HD67610-A1;
- f) Disjuntores: para a proteção geral da eletrônica do painel, proteção do módulo do motor e proteção da iluminação, foram utilizados três mini disjuntores monopolares da marca Siemens, modelo 5SL1 110-7 MB;
- g) Conversor: para garantir a estabilidade do sinal recebido pela bateria do motor a diesel em 24 V, foi utilizado um conversor CC, modelo SD-150B-24;
- h) Bornes relés: para o acionamento de sinais digitais e comutação de alguns circuitos, foram utilizados dezessete bornes relés da marca Weidmuller, modelo TRZ 24VDC 1CO. Também foram utilizados sete relés automotivos da marca Metaltex, modelo SB1RC3-24;
- i) Botões: para o comando manual do picador por meio do painel elétrico, foram utilizados botões da linha 3SB6 da Siemens;
- j) Controle remoto: para evitar o acesso ao painel elétrico, foi adquirido um controle remoto, que tem a conexão direta com o CLP, afim de ser uma outra opção para o comando de segurança. Para tal, foi utilizado o controle remoto da marca Seyconel, modelo EZB68.
- k) Terminais: para mandar e receber sinais, foi necessária a utilização de bornes para a ligação externa. Para tal, foram utilizados bornes da Siemens;
- l) Diversos: foram utilizados diversos cabos no projeto, sendo que a seleção das cores dos cabos foi baseada na NBR 5410. Para alocação dos cabos, foram utilizadas canaletas e para a fixação de componentes, foram utilizados trilhos DIN. Também foram utilizados diodos e resistores para a elaboração do projeto.

Figura 33 – Vista do painel elétrico



Fonte: Elaboração própria

3.5 CUSTOS

O picador considerado para o projeto é um picador PFP500x800, da Planalto Picadores, com um motor diesel de 400 cv e sua aquisição gira em torno de R\$ 500.000,00.

3.5.1 Custos dos componentes do projeto

Para a elaboração do projeto, foram considerados os componentes citados na seção 3.4. A seguir pode-se verificar os custos de aquisição desses componentes.

Tabela 1 – Custos dos componentes do projeto.

Componentes	Valor
Painel	R\$ 750,00
UCP	R\$ 4.983,00
Expansões	R\$ 2.762,00
IHM	R\$ 3.150,00
Módulo CAN	R\$ 2.900,00
Disjuntores	R\$ 29,34
Conversor	R\$ 270,00
Bornes Relés	R\$ 1.010,36
Botões	R\$ 450,00
Controle remoto	R\$ 1.670,00
Terminais	R\$ 700,00
Diversos	R\$ 750,00
Total	R\$ 19.424,70

Fonte: Elaboração própria.

3.5.2 Custos totais

Além do custo de aquisição do picador e dos componentes utilizados no projeto elétrico, devem ser considerados os custos para a elaboração e montagem do projeto, bem como da programação do CLP. Na tabela abaixo pode-se verificar o custo total para a aquisição do picador com o painel de segurança.

Tabela 2 – Custos totais.

Itens	Valor
Picador	R\$ 500,00
Painel elétrico	R\$ 19.424,70
Projeto	R\$ 500,00
Montagem	R\$ 500,00
Programação do CLP	R\$ 2.000,00
Total	R\$ 522.424,70

Fonte: Elaboração própria.

3.6 VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO PICADOR FLORESTAL

Nesta seção será verificada a viabilidade da utilização desse picador florestal para o seguinte segmento: geração de energia em caldeiras utilizando biomassa como combustível. O picador analisado tem um tanque de combustível de 300 litros, e tem uma média de consumo de aproximadamente 16 litros por hora. Em uma hora, o picador é capaz de

obter 17,5 m³ de cavaco seco. Com 300 litros de óleo diesel, será possível obter 328,125 m³ de cavaco seco.

3.6.1 Viabilidade de utilização do picador florestal em caldeiras

Não foi possível adquirir dados precisos de caldeiras em funcionamento, portanto, para esta análise de viabilidade, foram usados como exemplo alguns dados da pesquisa de (ARRUDA, 2009).

Em uma caldeira que utiliza do cavaco como combustível, foi feita a análise de seu funcionamento mensal, tendo como base 22 dias de funcionamento da caldeira. Neste período, houve a utilização de 88 m³ de cavaco. Essa pesquisa foi feita em 2009, portanto, considerando a quantidade utilizada de cavaco naquele período e analisando o valor do cavaco em 2023, que é aproximadamente R\$ 38,00, tem-se um gasto mensal de aproximadamente R\$ 3.344,00.

Em uma caldeira que utiliza óleo diesel como combustível, foi feita a análise de seu funcionamento mensal, tendo como base 15 dias de funcionamento da caldeira. No período de análise, houve uma utilização de 0,9 m³ de óleo diesel. Em maio de 2023, o valor do óleo diesel teve uma média de aproximadamente R\$ 5,78 por litro, sendo que 1 m³ é equivalente a 1000 litros, portanto, o gasto mensal de óleo diesel para a caldeira chega a aproximadamente R\$ 5.202,00.

Na caldeira que utiliza o gás natural como combustível, também foi feita uma análise mensal, considerando 20 dias de funcionamento da caldeira. No período de análise, houve uma utilização de 2600 m³ de gás natural. Em maio de 2023, o valor do gás natural teve uma média de R\$ 3,70, então, o gasto mensal de gás natural para a caldeira gira em torno dos R\$ 9.620,00.

Por último, na caldeira que utiliza o gás GLP como combustível, na análise mensal, considerando 21 dias de funcionamento da caldeira, houve uma utilização de 363,93 m³ de gás GLP. Em maio de 2023, o preço do gás GLP teve uma média de R\$ 20,35, então, o gasto mensal de gás GLP para a caldeira gira em torno dos R\$ 7.405,97.

Para a obtenção dos valores dos custos mensais, a equação (1) foi utilizada:

$$Custo_M = combust_U \cdot preco_{CB} \quad (1)$$

Onde:

$Custo_M$ - Custo gasto com o combustível no período de um mês (R\$);

$combust_U$ - A quantidade de combustível gasta no período de um mês (m³);

$preco_{CB}$ - O preço do combustível no período de análise (R\$/m³).

Na tabela 3 pode-se verificar o comparativo dos custos mensais para cada caldeira.

Tabela 3 – Custos mensais dos combustíveis em caldeiras.

Combustíveis	Custo mensal
Cavaco	R\$ 3.344,00
Óleo diesel	R\$ 5.202,00
Gás natural	R\$ 9.620,00
Gás GLP	R\$ 7.405,97

Fonte: Elaboração própria.

Como visto acima, o valor para a aquisição do picador é de R\$ 522.424,70. Portanto, para o caso em análise de uma caldeira à biomassa, que utiliza 88 m³ de cavaco por mês, com um gasto de R\$ 3.344,00, é importante fazer o cálculo do *payback* para o picador. O *payback* é um parâmetro que estima a quantidade de tempo necessária para que um investimento reembolse integralmente o valor aplicado ao investidor. Tendo isso em vista, o *payback* calculado para o picador foi de 13 anos e 1 mês.

Como pode-se perceber, o valor gasto com o cavaco em uma caldeira no ano de 2023 é muito menor do que o dos outros combustíveis usados como comparativo. Porém, o picador florestal é um alto investimento para ser feito em uma caldeira, além de precisar do eucalipto para a picagem e de um local para a armazenagem dos cavacos. Vale ressaltar que também tem o custo para a manutenção e operação do picador, que pode mobilizar bastante mão de obra. Outro fator importante é o *payback* de 13 anos e 1 mês, um longo período de tempo. Portanto, para o caso de uma caldeira geradora de energia, é mais viável comprar o cavaco já produzido e então investir apenas no local de armazenagem dos cavacos, porém, para o caso de haver mais caldeiras, outra análise deve ser feita. Outro fator importante para a escolha do cavaco como fonte de combustível são os impactos ambientais gerados pelos óleos e gases.

4 CONCLUSÃO

A utilização de um painel de comando para a operação de um picador florestal mostra-se uma escolha adequada e em conformidade com as normas vigentes. A implementação dos dispositivos de segurança apresentados neste trabalho proporciona maior proteção aos operadores, evitando acidentes e garantindo um ambiente de trabalho mais seguro.

O CLP *safety* desempenha um papel fundamental na automação e controle do processo, oferecendo funções específicas de segurança, como detecção de falhas, paradas de emergência e intertravamentos. Ele assegura que o picador florestal opere dentro dos limites de segurança estabelecidos pelas normas, minimizando os riscos associados ao seu funcionamento.

A IHM, por sua vez, fornece uma interface amigável para os operadores interagirem com o picador florestal. Por meio dela, é possível monitorar e controlar as diversas funções do equipamento, além de receber informações em tempo real sobre o seu desempenho. Isso contribui para uma operação mais eficiente e facilita a tomada de decisões por parte dos operadores.

Com base na análise realizada do projeto do comando de segurança do picador florestal, que tem como objetivo a obtenção de cavaco, que pode ser utilizado como biomassa para a geração de energia em caldeiras, foi possível chegar a importantes conclusões. Verificou-se que o uso da biomassa apresenta vantagens significativas em relação às fontes de energia convencionais, como o diesel, gás natural e gás GLP, tanto em termos de custo quanto de impactos ambientais.

A biomassa se destaca por seu valor competitivo e por ser uma alternativa mais sustentável, contribuindo para a redução das emissões de gases do efeito estufa. Além disso, sua disponibilidade e renovabilidade a tornam uma opção promissora para suprir a demanda energética.

No entanto, considerando o contexto analisado de uma caldeira geradora de energia e levando em conta o alto custo envolvido na aquisição e manutenção de um picador florestal, conclui-se que, do ponto de vista econômico, pode ser mais interessante para as empresas adquirir a biomassa pronta ao invés de investir no picador florestal.

Essa decisão é baseada na consideração dos aspectos financeiros, levando em conta o retorno do investimento e os custos operacionais envolvidos na aquisição, operação e manutenção do picador florestal. Assim, a opção de compra da biomassa pronta é uma alternativa mais viável e atrativa para as empresas que desejam utilizar de uma caldeira à biomassa. É importante destacar que para o caso da utilização de mais de uma caldeira, um outro estudo de viabilidade deve ser feito.

Dessa forma, o estudo conclui que a utilização da biomassa como fonte de energia em caldeiras é uma escolha acertada em relação aos combustíveis fósseis, mas a compra

da biomassa pronta se mostra uma decisão mais vantajosa do que o investimento em um picador florestal, considerando os custos envolvidos para esse caso específico. Cabe ressaltar que cada contexto e necessidade devem ser avaliados individualmente, ponderando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais para uma decisão informada e adequada.

REFERÊNCIAS

ALAKOSKI, Esa *et al.* From wood pellets to wood chips, risks of degradation and emissions from the storage of woody biomass – A short review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 376–383, 2016. ISSN 1364-0321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115011004>.

ARRUDA, Matheus Zart de. Análise de combustíveis de caldeiras. **Universidade de Passo Fundo**, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14153**: Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, jun. 1998.

_____. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, set. 2005.

BAKER, R. R.; LORY, M. R. The Application of Synchronous and Induction Motors to Chippers. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers**, v. 66, n. 1, p. 1070–1077, 1947. DOI: 10.1109/T-AIEE.1947.5059545.

FILHO, Carlos Bartolotto. AUMENTO DA EFICIÊNCIA E PRODUÇÃO DE VAPOR COM ESTUDO DE CASO EM UMA CALDEIRA AQUATUBULAR. **Universidade Santa Cecília**, 2015.

GARCIA, Juliana da Silva. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS OPERACIONAIS MEDIANTE AO PROCESSO DE SOPRAGEM DA CALDEIRA PARA ELABORAÇÃO DE NOVAS ESTRATÉGIAS DE OPERAÇÃO DE UMA USINA TERMELÉTRICA A CARVÃO. **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2016.

HUANG, Hong *et al.* Biomass briquette fuel, boiler types and pollutant emissions of industrial biomass boiler: A review. **Particuology**, v. 77, p. 79–90, 2023. ISSN 1674-2001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2022.08.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674200122001924>.

NR10, MTE. **NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>.

NR12, MTE. **NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>.

PAPER, International. Caldeira de Biomassa Autossuficiência energética e sustentabilidade do negócio. **INTERNATIONAL PAPER DO BRASIL LTDA**, 2015.

PLANALTO. **Picador florestal**. Planalto Picadores Indústria e Comércio LTDA. Disponível em: <https://www.planaltopicadores.com.br/produto?id=1>. Acesso em: 2 abr. 2023.

REDAÇÃO. **Matriz energética brasileira**: fique por dentro de sua evolução ao longo dos anos. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/matriz-energetica-brasileira/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20Minist%C3%A9rio,chegando%20a%2085%25%20em%202050..> Acesso em: 26 mar. 2023.

SIEMENS. **6ES7214-1AF40-0XB0**: SIMATIC S7-1200F, CPU 1214 FC. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://mall.industry.siemens.com/mall/pt/pt/Catalog/Product/6ES7214-1AF40-0XB0>. Acesso em: 22 mai. 2023.

_____. **S7-1200**: Functional Safety Manual. [S.l.], 2016. Disponível em: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf. Acesso em: 22 mai. 2023.

SOARES, Jéssica Machado. **AValiação da Qualidade de Três Diferentes Tipos de Cavacos de Madeira do Híbrido Eucalyptus urophila x grandis**. Universidade Federal do Paraná, 2016.

WEG. **CAIXA CSW PBW1Y-G11V03**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Controls/Comando-e-Sinaliza%C3%A7%C3%A3o/Comando-e-Sinaliza%C3%A7%C3%A3o-%28Linha-22-mm%29/Caixas-P1%C3%A1sticas-PBW/CAIXA-CSW-PBW1Y-G11V03/p/12979191>. Acesso em: 23 mai. 2023.

_____. **CHAVE DE INTERTRAVAMENTO DE SEGURANÇA COM BLOQUEIO DE PROTEÇÃO CISS-M: INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hee/hca/WEG-manual-de-operacao-da-chave-de-intertravamento-de-seguranca-com-bloqueio-de-protecao-ciss-m-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2023.

_____. **Guia de Instalação: SSM5-30R / SSM5-40R**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h96/h6f/WEG-SSM5-installation-guide-10007105824-en-es-pt.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2023.

_____. **Sensores Indutivos: Linha SL**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas%2C->

Sensores-Industriais-e-Fontes-de-Alimenta%C3%A7%C3%A3o/Sensores-Industriais/Sensores-Indutivos/Sensores-Indutivos-Linha-SL/Sensores-Indutivos-Linha-SL/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_INDUCTIVE_SENSORS. Acesso em: 25 mai. 2023.