

AIRTON DANIEL SCHLEMPER

AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE MÁQUINA EXTRATORA DE ÓLEOS VEGETAIS

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do curso de Tecnologia em Automação de Processos Industriais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco.

Orientador Prof. Eng. Gustavo Gomes Kuhn.

PATO BRANCO

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de Diplomação intitulado **AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE MÁQUINA EXTRATORA DE ÓLEOS VEGETAIS**, do aluno **AIRTON DANIEL SCHLEMPER** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **152** de 2013.

Fizeram parte da banca os professores:

Prof°. Gustavo Gomes Kuhn

Prof° Fábio Luiz Bertotti

Prof° Gustavo Weber Denardin

AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, a empresa SILOFÉRTIL que forneceu todas as condições para que pudesse desenvolver as atividades previstas, e em nenhum momento negou condições, sejam elas materiais ou estruturais, para o cumprimento do trabalho de conclusão de curso.

Ao Prof. Eng. Gustavo Gomes Kuhn, meu orientador, e ao Prof. Eng. Fábio Brignol de Moraes, coordenador de trabalhos de conclusão de curso, que sempre foram muito pacientes e prestativos.

À minha esposa Eliane Chiqueleiro que sempre esteve ao meu lado e a toda minha família e amigos que sempre acreditaram em mim.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de resolver os problemas da operação da máquina extratora de óleo vegetal PS-200, desenvolvida pela empresa SILOFÉRTIL. O sistema implementado na máquina substituirá as decisões do operador e gerenciará as informações vitais do processo para monitoramento e padronização do produto e do processo. O sistema anterior era baseado na operação manual, onde o operador era responsável por todas as ações da máquina, essa forma de operação gerava muitas paradas no processo, produtos disformes, defeitos no equipamento e um rendimento abaixo do normal, ocasionando muitos custos e perdas em todo o processo produtivo. Neste projeto é apresentada uma solução para estes problemas, através de um sistema de automação e controle de operação da máquina, que controlará as decisões da mesma, padronizando os processos de produção, tornando a máquina mais eficiente, aumentando e padronizando a qualidade do produto, diminuindo o tempo de parada, reduzindo os custos e maximizando os lucros. Por meio de pesquisas e análises foram estabelecidos os padrões para o desenvolvimento deste projeto, assim como os equipamentos e metodologias.

Palavras-chave: Máquina extratora de óleo vegetal, automação e controle.

ABSTRACT

This work was developed with the purpose of resolving the problems of machine operation extractor of vegetable oil PS-200, designed by the company SILOFÉRTIL. The implemented system will replace the machine operator's decisions and manage the vital information to the process monitoring and standardization of product and process. The previous system relies on manual operating where the operator was liable for all actions of the machine. This way of operation was generating several stops in the process, disuniform products, defects in the equipment and a yield lower than normal, causing a lot of costs and losses throughout the production process. On this project we present a solution to these problems by means of an automation system control and operation of the machine, which control decisions, standardizing the production processes, making the machine more efficiently by increasing and standardizing the quality of the product, reducing the stopping time, reducing cost and maximizing profits. Through researches and analysis were established patterns to the development of this project, as well as equipment and methodologies.

Keywords: Vegetable oil extraction machine, automation and control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desintegradora de grãos da PS-200	11
Figura 2: Foto do cilindro no momento da prensagem.....	12
Figura 4: Diagrama geral de funcionamento do sistema	16
Figura 5: Fluxograma geral do sistema	17
Figura 6: Fluxograma da rotina de inicialização	19
Figura 7: Fluxograma da rotina de desligamento da máquina.....	20
Figura 8: Fluxograma do controle da RTA.....	21
Figura 9: Fluxograma rotina de controle da desintegradora.....	22
Figura 10: Fluxograma da rotina de controle da prensa	23
Figura 11: Esquemático da parte Hidráulica do sistema.	24
Figura 12: Esquemático do sistema Pneumático.	25
Figura 13: Cone de aperto por fixação mecânica e cone de aperto deslizante.	26
Figura 14: <i>Rung's</i> de renome das entradas e saídas.....	27
Figura 15: Programação das telas de IHM do PLC-300.....	28
Figura 16: Programação dos relatórios de eventos	29
Figura 17: Rede de comunicação <i>CANopen</i> da PS-200.....	30
Figura 18: Gráfico comparativo das manutenções e do rendimento entre o sistema convencional e o sistema automatizado.....	32
Figura 19: PLC-300HP	35
Figura 20: Indicador de Processo GC 2109 A e T.....	36
Figura 21: Módulo I/O de relés Loti.....	37
Figura 22: Módulo <i>CANopen</i> para CFW-08.....	37
Figura 23: Bomba Hidráulica P14-25.....	38
Figura 24: Cilindro hidráulico série 2H tipo J marca Parker.....	38
Figura 25: Válvula 4/2 vias modelo W6 da marca RexRoth.....	39
Figura 26: Válvula Pneumática BI-065 da marca MetalWork.	39
Figura 27: Cilindro Modelo ISO15552 da MetalWork	40
Figura 28: Vista interna do painel.	42
Figura 29: Vista externa do painel.....	42
Figura 30: Sistema automático de posicionamento do cone de aperto da PS-200	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 2: Diâmetros dos cilindros e suas respectivas áreas	25
Tabela 3: Nova nomeação das variáveis e suas respectivas funções.....	28
Tabela 4: Custo dos materiais.....	33

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programavel
IHM	Interface Homen Máquina
I/O	In/Out
PWM	<i>Pulse width Modulation</i>
TC	Transformador de Corrente
RTA	Rosca Transportadora de Abastecimento
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CANopen	<i>Controller Area Networq open</i>
Gb	Giga Byte
PDO	<i>Process Data Object</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. OBJETIVOS.....	8
1.1.1. Objetivo Geral.....	8
1.1.2. Objetivos Específicos.....	8
1.2. JUSTIFICATIVA.....	8
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1. INTRODUÇÃO.....	10
2.2. PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO POR MEIO MECÂNICO DE PRENSAGEM.....	10
2.2.1. Desintegração do grão.....	11
2.2.2. Prensagem.....	12
2.3. MÁQUINA PS-200.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. METODOLOGIA.....	14
3.1.1. Método da pesquisa.....	14
3.1.2. Plano de trabalho.....	14
3.1.3. Desenvolvimento do projeto.....	15
3.1.3.1. Fluxo de controle da PS-200.....	17
3.1.3.2. Atuadores da PS-200.....	24
3.1.3.3. Funcionamento do software.....	26
3.1.3.4. Viabilidade técnica e econômica.....	30
3.2. MATERIAIS.....	34
3.2.1. Materiais elétricos.....	34
3.2.2. Materiais hidráulicos.....	38
3.2.3. Materiais pneumáticos.....	39
4. RESULTADOS.....	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A: DIAGRAMAS LADDER DE CONTROLE DA PS-200.....	47
DIAGRAMA LADDER CONTROLE ALARMES.....	47
DIAGRAMA LADDER MAIN.....	48

DIAGRAMA <i>LADDER</i> TRATAMENTO ENTRADAS ANALÓGICAS.....	49
DIAGRAMA <i>LADDER</i> CONFIGURAÇÃO <i>CANOPEN</i>	50
DIAGRAMA <i>LADDER</i> ROTINA DE INICIALIZAÇÃO	51
DIAGRAMA <i>LADDER</i> CONTROLE RTA	52
DIAGRAMA <i>LADDER</i> CONTROLE DESINTEGRADORA	53
DIAGRAMA <i>LADDER</i> CONTROLE PRENSA	54
DIAGRAMA <i>LADDER</i> ROTINA DE DESLIGAMENTO	55

1. INTRODUÇÃO

A automação é um diferencial em qualquer empresa, possibilitando aumentar a produtividade, diminuir desperdício, aumentar a qualidade, reduzir o quadro de funcionários e aumentar a segurança de um processo ou um equipamento. Estas são as características da automação que colaboram para que uma empresa seja mais competitiva no mercado. Segundo (RIBEIRO, 1999):

Automação é a substituição do trabalho humano ou animal por máquina. Automação é a operação de máquina ou de sistema automaticamente ou por controle remoto, com a mínima interferência do operador humano. Automação é o controle de processos automáticos. Automático significa ter um mecanismo de atuação própria, que faça uma ação requerida em tempo determinado ou em resposta a certas condições.

Geralmente, a automação é aplicada através de uma máquina responsável por uma função específica dentro de uma planta industrial, como vantagens a máquina proporciona:

- Repetibilidade de ações;
- Velocidade de produção;
- Maior tempo de trabalho;

Como nada é perfeito, ela gera algumas limitações como:

- Capacidade limitada de tomar decisões;
- Necessita de calibração e manutenção periódica para garantir sua exatidão nominal;

Apesar disso, suas vantagens superam as desvantagens, a automação vem sendo frequentemente implantada nas indústrias.

Este projeto foi desenvolvido em parceria com a empresa SILOFÉRTIL, a qual é fabricante da máquina extratora de óleo vegetal. A empresa atua no ramo de fabricação de máquinas e equipamentos para beneficiamento e armazenagem de grãos. O projeto foi desenvolvido em uma máquina que a empresa usa para testes e demonstração para clientes. Após o projeto implantado e aferido será instalado nas máquinas comercializadas pela empresa.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema automático de operação e controle da máquina extratora de óleo vegetal PS-200.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver uma rotina de inicialização e desligamento da máquina;
- Controle da alimentação de produto da máquina por meio de controle *CANopen* do inversor de frequência;
- Monitoramento e controle das temperaturas da máquina (desintegradora de grãos e prensa);
- Monitoramento e controle da corrente dos motores (desintegradora de grãos e prensa);
- Controle da abertura e fechamento do cone de aperto da prensa;
- Criar relatórios de eventos que salvarão informações do processo para análise posterior;
- Desenvolver um padrão de alertas e alarmes do processo através de luzes no painel;

1.2. JUSTIFICATIVA

Atualmente, a máquina PS-200 é operada de forma manual. O operador é responsável por ligar/desligar os equipamentos, abrir/fechar válvulas, controlar a velocidade do abastecimento da máquina extratora de óleo vegetal, entre outras atribuições. Desta forma, o processo depende muito da percepção e da assiduidade do operador. Mesmo com operadores bem treinados e dedicados, é comum acontecer erros de operação, sem contar que a percepção é algo muito individual. Em função disso o rendimento da máquina não é o esperado, pois, sofre muitas paradas desnecessárias devido a defeitos no equipamento e o produto final é disforme e com baixa qualidade. Além disso, esses problemas geram um prejuízo

desnecessário devido ao excesso de manutenção não programada e a falta de padronização nas operações do equipamento, causando baixa eficiência da máquina.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo será abordada toda a parte introdutória ao trabalho, como objetivos, justificativas, entre outros. O Capítulo dois abordará a fundamentação teórica, como revisão de literatura. O terceiro capítulo tratará materiais e métodos, como o projeto foi desenvolvido e quais materiais foram utilizados neste desenvolvimento, o quarto capítulo apresenta os resultados do trabalho e finalmente, o quinto capítulo aborda as considerações e conclusões pertinentes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, o óleo vegetal é utilizado em grande escala, principalmente na indústria alimentícia e na fabricação de ração. Com o advento das energias renováveis, é uma ótima alternativa na fabricação do biodiesel, não podendo esquecer o subproduto do óleo que é a “torta”, esta é rica em proteína e é um excelente complemento na alimentação animal. O óleo se tornou uma grande riqueza, porém os seus métodos de extração são geralmente químicos, o que é viável em grandes quantidades e para grandes empresas detentoras de tecnologias e recursos. Em produção de escala reduzida ou em pequenas fazendas o processo químico é inviável, pois demanda alto investimento e gera muito resíduo. (BOSS, 2000) (BOSS, 2000) (BOSS, 2000) (BOSS, 2000).

Com o objetivo de preencher esta lacuna no mercado, a empresa SILOFÉRTIL desenvolveu a máquina PS-200, que é capaz de extrair óleo vegetal de sementes, como soja, algodão, girassol e canola, sem a adição de qualquer produto químico. A PS-200 é relativamente pequena e versátil, ideal para se implantar em fazendas e cooperativas de produtores. Esta máquina faz a retirada do óleo de forma mecânica (prensagem), e a “torta” se torna alimento animal rico em proteína, agregando valor a um produto que seria vendido como *commodities*.

2.2. PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO POR MEIO MECÂNICO DE PRENSAGEM

O processo de extração do óleo vegetal através de prensagem é o mais antigo utilizado pelo homem. Este processo consiste em espremer o produto (semente oleaginosa) de forma que se separe o óleo da “torta” (RAMALHO e SUAREZ, 2012).

O processo de prensagem pode ser por batelada ou contínuo. O processo por batelada consiste em realizar a extração de óleo por lotes, ou seja, prensa-se um lote de sementes, depois de separado o óleo da torta reinicia-se o mesmo

processo. Já o processo contínuo tem como característica a retirada contínua de óleo e torta sem necessidade de reiniciar o processo (BOSS, 2000) (BOSS, 2000) (BOSS, 2000) (BOSS, 2000).

Na atualidade, existe uma grande variedade de fabricantes de prensas para extração de óleo vegetal, porém o processo patenteado pela SILOFÉRTIL tem um diferencial, além de ser um processo contínuo, o produto passa por dois estágios para realizar a completa prensagem do grão, o que aumenta a eficiência do processo. Estes dois processos são denominados:

- Desintegração do grão;
- Prensagem;

2.2.1. Desintegração do grão

A desintegradora de grãos, assim denominada pela SILOFÉRTIL é uma parte essencial no processo de extração de óleo. Ela é responsável por realizar uma moagem primária do produto a ser prensado, dessa forma o produto é moído transformando-se em uma pasta homogênea.

Outra função secundária, mas não menos importante da desintegradora é aquecer o produto. A temperatura que o produto chega tem relação direta com a eficiência da extração do óleo e também com a qualidade do óleo e da torta. Conforme testes práticos feitos pela SILOFÉRTIL, a temperatura em questão depende do tipo de semente que se está utilizando, para cada tipo de produto há uma temperatura adequada.

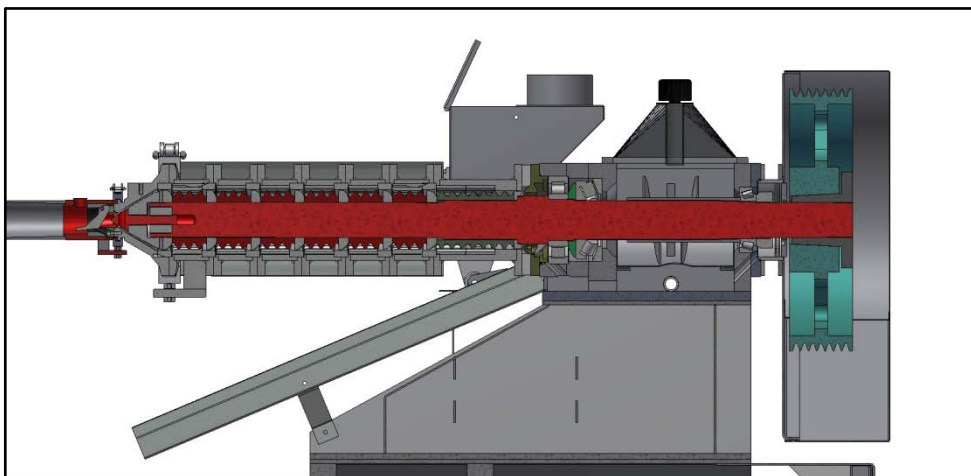


Figura 1: Desintegradora de grãos da PS-200
Fonte: Autoria Própria

2.2.2. Prensagem

A prensa é o estagio onde é separado o óleo da torta. O processo de prensagem tem início quando a massa de grãos sai da desintegradora, passa por um rápido processo de resfriamento e então entra na prensa. A prensa é um cilindro com frestas muito pequenas, e no interior deste cilindro gira um helicóide que movimenta o produto.

A prensagem acontece quando a massa de grãos é empurrada pelo helicóide contra a parede do cilindro, forçando o produto contra suas frestas, como as frestas são muito pequenas, somente as partículas líquidas são expelidas, realizando deste modo a separação do óleo e da torta. A torta continua o seu caminho por dentro do cilindro e no final do helicóide quando a maior parte do óleo foi retirada, a torta é expelida. A Figura 2 mostra o cilindro externo no momento da prensagem.



Figura 2: Foto do cilindro no momento da prensagem.
Fonte: Silofétil

2.3. MÁQUINA PS-200

A máquina PS-200 é composta por cinco dispositivos principais, a RTA (Rosca Transportadora de Abastecimento), desintegradora, cone de resfriamento, prensa e elevador de óleo. Na Figura 3 pode-se observar a máquina PS-200 e seus dispositivos.

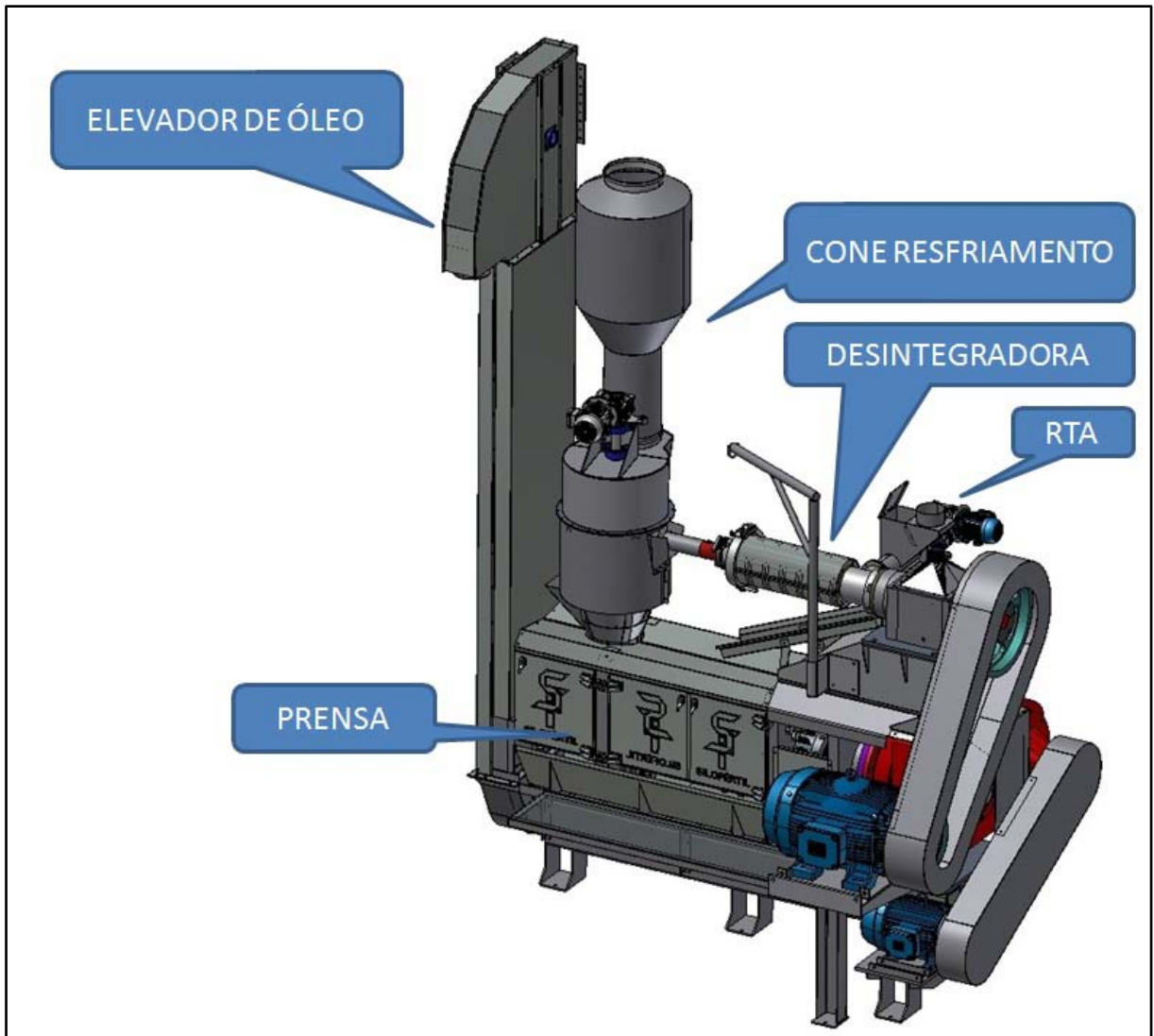


Figura 3: Máquina de extração de óleo vegetal PS-200
Fonte: Autoria Própria

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. METODOLOGIA

3.1.1. Método da pesquisa

A primeira parte da pesquisa foi realizada nas dependências da empresa, que está situada no parque das indústrias em Pato Branco. Nesta pesquisa, foi possível visualizar todo o processo e os problemas que ele possui, ainda foi possível fazer uma entrevista com o operador para que o mesmo relatasse problemas e possíveis soluções.

A parte final da pesquisa foi realizada através da internet, periódicos e livros, tendo como objetivo a busca pelo maior número possível de informações sobre a literatura pertinente. No processo de busca foi priorizado as melhores soluções para o problema da máquina extratora de óleo vegetal, sempre com o objetivo de buscar equipamentos (CLP's, sensores, atuadores) eficientes e de qualidade, visando comprovar as viabilidades técnicas e financeiras.

3.1.2. Plano de trabalho

Inicialmente, o trabalho consistiu em angariar informações do funcionamento e dificuldades que o projeto apresentava com os supervisores de engenharia e também operadores da máquina na SILOFÉRTIL. Após o recolhimento das informações foram então analisadas, e em reuniões frequentes na empresa foram esclarecidas todas as dúvidas e necessidades do projeto.

Na sequência foi realizado o processo de seleção de tecnologias e equipamentos para realizar a automação da PS-200, sendo um dos critérios impostos pelo departamento de engenharia da empresa que todos os equipamentos deveriam ser de alta qualidade e de fácil acesso no mercado nacional, evitando problemas de manutenção e assistência técnica.

A seleção dos equipamentos foi realizada através de pesquisa em sítios da internet e consulta de representantes de marcas conceituadas no mercado. Os equipamentos que tiveram o maior cuidado na escolha foram os sensores, indicadores de temperatura, corrente e o CLP (Controlador Lógico Programável).

Uma vez que estes componentes são vitais ao processo, e o seu correto funcionamento e precisão é que dão ao projeto a característica de confiabilidade e precisão requeridas.

A empresa SILOFÉRTIL ficou encarregada de todo ônus referente ao projeto, tanto financeiro quanto da disponibilidade de instalações para elaboração e teste do mesmo.

3.1.3. Desenvolvimento do projeto

Para a implementação do sistema de controle da PS-200 foi criado um diagrama explicando o funcionamento geral do sistema de controle. Este diagrama pode ser observado na Figura 4.

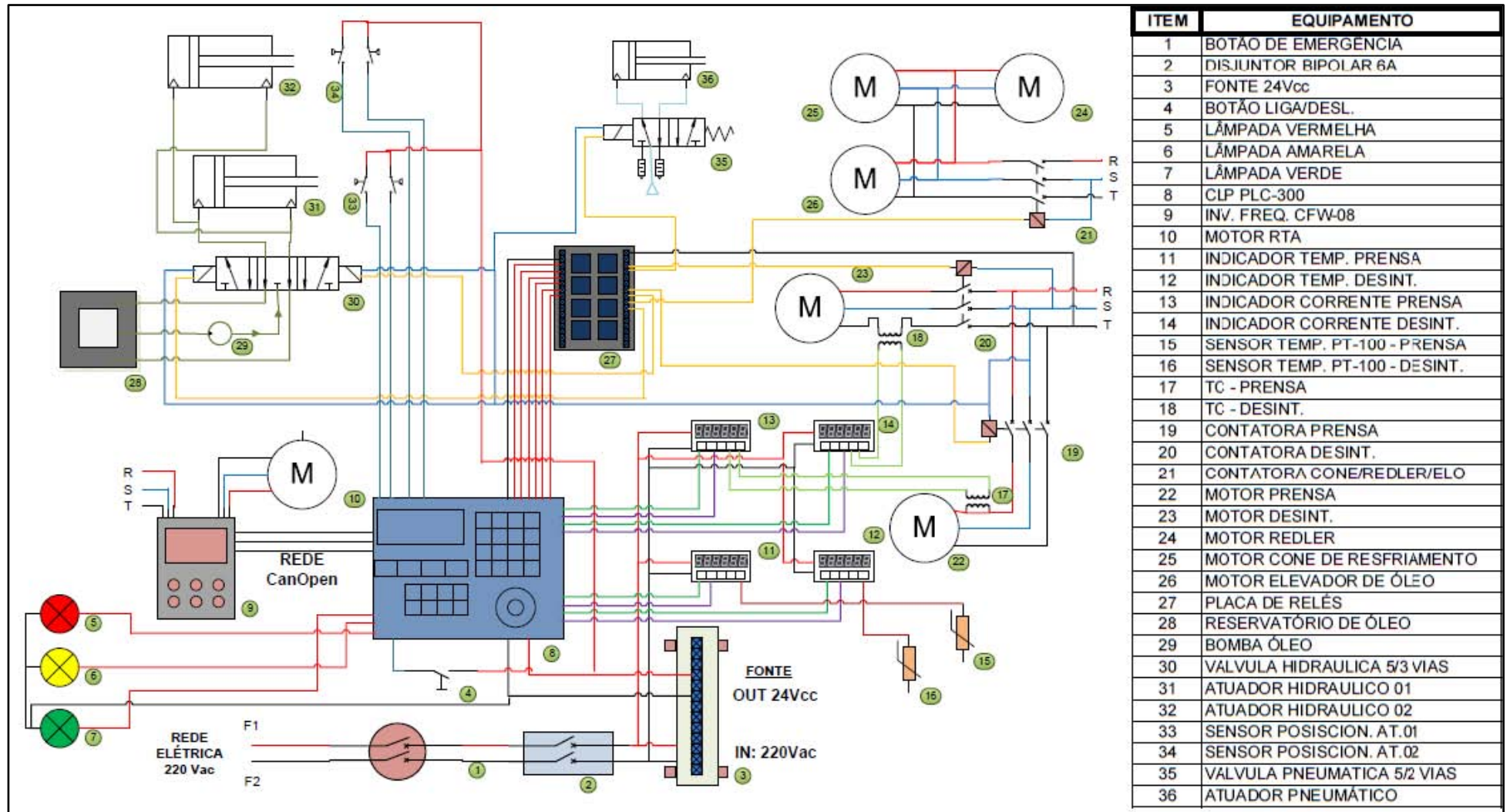


Figura 4: Diagrama geral de funcionamento do sistema
 Fonte: Autoria Própria

3.1.3.1. Fluxo de controle da PS-200

Para melhor compreender o circuito esquemático da Figura 4, a Figura 5 representa o fluxograma geral do processo de funcionamento da PS-200. Devido à complexidade do sistema, os processos: Rotina de inicialização, Controle RTA, Controle Desintegradora, Controle Prensa, e Rotina de Desligamento serão representados por blocos e detalhados nas figuras subsequentes.

O funcionamento geral da máquina começa com o acionamento dos periféricos não controlados (cone de resfriamento, Redler de retorno e elevador de óleo). Em seguida a máquina realiza o seu processo de inicialização, depois de concluída esta etapa a máquina entra em seu *loop* de controle da RTA, desintegradora, prensa e alarmes, saindo deste *loop* somente quando ocorrer alguma emergência ou for solicitado o desligamento, na sequência a máquina realiza a rotina de desligamento. Quando esta etapa estiver completa são desligados os periféricos não controlados e por fim a máquina finalmente é desligada.

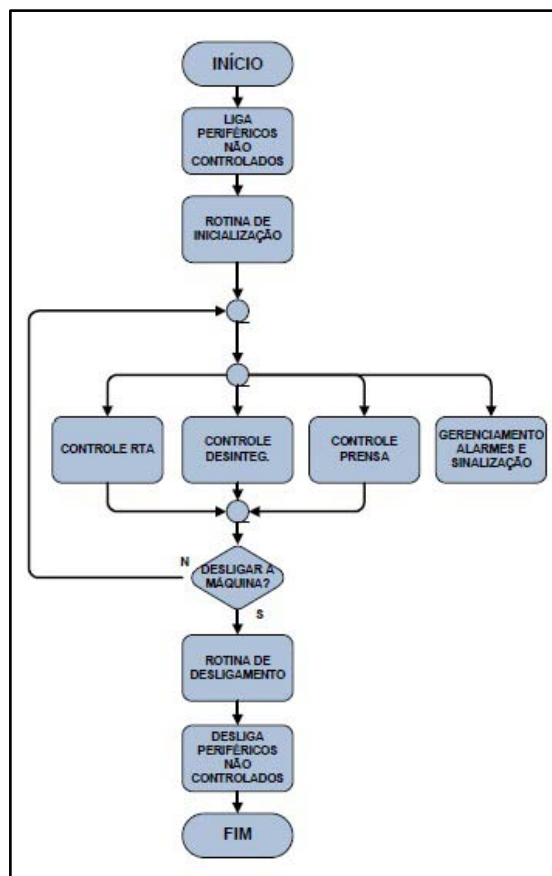


Figura 5: Fluxograma geral do sistema
Fonte: Autoria própria

Devido as características de funcionamento da máquina, foi necessário criar uma rotina de inicialização, essa rotina tem como objetivo garantir o correto funcionamento e a integridade da máquina.

No processo de inicialização, a máquina esta sem produto e fria, o que difere do controle normal. O primeiro passo a executar é ligar os periféricos não controlados e em seguida o motor da desintegradora e da prensa, então é ligado o motor da RTA (Rosca Transportadora de Abastecimento) com uma rotação de 10 Hz, como a máquina está fria o aumento da velocidade da RTA não poderá ser efetuado em função da temperatura da desintegradora e nem da corrente do motor. Então foi estipulado um aumento de 5HZ a cada 5 segundos (podendo ser ajustado conforme cada produto), até a corrente ou a temperatura chegarem aos seus respectivos *setpoint'st*. Deste momento em diante o controle da RTA será feito de acordo com a rotina normal de controle.

Na prensa é aplicado o mesmo princípio que foi usado na desintegradora, porém, a única variável de controle neste caso é a corrente do motor, a temperatura da prensa serve apenas para amostragem e análise de dados futuros. Quando a prensa é ligada o cone de aperto é posicionado na menor folga, conforme a corrente do motor for subindo a folga é aumentada e o controle passa a ser executado normalmente pela rotina normal de controle. A Figura 6 demonstra o detalhamento do bloco "Rotina de inicialização".

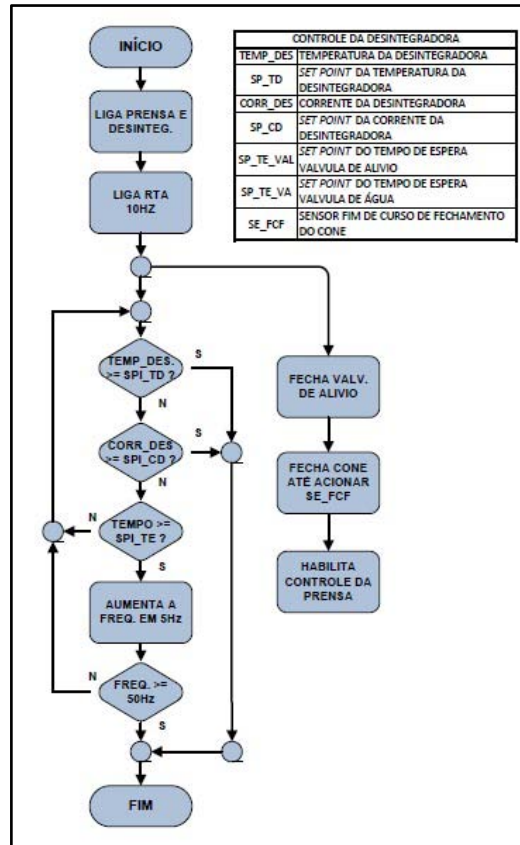


Figura 6: Fluxograma da rotina de inicialização
Fonte: Autoria própria

A rotina de desligamento tem como objetivo principal desligar a máquina de forma correta. Como o ciclo do processo demora em torno de 40 segundos, contando desde a entrada de produto na desintegradora até a saída do óleo e da torta. Sendo assim, a máquina não pode ser desligada instantaneamente, pois não pode ficar nenhum resíduo de produto em seu interior, isso porque a massa de grãos quando esfria fica dura e gera muito atrito no cilindro da prensa, impedindo a partida do motor.

O primeiro passo após a solicitação de desligamento da máquina é interromper a entrada de produto. Para isso é desligada a RTA, como não haverá mais produto entrando, as lógicas de controle não servirão neste momento. Vinte segundos após a solicitação de desligamento a desintegradora é desligada, após vinte segundos do desligamento da desintegradora a prensa é desligada. Os demais periféricos adjacentes são desligados 15 segundos após o desligamento da prensa. Finalmente a máquina estará sem nenhum resíduo em seu interior e poderá ser desligada. A Figura 7 demonstra o detalhamento do bloco "Rotina de desligamento".

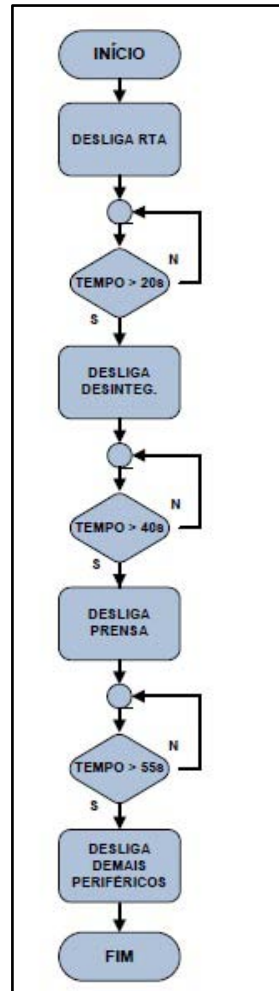


Figura 7: Fluxograma da rotina de desligamento da máquina

Fonte: Autoria própria

O controle da RTA é responsável por dosar o produto que entra na desintegradora e está ligado diretamente com a produtividade da máquina, ou seja, quanto mais produto entrar na máquina no mesmo período de tempo, mais lucro. Todavia, existe um limite, se por acaso entrar mais produto do que a máquina pode processar poderão ocorrer defeitos significativos e o produto final não terá a qualidade esperada.

O controle da RTA é feito por meio de um inversor de frequência anexado ao seu motor, que diminui e aumenta a rotação da RTA diminuindo e aumentando a entrada de produto na desintegradora. Essa variação de velocidade se dá em função da medição de temperatura no tubo da desintegradora e da corrente do motor da desintegradora. A temperatura e a corrente do motor devem ficar o mais próximo possível dos *setpoint*'s estipulados dependendo do tipo de semente. Para que isso

ocorra existe uma lógica que o CLP segue, quanto mais produto na desintegradora, mais potência o motor precisa despejar e vice-versa. Com a temperatura a lógica é inversa, ou seja, quanto mais produto no tubo da desintegradora maior é a massa na desintegradora e menor é a temperatura.

A Figura 8 apresenta o detalhamento do bloco "Controle da RTA" que está representado na Figura 5.

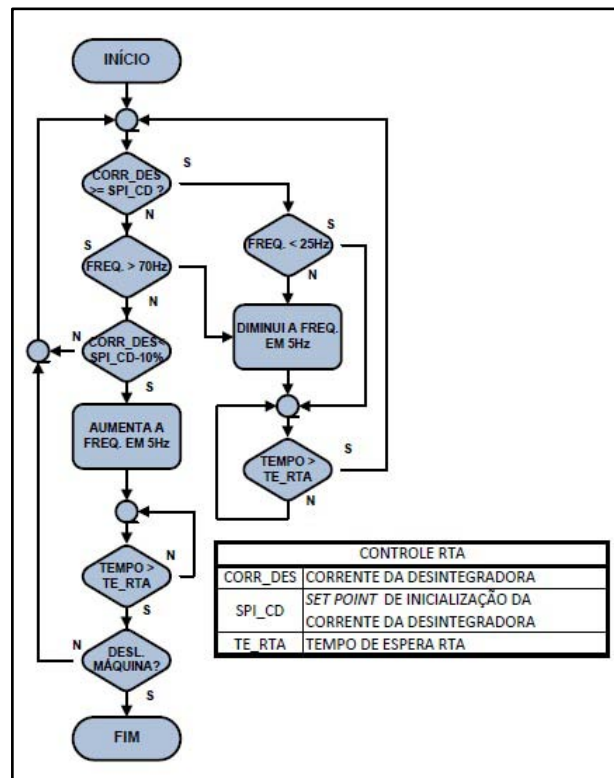


Figura 8: Fluxograma do controle da RTA
Fonte: Autoria Própria

O controle da desintegradora é basicamente controlar a válvula de alívio, que é um componente que previne possíveis entupimentos. Esta válvula é acionada através do CLP, que por sua vez pilota uma válvula pneumática 5/2 vias e por sequência aciona um atuador linear pneumático, que tem a função de abrir um orifício na desintegradora. Dessa forma o produto é expelido com mais facilidade evitando entupimentos e travamentos.

No início do processo a válvula de alívio esta fechada. Quando a corrente do motor da desintegradora ultrapassar a corrente nominal indicada pelo fabricante, o CLP entende que houve alguma pane na máquina e que é necessário abrir a válvula para não haver um entupimento. Então o CLP volta a fechar a válvula

quando a corrente do motor voltar abaixo do *setpoint* da corrente. A Figura 9 representa o funcionamento do bloco “Controle da desintegradora”.

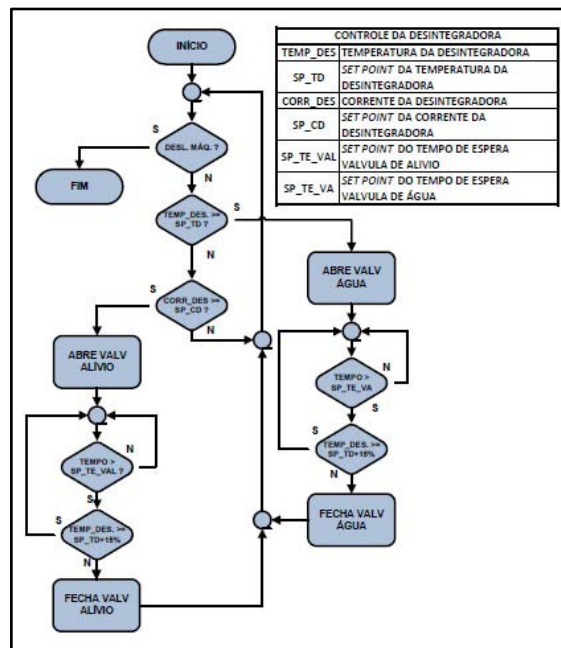


Figura 9: Fluxograma rotina de controle da desintegradora
Fonte: Autoria Própria

O controle da prensa se dá a partir do posicionamento do cone de aperto. O cone de aperto tem por finalidade regular a folga entre o cesto da prensa. Se a folga for muito grande a prensa não força a saída do óleo pelas frestas, e conseqüentemente não retira a quantidade de óleo desejada. Se a folga for muito pequena pode gerar muita pressão na prensa e danificar tanto a máquina quanto o motor de acionamento. A abertura e fechamento deste cone são controlados pelo CLP, que pilota uma válvula hidráulica 4/3 vias que aciona dois atuadores lineares hidráulicos que são responsáveis por avançar ou recuar o cone de aperto da prensa, diminuindo e aumentando respectivamente a folga do cone

O controle do posicionamento do cone de aperto está baseado na corrente do motor da prensa, quando a corrente do motor da prensa está muito baixa, significa que a folga do cone é muito grande e o produto saí sem ser prensado o suficiente. Da mesma forma quando a corrente do motor estiver muito alta, é sinal de que a folga do cone está muito pequena e o produto está sendo prensado demais, a ponto de danificar o motor e até mesmo a estrutura da máquina. O CLP de acordo com as informações da corrente do motor da prensa vai aumentar e diminuir a folga da prensa, porém há duas chaves de fim de curso que indicarão as

posições de maior e menor folga admissível. A Figura 10 demonstra o funcionamento do bloco "Controle da prensa".

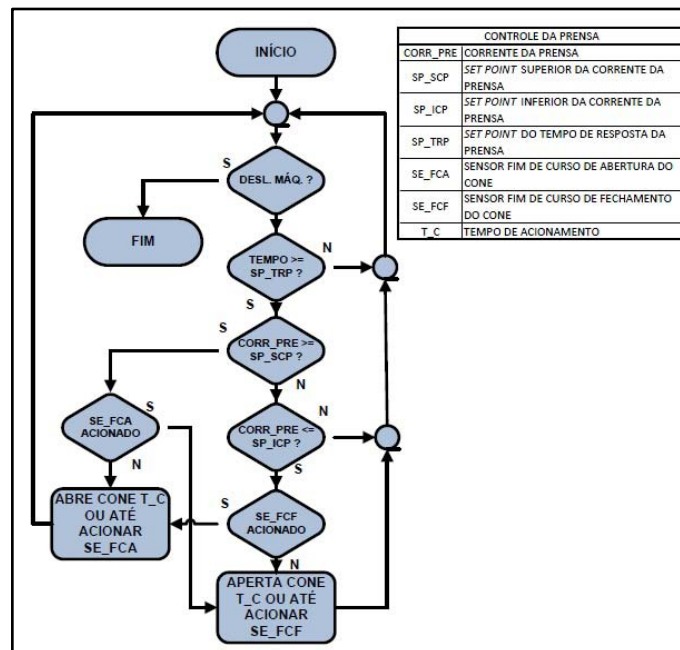


Figura 10: Fluxograma da rotina de controle da prensa
Fonte: Autoria própria

O armazenamento de dados do processo tem por finalidade armazenar informações vitais do processo dentro do CLP. Tais informações têm grande relevância quando se precisa analisar a causa de algum problema ou até mesmo o tempo em que a máquina esteve em operação em um determinado período.

O CLP PLC-300 da Weg tem uma função interna que possibilita a criação de relatórios de eventos. Esta função armazena os dados que o programador selecionou dentro de uma tabela, que fica gravada num cartão de memória tipo *SDCard*. No caso da máquina extratora de óleos vegetais esse relatório é cíclico, a cada 10 segundos ele grava os valores das variáveis como: temperatura e corrente dos motores da desintegradora e da prensa, data e hora. Esses dados salvos no cartão de memória podem ser carregados em qualquer computador, através do software *Microsoft Excel*.

A sinalização do processo de controle da máquina de extração de óleo vegetal, se dará através de três lâmpadas localizadas junto ao painel de controle da máquina. Estas lâmpadas são de três cores distintas, verde, amarela, e vermelha. A Tabela 1 demonstra os tipos de sinalização e em que condições elas são acionadas.

Tabela 1: Sinalização x situação da máquina.

SINALIZAÇÃO	SITUAÇÃO
Luz verde ligada	Máquina trabalhando sem problema
Luz amarela ligada	Algo anormal ao processo está acontecendo
Luz vermelha ligada	Problema grave acontecendo
Todas as luzes acesas	Máquina em processo de inicialização

Fonte: Autoria Própria

3.1.3.2. Atuadores da PS-200

O projeto dos atuadores hidráulicos da PS-200 consiste na movimentação linear do cone de aperto da prensa. Para realizar tal função foi necessário dimensionar os equipamentos hidráulicos.

O esquemático do sistema hidráulico é apresentado Figura 11.

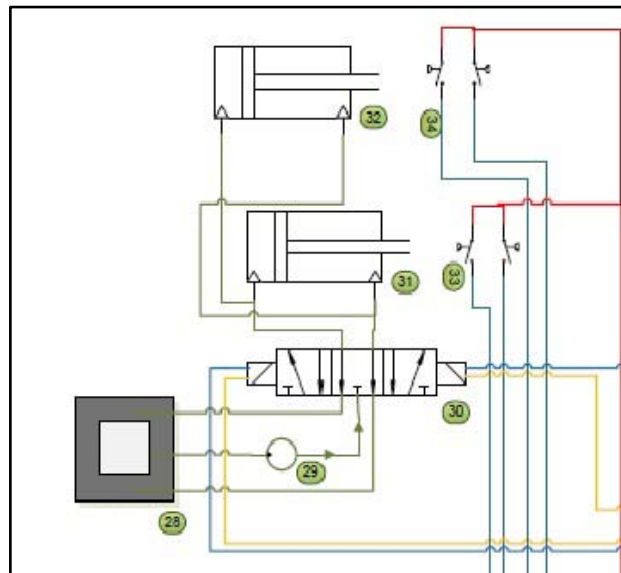


Figura 11: Esquemático da parte Hidráulica do sistema.

Fonte: Autoria Própria

Para dimensionar os atuadores lineares hidráulicos, foi necessário realizar o cálculo da força que o mesmo exercerá no sistema. Para isso utilizou-se a equação onde F representa a força, P é a pressão e A é a área do cilindro (SOUZA, 2012):

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

Como serão dois atuadores, a força foi decomposta no cálculo em duas partes iguais de 10000 Kgf, e a pressão que é fornecida pela bomba é de

172Kgf/cm². Desta forma será calculada a área de um cilindro, como demonstrado a seguir:

$$A = \frac{10000}{172} = 58,13 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Através desta medida foi possível selecionar o cilindro a ser usado com informação da Tabela 2 apresentada a seguir (PARKER HIDRAULICS, 2003):

Tabela 2: Diâmetros dos cilindros e suas respectivas áreas

DIAMETRO CILINDRO (mm)	ÁREA DO CILINDRO (cm ²)
38,1	11,5 cm ²
50,8	20,3 cm ²
63,5	31,7 cm ²
82,6	53,6 cm ²
101,6	81,1 cm ²
127,0	126,7 cm ²
152,4	182,5 cm ²

Fonte: Parker

O projeto dos atuadores pneumáticos da PS-200 é bem compacto e simples, composto apenas por uma válvula pneumática e um cilindro de atuação linear que é responsável por abrir e fechar a válvula de alívio. O esquemático desta parte pneumática é apresentado na Figura 12

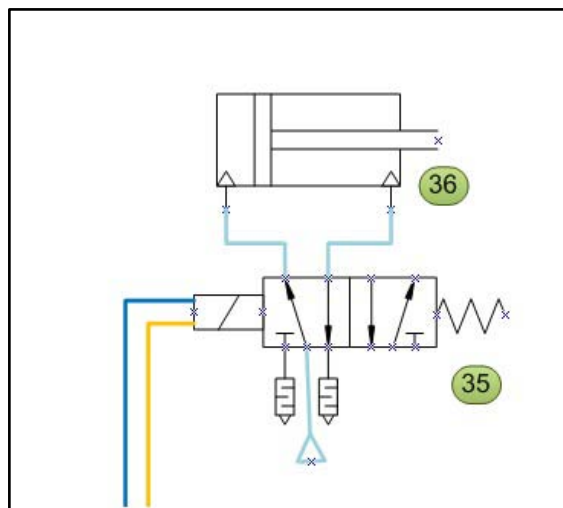


Figura 12: Esquemático do sistema Pneumático.
Fonte: Autoria Própria

Devido ao fato do sistema pneumático da máquina já existir, não foi necessário dimensionar, apenas adaptar ao controle.

O projeto mecânico consiste basicamente em alterar o sistema de fixação do cone de aperto da prensa.

Para automatizar este processo, a rosca do eixo da prensa e do cone foram eliminadas, substituindo por um cone que desliza sobre o eixo. Com o acionamento hidráulico o cone pode ser posicionado durante o funcionamento da máquina. A Figura 13 demonstra a imagem do cone de aperto por fixação mecânica e o cone de aperto deslizante.

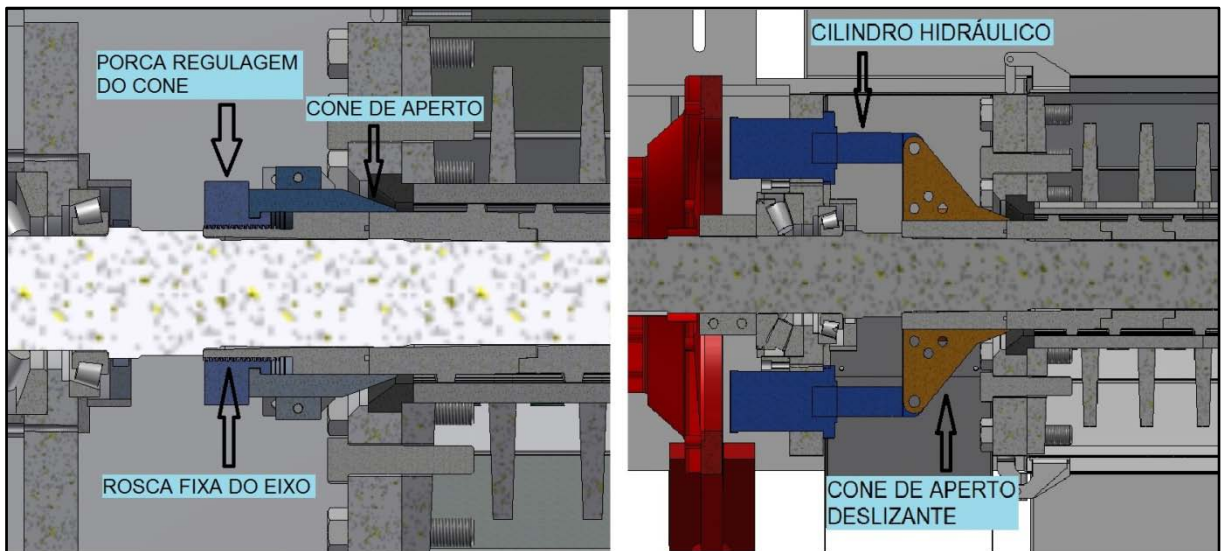


Figura 13: Cone de aperto por fixação mecânica e cone de aperto deslizante.
Fonte: Autoria própria

3.1.3.3. Funcionamento do software

O software foi desenvolvido na linguagem *ladder* com a ferramenta de programação WPS1.5 disponibilizado pela WEG, tal ferramenta obedece aos critérios de linguagem *ladder* estabelecido pela norma IEC6113 (WEG, 2012).

A programação *ladder* é uma representação gráfica de equações booleanas, com variáveis de entrada representadas por contatos e resultados de saída como bobinas.

Dentro do *software* de programação WPS1.5 é possível criar várias abas com diagramas *ladder*, porém, todas devem ser associadas a *main*, aba principal do programa. Além da aba *main*, foram criadas oito abas de diagramas *ladder*, uma para cada divisão de controle da PS-200, são elas:

- Tratamento das entradas analógicas;
- Configuração *CANopen*;

- Controle de alarmes;
- Rotina de inicialização;
- Controle da desintegradora;
- Controle da prensa;
- Controle da RTA;
- Rotina de desligamento;

Na aba *main ladder* foram renomeadas as entradas e saídas do CLP. Este é um procedimento simples realizado através de um contato que é a entrada ou saída do sistema que aciona uma bobina que é a nova variável global que será utilizada no programa como apresentado na Figura 14.

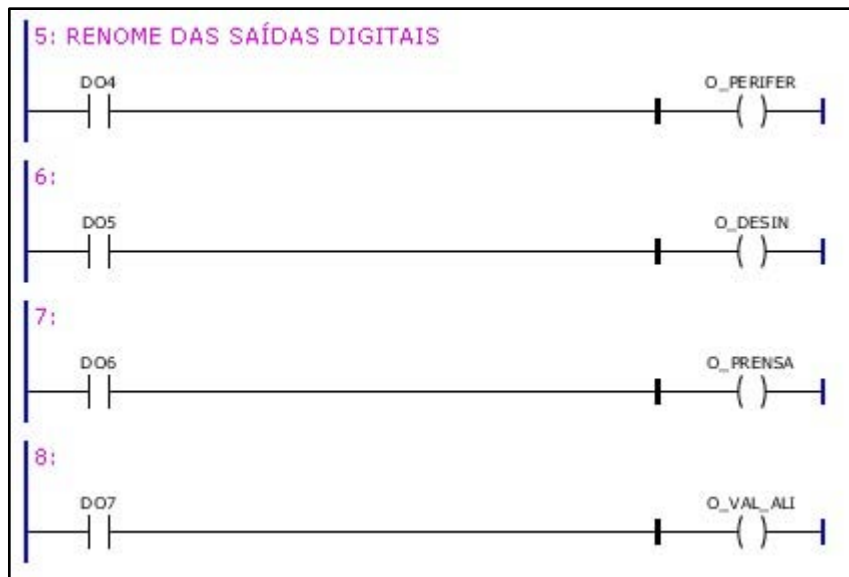


Figura 14: Rung's de renome das entradas e saídas
Fonte: Autoria própria

Este procedimento não é essencial ao funcionamento da máquina, porém é muito útil em possíveis alterações do *software* e manutenções que o CLP venha necessitar, as variáveis foram renomeadas conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Nova nomeação das variáveis e suas respectivas funções

I/O SISTEMA	NOVA VARIÁVEL	EQUIP. ASSOC.
DO1	L_VM	LÂMPADA VERMELHA
DO2	L_AM	LÂMPADA AMARELA
DO3	L_VD	LÂMPADA VERDE
DO4	O_PERIFER	SAÍDA PERIFÉRICOS NÃO CONTROLADOS
DO5	O_DESIN	SAÍDA DESINTEGRADORA
DO6	O_PRENSA	SAÍDA PRENSA
DO7	O_VAL_ALI	SAÍDA VÁLVULA DE ALÍVIO
DO8	O_VAL_AGU	SAÍDA VÁLVULA DE ÁGUA
DO101	O_ABRE_CONE	SAÍDA ABERTURA CONE
DO102	O_FECHA_CONE	SAÍDA FECHAMENTO DO CONE
AI101	AN_COR_DES	ENTRADA ANALÓGICA CORRENTE DESINT.
AI102	AN_TEM_DES	ENTRADA ANALÓGICA TEMPERATURA DESINT.
AI201	AN_COR_PRE	ENTRADA ANALÓGICA CORRENTE PRENSA
AI202	AN_TEM_PRE	ENTRADA ANALÓGICA TEMPERATURA PRENSA
DI1	I_START	ENTRADA BOTÃO VERDE PAINEL
DI2	I_CONE_FCA	ENTRADA SENSOR FIM DE CURSO CONE ABERTO
DI3	I_CONE_FCF	ENTRADA SENSOR FIM DE CURSO CONE FECHADO

Fonte: Autoria Própria

Nas demais abas dos programas *ladder* foram replicados os fluxogramas apresentados no item 3.1.3.1. Fluxo de controle da PS-200. Estes programas estão representados no apêndice deste trabalho.

Além de configurar o programa *ladder*, é necessário programar no CLP PLC-300 as telas de IHM, que interagirão com o operador. Estas telas também são programadas no software WPS1.5, nestas telas é possível criar um *link* com variáveis do processo e demais telas da IHM, como demonstra a Figura 15.



Figura 15: Programação das telas de IHM do PLC-300

Fonte: Autoria própria

É necessário programar também os relatórios de eventos do PLC-300, esta parte não é essencial para o funcionamento do programa, mas serve para registrar os dados do processo em forma de planilha digital, o que foi um requisito do departamento de engenharia da SILOFÉRTIL. Esta programação pode ser observada na Figura 16.

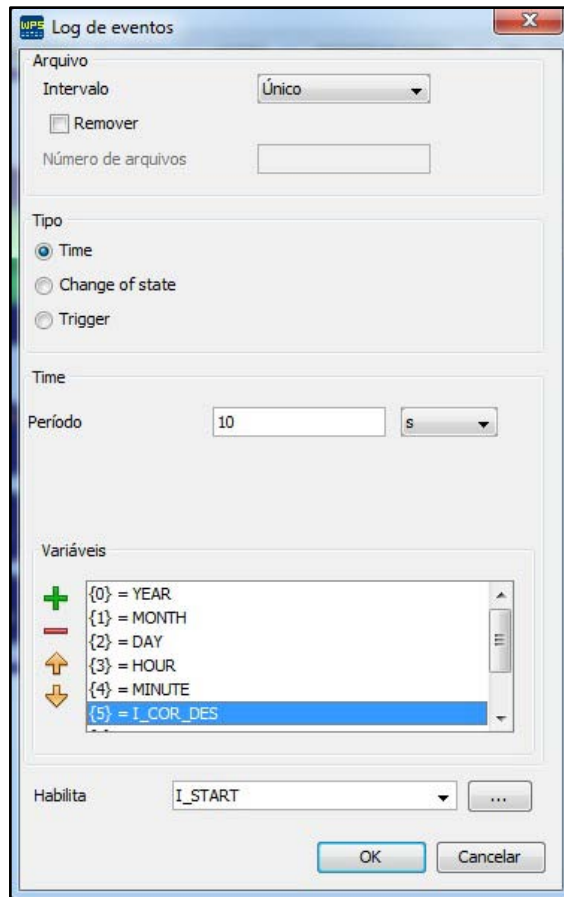


Figura 16: Programação dos relatórios de eventos
Fonte: Autoria própria

Outra configuração necessária no PLC-300 foi a comunicação *CANopen*, utilizada para comunicar o CLP com o inversor de frequência CFW-08 da WEG, que controla o motor de acionamento da RTA. Para configurar a comunicação *CANopen* é necessário abrir dentro do WPS1.5 um outro aplicativo denominado WPSCAN através deste *software* é montado uma rede de comunicação, onde o PLC-300 é o mestre e os equipamentos restantes da rede são os escravos. Na rede montada para o projeto da PS-200 o PLC-300 é o mestre e o CFW-08 é o escravo, como mostra a Figura 17.

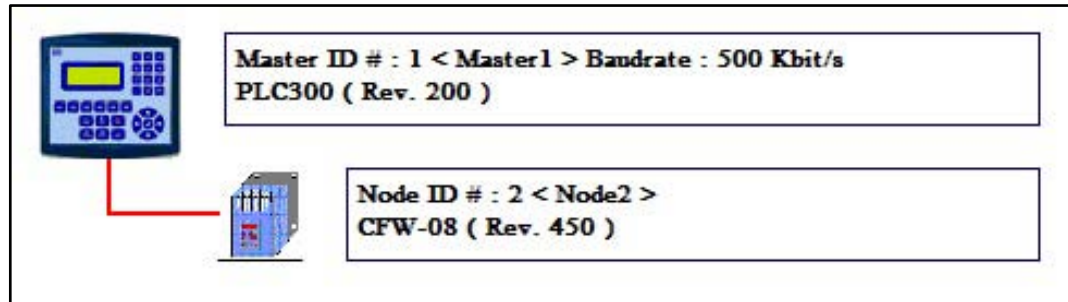


Figura 17: Rede de comunicação CANopen da PS-200
Fonte: Aatoria Própria

Após a configuração da rede foi necessário configurar os PDO'S, que são telegramas que o CLP mandará ao inversor para controlá-lo. Foram criados dois PDO'S, um para ligar e desligar o inversor e outro para alterar a rotação. A esta configuração foram associadas duas variáveis referentes à configuração *CANopen*, QW2000 e QW2002, elas são configuradas no programa *ladder* na aba configuração *CANopen* para agir conforme o programa solicite, e são responsáveis respectivamente por ligar/desligar o inversor de frequência e alterar a rotação da RTA.

3.1.3.4. Viabilidade técnica e econômica

Para a realização do projeto, várias disciplinas do curso de Tecnologia em Automação de Processos Industriais foram essenciais, dentre as mais importantes estão:

- Eletricidade Básica
- Eletrônica Digital
- Máquinas Elétricas
- Eletrônica Industrial
- Redes Industriais
- Eletricidade Industrial
- Acionamentos Hidráulicos e Pneumáticos
- Elementos de Máquinas

Uma ferramenta importante principalmente para o desenvolvimento das partes hidráulicas e mecânicas, e que não foi ministrada durante o curso foi o *software* de CAD (*Computer Aided Design*) Autodesk Inventor 3D. Esta ferramenta foi essencial para a pré-visualização do projeto.

No que diz respeito à parte econômica, dois pontos foram evidenciados, sendo eles, a diminuição das manutenções corretivas e o maior rendimento da máquina. É possível considerar também, o impacto positivo na imagem do produto e da empresa, já que o sistema de controle e automação utilizado é confiável e de alto nível, se tornando um trunfo em comparação a outras máquinas no mercado.

Com relação à diminuição de paradas para manutenção, duas situações podem ser analisadas, a primeira é o tempo em que a máquina fica parada sem produzir. A segunda, sendo a diminuição das substituições de peças que estragam em decorrência da má operação.

Hoje em dia as paradas para manutenção corretiva da PS-200 somam um total de dez horas mensais, sendo que o custo operacional por hora da máquina é de R\$30,00 e o custo da manutenção especializada é de R\$60,00 por hora, e a lucratividade da mesma em operação descontando o custo operacional é R\$110,00 por hora de acordo com o estudo de viabilidade realizado pela SILOFÉRTIL.

O outro ponto que foi analisado foi o custo de peças de reposição, que é de R\$ 700,00 mensais.

Com um prognóstico feito em conjunto com o departamento de engenharia da SILOFÉRTIL após os testes práticos, foi possível constatar que a estimativa de rendimento da máquina aumente cerca de 8%. As manutenções e o custo com peças de reposição teriam uma redução de 10% após a implementação da automação.

Sendo assim, a diferença entre o sistema de operação convencional e o sistema de operação automático considerando uma jornada de trabalho de vinte horas diárias e vinte e quatro dias por mês é de R\$ 4.137,00 de aumento de produtividade. E a economia com a diminuição de manutenção corretiva e com peças de reposição é de R\$ 160,00 por mês. Totalizando uma maior lucratividade após a implementação de R\$ 4.297,00 por mês como demonstra o gráfico representado na Figura 18.

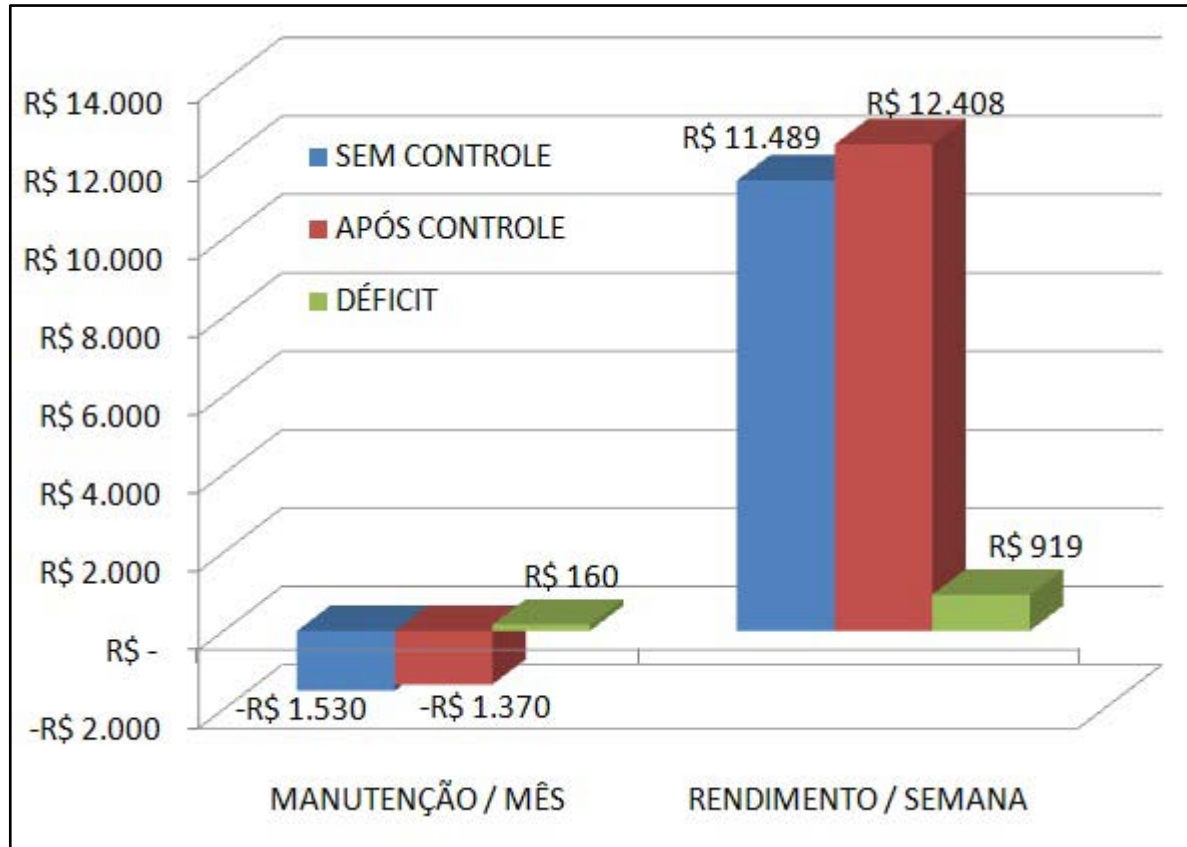


Figura 18: Gráfico comparativo das manutenções e do rendimento entre o sistema convencional e o sistema automatizado

Fonte: Autoria própria

Os recursos necessários para a implementação do projeto estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4: Custo dos materiais.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
CLP PLC-300HP	1	R\$ 1.285,35	R\$ 1.285,35
Kit expansão IOB-01	2	R\$ 535,94	R\$ 1.071,88
Fonte PSS24-W/2,5 24VDC	1	R\$ 213,94	R\$ 213,94
Indicador de temperatura GC2109T	2	R\$ 394,00	R\$ 788,00
Indicador de corrente GC2109A	2	R\$ 404,50	R\$ 809,00
Transformador de corrente	2	R\$ 212,00	R\$ 424,00
Módulo I/O 8 relés LOTTI	1	R\$ 61,00	R\$ 61,00
Sensor PT-100	2	R\$ 165,23	R\$ 330,46
Kit comunicação CanOpen	1	R\$ 273,59	R\$ 273,59
Caixa p/ montagem do painel	1	R\$ 181,77	R\$ 181,77
Lâmpada Verde Moeller	1	R\$ 15,65	R\$ 15,65
Lâmpada Amarela Moeller	1	R\$ 15,65	R\$ 15,65
Lâmpada Vermelha Moeller	1	R\$ 15,65	R\$ 15,65
Disjuntor Din 6A Weg	1	R\$ 20,77	R\$ 20,77
Borne p/ cabo 2,5mm ² Phoenix	50	R\$ 2,68	R\$ 134,00
Botão Emergência Weg	1	R\$ 23,53	R\$ 23,53
Botão Weg Contato simples	1	R\$ 20,36	R\$ 20,36
Trilho Din / m	2	R\$ 7,80	R\$ 15,60
Anilhas de identificação	130	R\$ 0,20	R\$ 26,00
Bomba hidráulica P14	1	R\$ 1.281,00	R\$ 1.281,00
Cilindro hidráulico Ø4" x 150mm	2	R\$ 2.126,00	R\$ 4.252,00
Válvula Hid. Dir. 4/3 vias	1	R\$ 823,00	R\$ 823,00
Bloco + cartucho de alívio	1	R\$ 890,00	R\$ 890,00
TOTAL:			R\$ 12.972,20

Fonte: Autoria própria

Levando em conta o custo dos equipamentos do projeto que é de R\$ 12.972,20 mais custos com impostos e o lucro da empresa, a implementação terá custo ao consumidor de R\$ 22.595,00.

O retorno do investimento ao cliente dar-se-á em 5 meses e 8 dias após a aquisição do equipamento, ficando visível a viabilidade econômica da automação.

3.2. MATERIAIS

3.2.1. Materiais elétricos

Por se tratar da automação de uma máquina robusta de grande porte e o projeto ter certa complexidade é que se optou por um Controlador Lógico Programável (CLP) PLC-300 da empresa WEG.

O PLC-300 apresenta um baixo custo se comparado com CLP's similares. Este controlador é composto por uma IHM (Interface Homem Máquina) com *display* de quatro linhas por vinte colunas onde se pode programar até 240 telas que interagem com o operador. A sua programação é em linguagem *ladder* que atende a norma IEC-61131-3. O PLC-300 ainda tem uma grande variedade de tipos de I/O's, dentre elas podemos destacar (WEG, 2012):

- 10 entradas digitais;
- 8 saídas digitais;
- 1 saída analógica (0-10V/4-20mA);
- 1 entrada analógica (0-10V/4-20mA);
- 1 entrada de *Encoder*;
- 1 saída PWM até 300KHz;

Além disso, o PLC-300 dispõe de diversos tipos de comunicação e controle destacando-se os seguintes tipos (WEG, 2012):

- RS232 *Modbus* Escravo;
- RS485 Isolada com *Modbus* mestre/escravo;
- *CANopen* mestre/escravo;
- *Ethernet*;

O PLC-300 também conta com um cartão de memória tipo *SDCard* de até 4Gb onde é possível salvar dados relevantes da operação da máquina e até mesmo o próprio programa (WEG, 2012). A Figura 19 apresenta a foto do PLC-300HP



Figura 19: PLC-300HP
Fonte: WEG

Neste projeto de automação foram utilizados os seguintes sensores:

- Sensor de temperatura – O sensor de temperatura é do tipo PT-100 fabricado pela Electro. Este sensor é responsável pela medição de temperatura da desintegradora e da prensa. Para ser lido pelo CLP o sinal passa pelo indicador de temperatura, que o lê, indica a temperatura e retransmite o sinal em escala de 4-20mA para o CLP;
- Sensor de corrente – Este sensor é um Transformador de corrente (TC) fabricado pela empresa General Controls. Este sensor é responsável por medir a corrente dos motores da desintegradora e da prensa. O mesmo transforma a corrente lida numa escala de 0-1A, para ser lido pelo CLP. Este sinal é enviado ao indicador de corrente, que o lê, indica a corrente e retransmite o sinal em escala de 4-20mA para o CLP;

Para obter as medições de corrente dos motores e temperatura da prensa e da desintegradora, foram utilizados indicadores de processos industriais modelo GC 2109A para corrente e GC 2109T para temperatura, da marca GENERAL CONTROLS, conforme foto da Figura 20.



Figura 20: Indicador de Processo GC 2109 A e T
Fonte: General Controls

As características principais destes indicadores são (GENERAL CONTROLS, 2012):

- GC 2109A: Indicador digital de corrente elétrica alternada, alimentação de 90-254Vac, *display* 7segmentos de alta visibilidade, entrada de sinal de 0-1Aca e retransmissão de sinal em escala de 4–24mA. O indicador requer um TC (transformador de corrente) de 0-200Aca para 0-1Aca, para o motor da desintegradora e de 0-75Aca para 0-1Aca para o motor da prensa;
- GC 2109T: Indicador digital de temperatura, alimentação de 90-254Vac *display* de 7 segmento de alta visibilidade, entrada de sinal para termopar tipo PT-100, com retransmissão de sinal em escala de 4-24mA. O indicador sensor termopar tipo PT-100 com escala de -200°C até +400°C;

Tendo em vista que o CLP acionará cargas muito altas, bem como pela flexibilidade dos tipos de saída e isolamento da unidade de controle, que se optou pela utilização de um módulo de I/O composto por relés modelo RL8NA da marca LOTI, específico para isolamento de CLP's. A Figura 21 apresenta este equipamento.

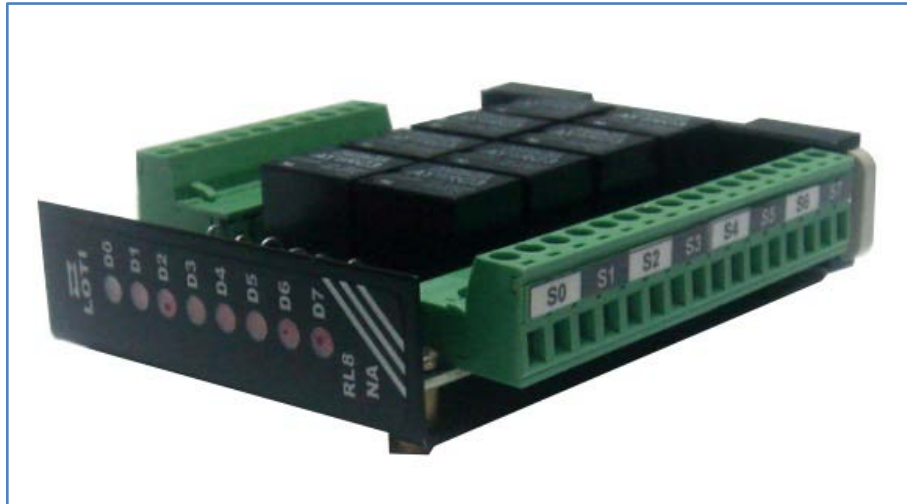


Figura 21: Módulo I/O de relés Loti
Fonte: Loti

Este módulo é constituído por oito relés eletromecânicos isolados, cuja alimentação é de 24Vcc e com corrente máxima da carga de acionamento de 10Aca cada. Também conta com indicação de *led's* para quando os relés estiverem acionados (LOTI, 2011).

Para o controle do motor da RTA foi necessário adquirir o módulo *CANopen* para o inversor de frequência CFW08. Este módulo é que possibilita a comunicação do inversor com o PLC-300. A Figura 22 apresenta a imagem do módulo *CANopen* (WEG, 2006).

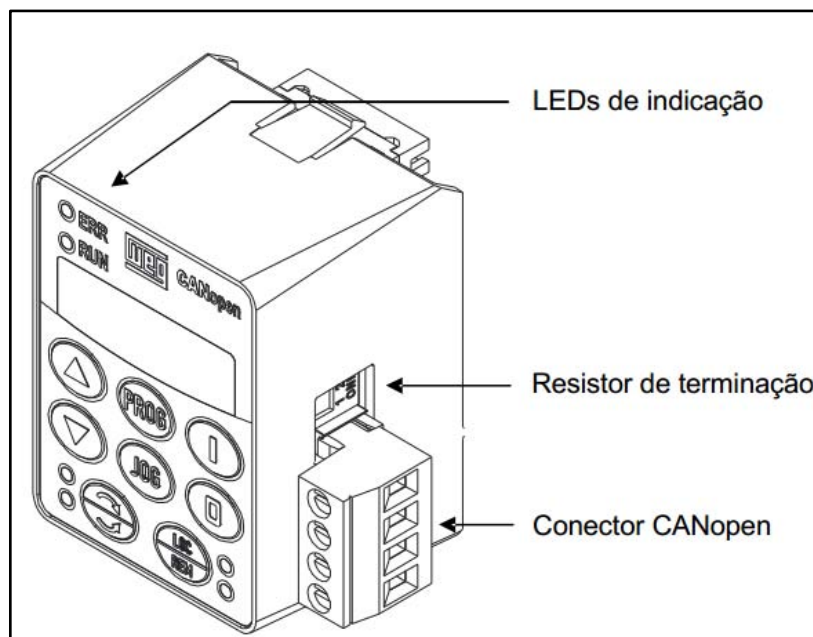


Figura 22: Módulo *CANopen* para CFW-08
Fonte: WEG

3.2.2. Materiais hidráulicos

Como a movimentação do cone de aperto deslizante requer muita força, porém, pouca velocidade, uma bomba hidráulica modelo P14-25 da marca Parker foi selecionada. A bomba tem pressão nominal de 172 Kgf/cm² e vazão de 11,7 l/min, a uma rotação de 1750 RPM, acionada por força motriz de 7,5 CV, obtida através de um motor trifásico de quatro pólos. A Figura 23 demonstra a bomba descrita (PARKER HIDRAULICS, 2000).



Figura 23: Bomba Hidráulica P14-25
Fonte: Parker

Após comparação dos dados da medida de área necessária ao dimensionamento do cilindro (obtido na equação 1) com as medidas da Tabela 2, foram selecionados dois cilindros da marca Parker série 2H tipo J com diâmetro de 101,6mm e com curso total de 150mm, conforme a Figura 24.



Figura 24: Cilindro hidráulico série 2H tipo J marca Parker
Fonte: Parker

Para acionar os cilindros hidráulicos utilizou-se uma válvula hidráulica 4/3 vias modelo WE6 da marca RexRoth, que suporta uma pressão de até 350 Kgf/cm² e vazão de 60 até 80 l/min. Esta válvula será pilotada por dois solenóides, ambas acionadas com alimentação de 90 - 250 Vac. Na Figura 25 é apresentada a válvula (REXROTH BOSCH GROUP, 2004).

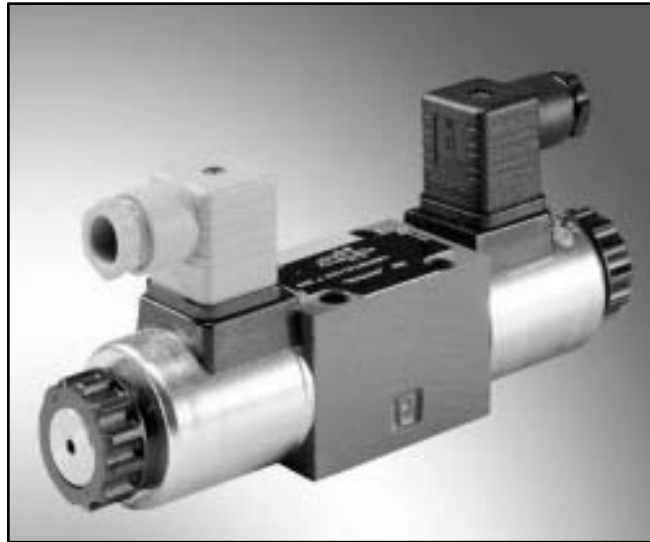


Figura 25: Válvula 4/2 vias modelo W6 da marca RexRoth
Fonte: RexRoth

3.2.3. Materiais pneumáticos

A válvula pneumática utilizada foi a 5/2 vias modelo BI-065 com terminais de bitola G1/4" da marca MetalWork, pilotada através de um solenóide com alimentação de 90 - 250 Vac com retorno por mola, conforme a Figura 26 (METALWORK, 2010).



Figura 26: Válvula Pneumática BI-065 da marca MetalWork.
Fonte: MetalWork

O cilindro de atuação linear pneumática é cilindro de dupla ação com duplo amortecimento modelo ISO 15552 da marca MetalWork com êmbolo de 40mm de diâmetro e curso total de 200mm, conforme pode-se visualizar na Figura 27 (METALWORK, 2010).



Figura 27: Cilindro Modelo ISO15552 da MetalWork
Fonte: MetalWork

4. RESULTADOS

O projeto não foi implementado de forma a ser comercializado, apesar de ter sido concebido para tal. O projeto foi somente testado a nível de protótipo.

Outro ponto importante a ressaltar é que, devido a estratégias comerciais da empresa e a uma queda nas vendas das máquinas de extração de óleo vegetal neste último ano, os investimentos foram restringidos para implementação do projeto, optando-se por não implementar e testar na prática a parte hidráulica do sistema, pois não interfere no objetivo geral do trabalho, além de ser a parte mais onerosa.

O projeto mostrou-se promissor, tendo potencial de aumentar a produtividade e, conseqüentemente o lucro em até 8% se comparado a uma máquina sem controle automático.

Nos testes feitos em campo foi possível operar a máquina e alterar os comandos de forma automática, o ponto principal do controle automático da máquina foi o da RTA, durante os testes notou-se que com o controle da RTA de forma adequada não era necessário a utilização da válvula de alívio e nem da injeção de água para resfriamento da desintegradora, podendo ser retirados dos próximos equipamentos, gerando economia na fabricação da PS-200.

Outro ponto importante obtido com os testes deste projeto foi a uniformidade dos produtos e subprodutos da máquina. Tanto o óleo vegetal, quanto a torta, obtiveram uma padronização após o processamento de forma automática. Este padrão é medido pelo nível de óleo restante na torta em comparação com o grão *in natura*, os resultados após duas horas de operação não variaram mais do que 4%, anteriormente chegavam a ultrapassar de 10%.

Embora os resultados não tenham englobado todos os objetivos de forma prática, todas as partes foram estudadas e aprofundadas para que futuramente o projeto possa ser implementado.

O foco principal deste projeto foi o controle elétrico realizado na PS-200. Para realizar este projeto foi montado o painel elétrico, integrando todos os sistemas. Na Figura 28 e Figura 29 são apresentadas as vistas da montagem do painel.



Figura 28: Vista interna do painel.
Fonte: Autoria Própria

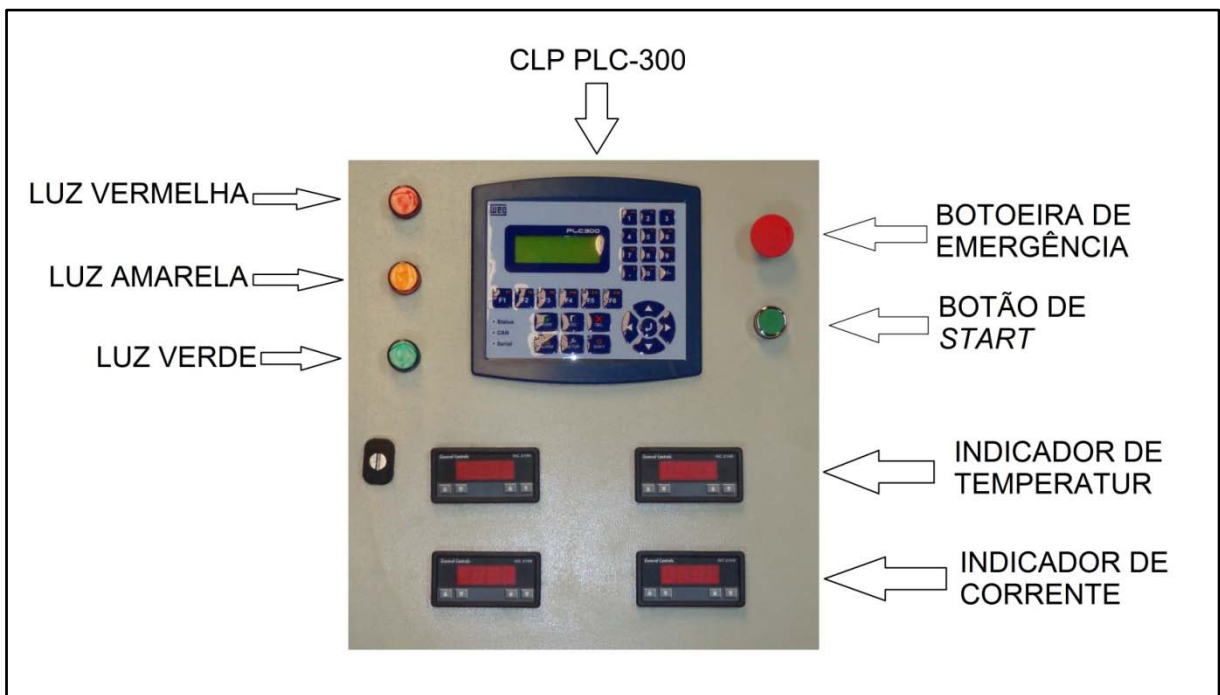


Figura 29: Vista externa do painel.
Fonte: Autoria própria

Outro ponto principal do projeto seria a implementação de um sistema hidráulico para controle automático do cone de aperto da prensa. Este projeto não foi implementado na máquina, porém foi projetado para que futuramente seja instalado. A Figura 30 apresenta como será o sistema de ajuste automático da prensa.

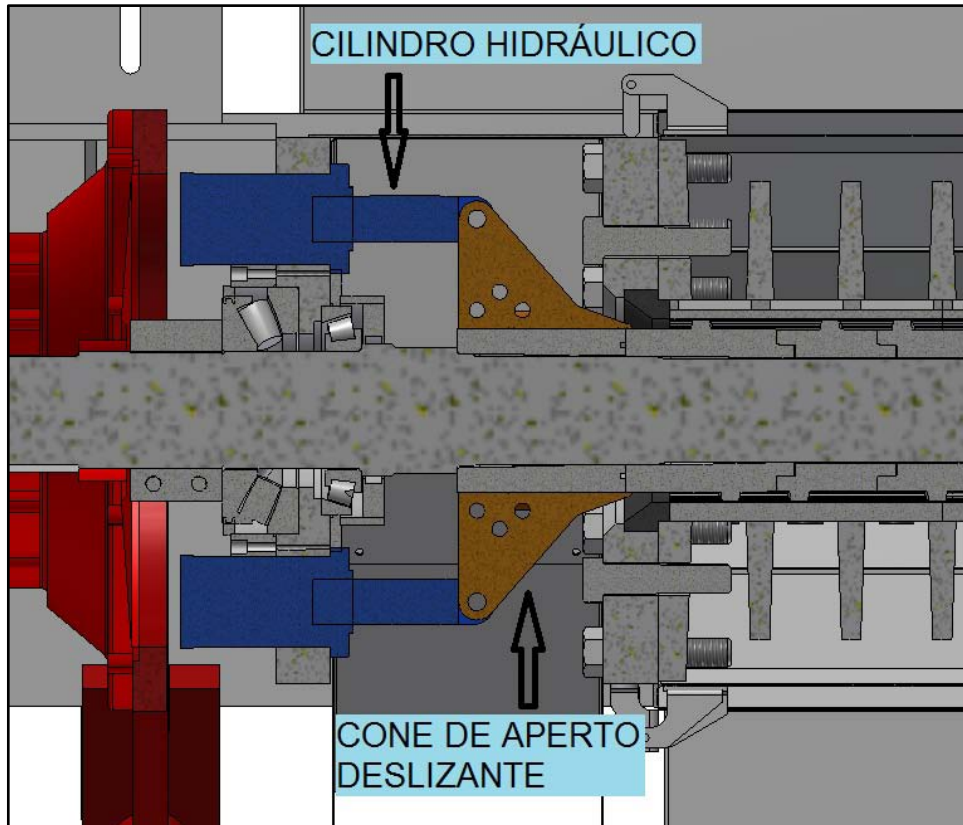


Figura 30: Sistema automático de posicionamento do cone de aperto da PS-200
Fonte: Autoria própria

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação da máquina extratora de óleo vegetal descrita neste trabalho agrega ao produto comercializado pela SILOFÉRTIL, uma melhora significativa em comparação ao sistema manual (aproximadamente 8%). Além de aperfeiçoar o processo e aumentar os lucros, o sistema tem a credibilidade de ser um equipamento de alta tecnologia, gerando marketing positivo tanto para o produto quanto para a marca.

Apesar de o projeto ser apenas um protótipo, serviu como comprovação da viabilidade e do ganho que o mesmo representara.

O sistema ainda tem algumas melhorias que podem ser adotadas antes de ser implantado e entrar em processo de comercialização, algumas destas melhorias são descritas abaixo:

- Utilização do sistema *ethernet* para colocar o equipamento na rede internet e permitir o acesso à distância, facilitando o acesso a informações e também para possíveis intervenções de manutenção.
- O desenvolvimento de um software genérico que possa ser adotado para qualquer modelo de máquina e para qualquer produto. Para tal usa-se a função do CLP que permite criar receitas, agilizando o processo de montagem de painéis e facilitando o *setup* do equipamento quando houver troca de produto.
- Instalação de uma IHM *touchscreen*. Nesta interface é possível criar uma tela que permita a mesma função de um sistema supervisorio, agregando ao produto uma forma mais visual de controle, facilitando a operação.
- Incrementar ao processo uma balança de fluxo, que será controlada pelo CLP, dando uma precisão maior ao processo e gerando mais dados para controle.

Sendo assim, o projeto de automatizar a máquina extratora de óleos vegetais atingiu todos os objetivos propostos, e foi muito bem avaliado pela equipe de engenharia da SILOFÉRTIL.

REFERÊNCIAS

BOSS, Edinara A. **Análise do desempenho de plantas de extração de óleos convencionais e de processos supercríticos**. 2000. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade De Engenharia Química, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2000.

GENERAL CONTROLS. Manual GC 2109A - Indicador de corrente. **generalcontros.com.br**. Disponível em: <<http://www.generalcontrols.com.br/produtos.asp#2109A>>. Acesso em: 17 Junho 2013.

GENERAL CONTROLS. Manual GC 2109T - Indicador de temperatura. **generalcontrols.com.br**. Disponível em: <http://www.generalcontrols.com.br/downloads/GC2109_T_catalogo.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2013.

LOTI. Lançamentos Módulos I/O. **loti.com.br**. Disponível em: <<http://www.loticom.br/pdf/interface-io1-2-8-reles.pdf>>. Acesso em: 17 Junho 2013.

METALWORK. Catalogo Geral de Produtos. **Metal Work Brasil**. Disponível em: <http://www.metalwork.com.br/flip/cat_geral/files/assets/downloads/publication.pdf>. Acesso em: 25 Junho 2013.

PARKER HIDRAULICS. Catalogo de Bombas de Engrenagem. **Literatura Parker**. Disponível em: <<http://unimobil.com.br/f/a048356b70ceb94c57b9c3066f5d4f71.pdf>>. Acesso em: 25 Junho 2013.

PARKER HIDRAULICS. Catalogo de Cilindros. **Literatura Parker**. Disponível em: <http://www.parker.com/literature/Brazil/Hydraulics/catalogo_hy-2103-1_BR.PDF>. Acesso em: 25 Junho 2013.

RAMALHO, Hugo F.; SUAREZ, Paulo A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, 2012.

REXROTH BOSCH GROUP. Catalogo de válvulas direcionais. **Documentos para Download**. Disponível em: <http://www.boschrexroth.com/country_units/south_america/brasil/pt/doc_downloads/catalogs/a_downloads_09/valvulas_direcionais/RP_23178.pdf>. Acesso em: 25 Junho 2013.

RIBEIRO, Marco A. **Automação Industrial**. Salvador: [s.n.], 1999.

SOUZA, Alexandre P. D. **Dimensionamento do Sistema Hidraulico de uma ensiladeira**. Horizontina - RS: [s.n.], 2012.

WEG. Central de Downloads: Manual CFW-08 CanOpen. **weg.com.br**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw-08-comunicacao-canopen-0899.5601-4.5x-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 17 Junho 2013.

WEG. Central de Downloads: Manual de Programação WPS versão 1.5. **Weg.net**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-wps-software-programacao-weg-10001027753-1.5x-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 29 Junho 2013.

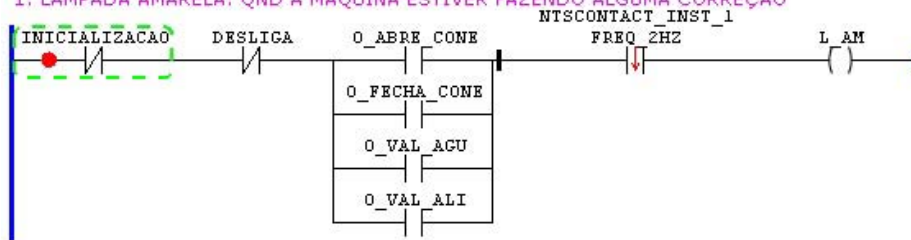
WEG. Central de Downloads: Manual PLC-300. **weg.com.br**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-plc300-manual-do-usuario-10000703041-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 17 Junho 2013.

WEG. Central de Downloads: Manual IOA01/IOB-01. **weg.com.br**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw-11-modulos-de-expansao-de-i-os-ioa-e-iob-guia-de-instalacao-portugues-br.pdf>. Acesso em: 17 Junho 2013.

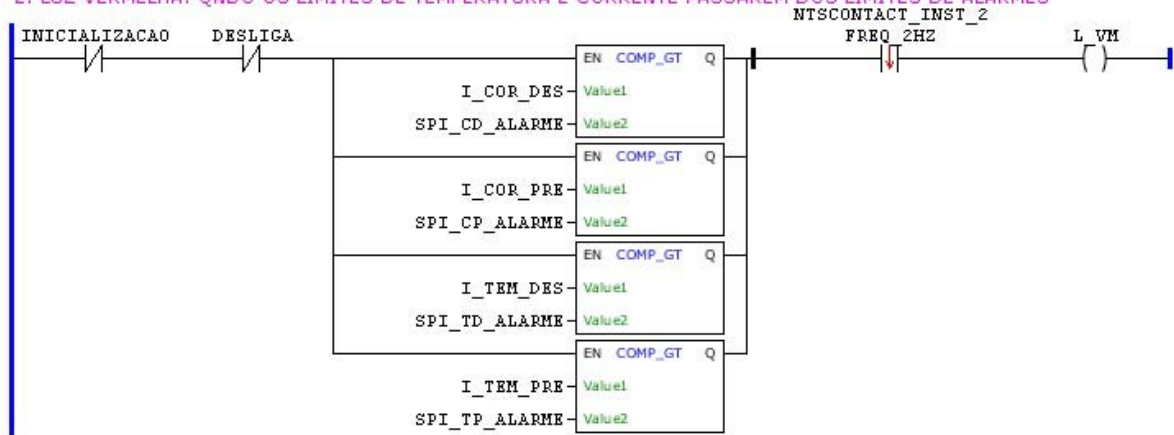
APÊNDICE A: DIAGRAMAS LADDER DE CONTROLE DA PS-200

DIAGRAMA LADDER CONTROLE ALARMES

1: LAMPADA AMARELA: QND A MÁQUINA ESTIVER FAZENDO ALGUMA CORREÇÃO



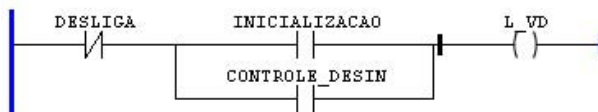
2: LUZ VERMELHA: QNDO OS LIMITES DE TEMPERATURA E CORRENTE PASSAREM DOS LIMITES DE ALARMES



3: LUZ AMARELA E VERMELHA DA INICIALIZAÇÃO



4: LUZ VERDE NA INICIALIZACAO E ENQUANTO A DESINTEGRADORA ESTIVER ATIVA



5: TODAS AS LUZES PISCANDO QNDO A MÁQUINA FOR DESLIGAR

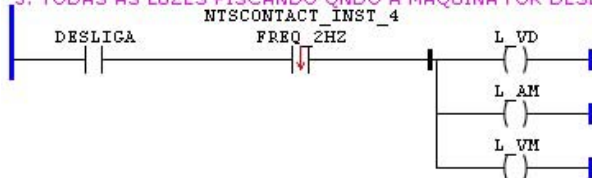


DIAGRAMA LADDER MAIN

1: RENOME CORRENTE DESINTEGRADORA



2: RENOME TEMPERATURA DESINTEGRADORA



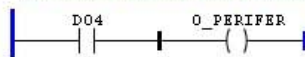
3: RENOME CORRENTE PRENSA



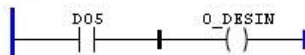
4: RENOME TEMPERATURA PRENSA



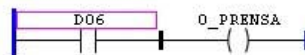
5: RENOME DAS SAÍDAS DIGITAIS



6:



7:



8:



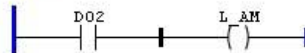
9:



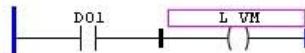
10:



11:



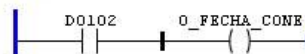
12:



13:



14:



15: RENOME DAS ENTRADAS DIGITAIS

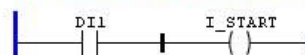
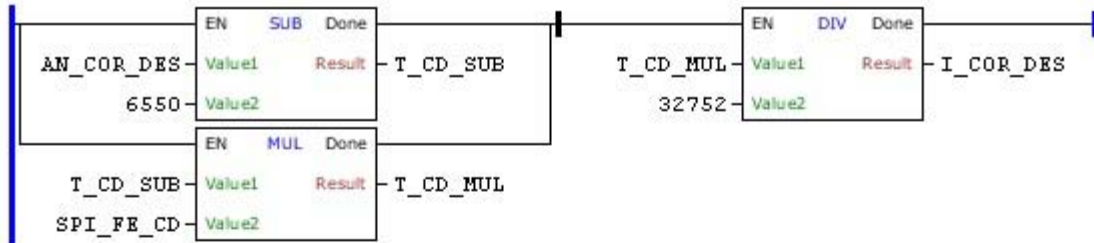
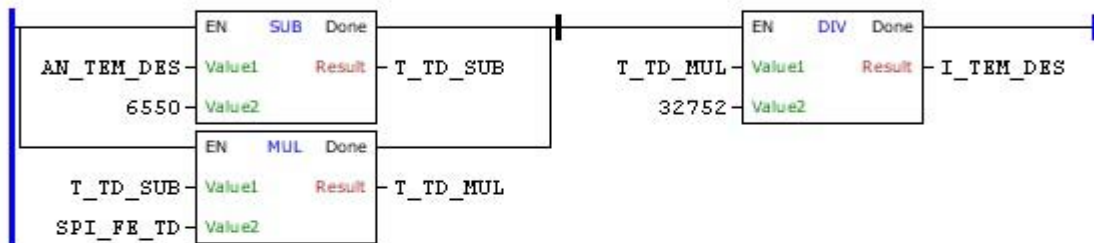


DIAGRAMA LADDER TRATAMIENTO ENTRADAS ANALÓGICAS

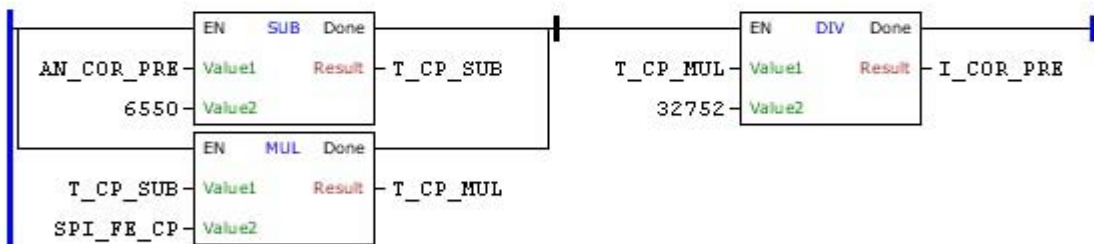
1: AJUSTE CORRENTE DESINTEGRADORA



2: AJUSTE TEMPERATURA DESINTEGRADORA



3: AJUSTE CORRENTE PRENSA



4: AJUSTE TEMPERATURA PRENSA

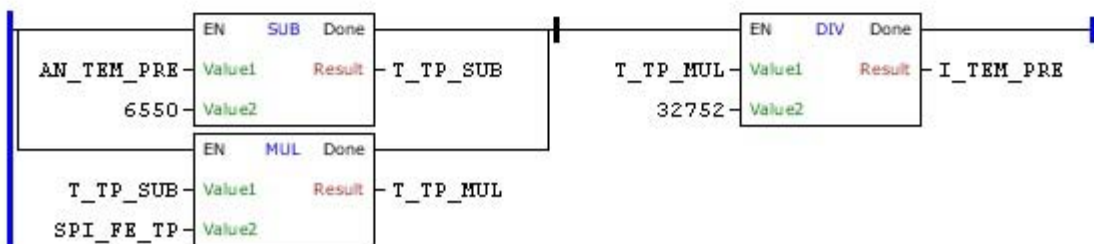
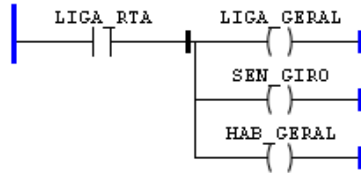


DIAGRAMA LADDER CONFIGURAÇÃO CANOPEN

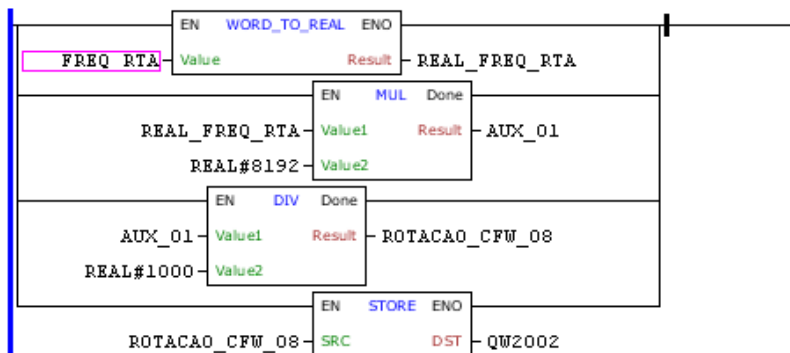
1: ACIONA VARIÁVEIS IMPORTANTES AO PROCESSO



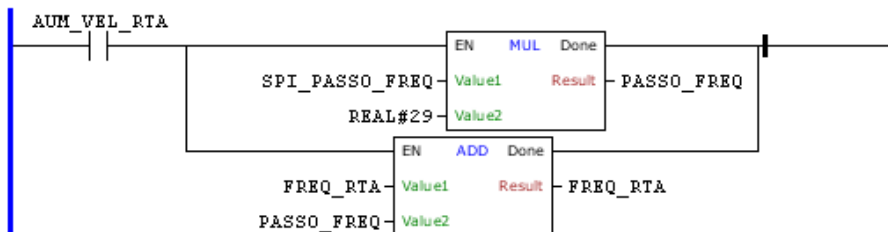
2: MULTIPLEXAÇÃO PARA UMA PALAVRA QUE ACIONA O O CFW-08



3: TRATAMENTO DA VARIÁVEL DE ROTACAO DO CFW-08 PARA PALAVRA DE CONTROLE



4:



5:

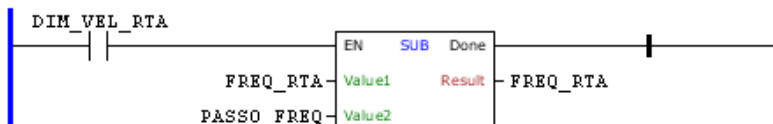
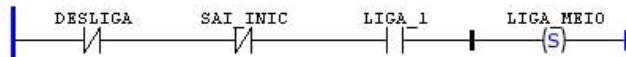
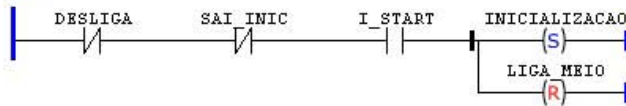


DIAGRAMA LADDER ROTINA DE INICIALIZAÇÃO

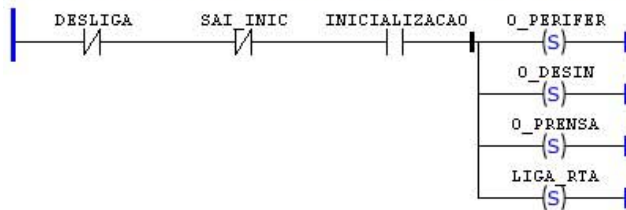
1: PROCEDIMENTO DE START DA MÁQUINA



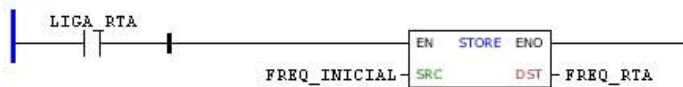
2:



3: LIGA AS SAÍDAS DOS PERIFÉRICOS, DESINTEGRADORA, PRENSA E RTA



4:



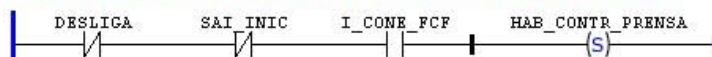
5: FECHA O CONE DA PRENSA ATÉ O SENSOR DE FIM DE CURSO



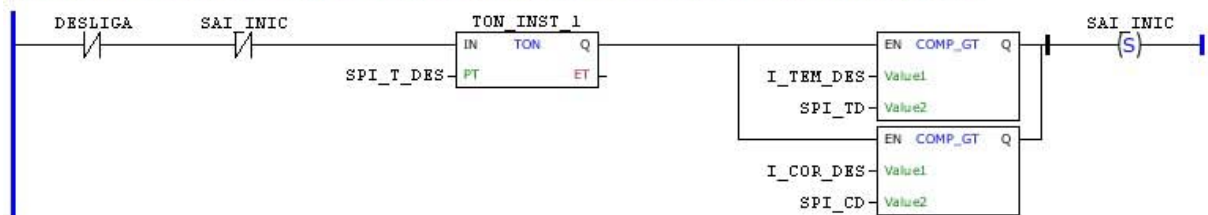
6:



7: QNDO CONE ESTIVER FECHADO HABILITA O CONTROLE DA PRENSA



8: AGUARDA O TEMPO DE RESPOSTA COMPARA A CAORRENTE E A TEMPERATURA DA DESINTEGRADORA



9: APÓS TEMPO DE ESPERA AUMENTA-SE A VELOCIDADE DA RTA



10: COMPARA SE A FREQUENCIA DA RTA É MAIOR QUE A DO SETPOIN

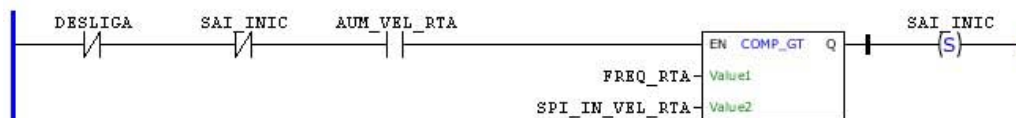
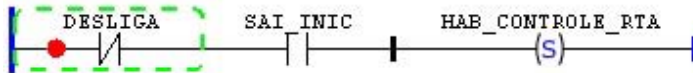
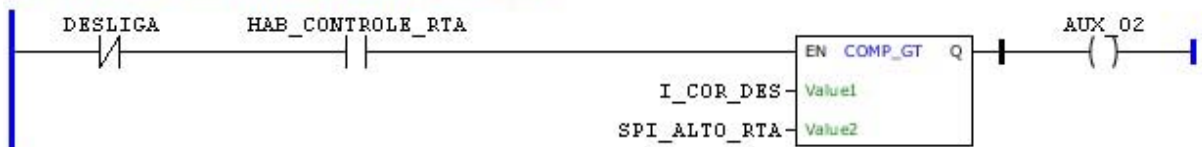


DIAGRAMA LADDER CONTROLE RTA

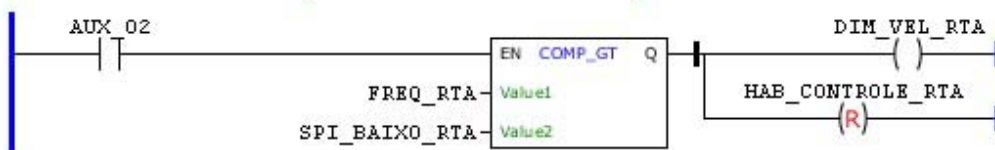
1: HABILITA PRIMEIRO CONTROLE APÓS SAIR DA INICIALIZAÇÃO



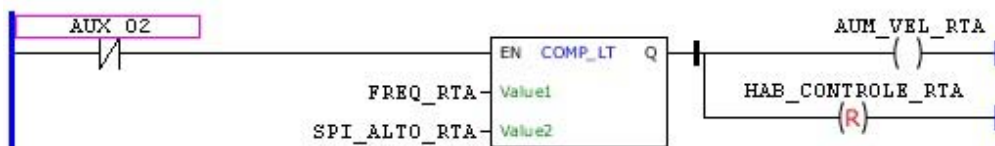
2: COMPARA CORRENTE DA DESINTEGRADORA



3: SE CORRENTE MAIOR QUE SETPOINT DIMINUI FREQ.



4: SE CORRENTE NAO FOR MAIOR DIMINUI FREQUENCIA



5: APÓS QUALQUER DAS ATUACOES AGUARDA TEMPO DE RESPOSTA E VOLTA CONTROLE INICIAL

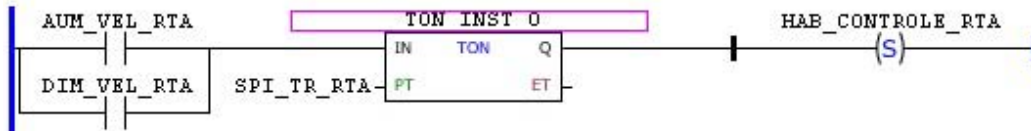
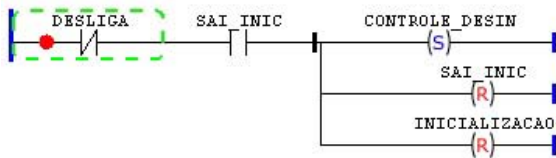
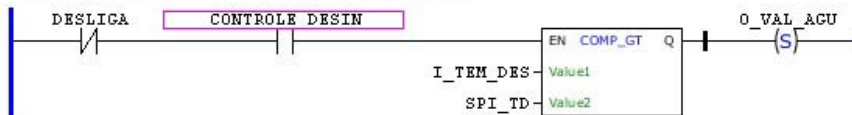


DIAGRAMA LADDER CONTROLE DESINTEGRADORA

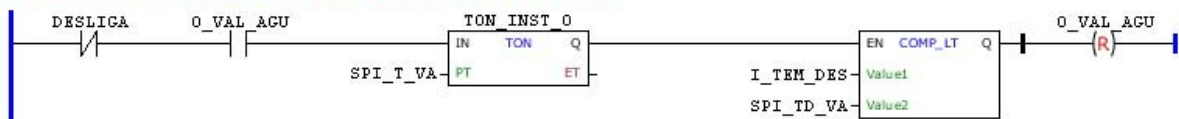
1: HABILITA MÓDULO DE CONTROLE DA DESINTEGRADORA



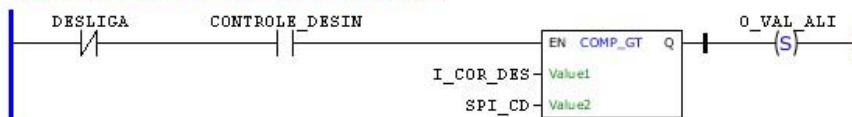
2: COMPARA TEMPERATURA DA DESINTEGRADORA



3: CONTA TEMPO DE RESPOSTA PARA VALVULA DE AGUA ABERTA



4: COMPARA CORRENTE DA DESINTEGRADORA



5: CONTA TEMPO DE RESPOSTA DA VALVULA DE ALIVIO

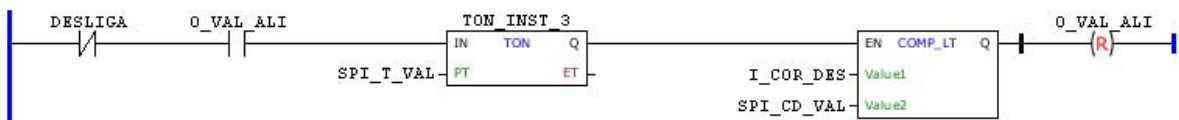
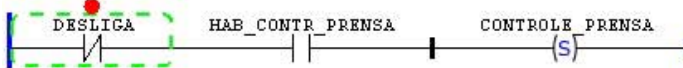
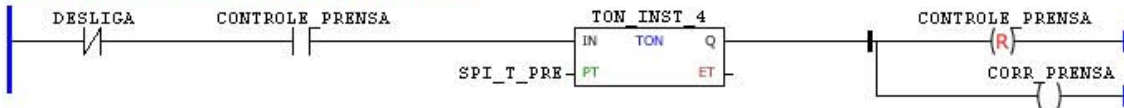


DIAGRAMA LADDER CONTROLE PRENSA

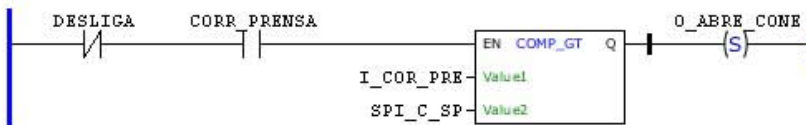
1: HABILITA MÓDULO DE CONTROLE DA PRENSA



2: CONTA O TEMPO DE RESPOSTA DA PRENSA



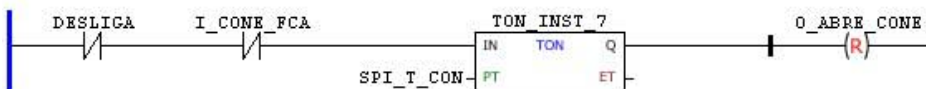
3: COMPARA CORRENTE DA PRENSA COM SETPOINT INFERIOR



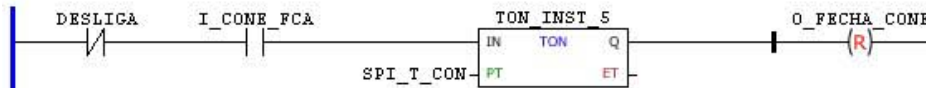
4: BLOQUEIA A ABERTURA DO CONE SE CHEGAR NO SENSOR FIM DE CURSO



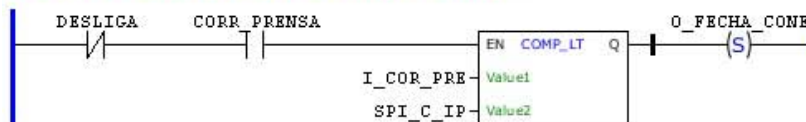
5: CONTA TEMPO PARA FECHAMENTO DO CONE OU ATÉ SENSOR



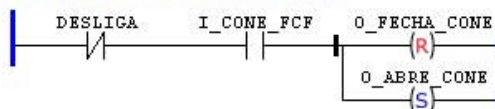
6: CONTA TEMPO DE ABERTURA DO CONE OU ATÉ SENSOR



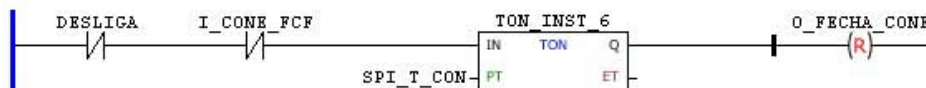
7: COMPARA CORRENTE COM SETPOINT SUPERIOR



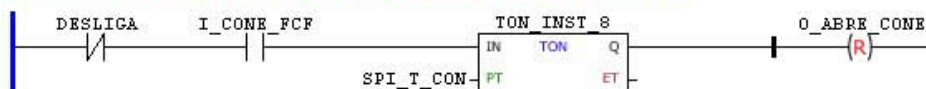
8: FECHA O CONE ATÉ O SENSOR



9: CONTA TEMPO DE FECHAMENTO DO CONE OU ATÉ SENSOR



10: CONTA TEMPO DA ABERTURA DO CONE PARA PARAR A ABERTURA



11: APÓS O FINAL DO CONTADOR SETAR CONTROLE DA PRENSA PARA RECOMEÇAR O PROCESSO

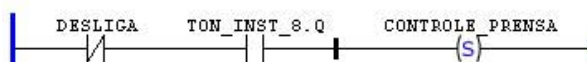
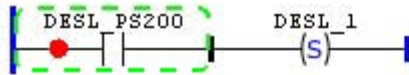
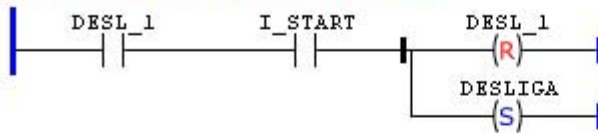


DIAGRAMA LADDER ROTINA DE DESLIGAMENTO

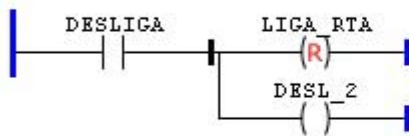
1: SELECIONADO O DESLIGAMENTO



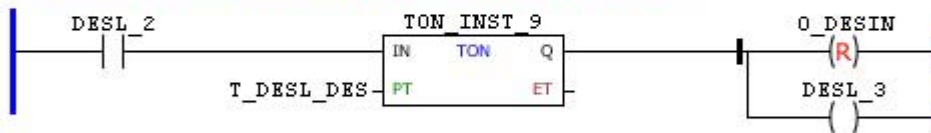
2: PRESSINADO O BOTAO NO PAINEL



3: DESLIGA A RTA



4: CONTA TEMPO PARA DESLIGAR A DESINTEGRADORA



5: CONTA TEMPO PARA DESLIGAMENTO DA PRENSA



6: CONTA TEMPO PARA DESLIGAMENTO DOS PERIFÉRICOS NÃO CONTROLADOS

