

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

PAULO CESAR FLORES CERNA

**RETROFITTING DE UMA PRENSA MECÂNICA EXCÊNTRICA DE
ACIONAMENTO POR ENGATE DE CHAVETA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

PAULO CESAR FLORES CERNA

**RETROFITTING DE UMA PRENSA MECÂNICA EXCÊNTRICA DE
ACIONAMENTO POR ENGATE DE CHAVETA**

Monografia apresentado ao curso de Especialização em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Automação Industrial

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA

2013

RESUMO

CERNA, Paulo Cesar Flores. **Retrofitting de uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta**. 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2013.

Este trabalho descreve a execução de um retrofitting em uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta, que consistiu na atualização tecnológica de alguns dos componentes existentes, através da aplicação de modernas técnicas e dispositivos de automação. O enfoque desse trabalho foi o reaproveitamento das prensas mecânicas excêntricas com tecnologia obsoleta para adequá-las em função das novas normas de segurança, a fim de aumentar a sua vida útil. Para a realização deste trabalho, o sistema mecânico de engate por chaveta foi substituído por um conjunto freio/ embreagem de fricção para garantir a parada do movimento em qualquer posição. No desenvolvimento da automatização utilizou-se um CLP (Controlador Lógico Programável) modelo SIMATIC S7-200 fabricado pela Siemens, cuja programação foi feita na linguagem Ladder. Também, foram acrescentados alguns dispositivos elétricos e pneumáticos, os quais foram instalados na prensa e desempenham suas funções de acordo com a programação feita no CLP. O resultado dessa modernização permitiu o aumento da produtividade, reduziu os períodos de inatividade e os riscos operacionais, assim como também, pelo ponto de vista econômico o investimento na reforma foi muito menor que na aquisição de uma prensa mecânica de última geração.

Palavras-chave: Retrofitting. Prensa Mecânica. Controlador Lógico Programável.

ABSTRACT

CERNA, Paulo Cesar Flores. **Retrofitting de uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta**. 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2013.

This work describes the implementation of a retrofitting in a mechanical press eccentric drive by engaging key, which consists of the technological upgrading of some existing components through the application of modern techniques and automation devices. The focus of this work was the reuse of eccentric mechanical presses with obsolete technology to adapt them in light of new safety standards in order to increase their lifespan. For this work, the mechanical coupling keyed system was replaced by a brake assembly / friction clutch to ensure the arrest of the movement at any position. In the development of automation used a PLC (Programmable Logic Controller) model SIMATIC S7 - 200 manufactured by Siemens, whose programming was done in ladder language. Some electrical and pneumatic devices, which were installed in the press and perform their duties in accordance with the programming done in CLP were also added. The result of this modernization has enabled increased productivity, reduced downtime and operational risks, as well as by the economic point of view investment in reform was much less than the purchase of a mechanical press next generation.

Keywords: Retrofitting. Mechanical Press. Programmable Logic Controller.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Elementos básicos de uma prensa mecânica	18
Figura 2 - Desenho esquemático da cadeia cinemática da PMEEC	19
Figura 3 - Biela da PMEEC	20
Figura 4 - Volante da PMEEC	20
Figura 5 - Martelo da PMEEC	21
Figura 6 - Eixo excêntrico da PMEEC	21
Figura 7 - Pino em forma de “L” e chaveta da PMEEC	22
Figura 8 - Desenho esquemático da cadeia cinemática e estrutura da PMEFE.....	23
Figura 9 - Conjunto Freio/Embreagem de uma PMEFE.....	24
Figura 10 - Adaptação de proteção fixa em ferramentas	26
Figura 11 - Comando bi-manual com botão de emergência	27
Figura 12 - Feixe da Cortina de Luz	28
Figura 13 - Válvula pneumática de segurança de fluxo cruzado com silenciador incorporado	29
Figura 14 - Conexões de engate rápido QS 1/8” - 8 e 1/4” – 8	29
Figura 15 - Cilindro pneumático DNC.....	30
Figura 16 - Unidade de conservação	31
Figura 17 - Controlador Lógico Programável (CLP)	32
Figura 18 - Estrutura Básica de um CLP.....	33
Figura 19 - Ciclo de processamento dos CLPs	34
Figura 20 - Contador de golpes.....	34
Figura 21 - Disjuntor-motor termomagnético, modelo GV2ME14.....	35
Figura 22 - Botões, seletora e sinaleiros	36
Figura 23 - Proposta de modificação no acionamento	38
Figura 24 - Diagrama elétrico de ligação dos motores 1 e 2	39
Figura 25 – Esquema do processo de operação da prensa.....	40
Figura 26 - Tela de programação do software STEP 7 Micro/WIN.....	43

Figura 27 - Exemplo simples de GRAFCET	45
Figura 28 - CLP Siemens Simatic s7-200	46
Figura 29 - GRAFCET da prensa	47
Figura 30 - Programação da CLP – Parte 1	49
Figura 31 - Programação da CLP – Parte 2	50
Figura 32 - Programação da CLP – Parte 3	51
Figura 33 - Programação da CLP – Parte 4	52
Figura 34 - Programação da CLP – Parte 5	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais símbolos de programação	42
Quadro 2 - Características do CLP	45
Quadro 3 - Endereço dos equipamentos na programação do CLP.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de componentes exigidos para adequação	37
---	----

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A/D	Conversor Analógico/Digital
AFCET	Associação Francesa para a Cibernética Economia e Técnica (<i>Association française pour la cybernétique économique et technique</i>)
CLP	Controlador Lógico Programável
D/A	Conversor Digital/ Analógico
FBD	Diagrama de Bloco de Funções (<i>Function block diagram</i>)
GRAF CET	Gráfico Funcional de Comandos Etapa-Transição
IEC	Comissão Internacional de Eletrotécnica (<i>International Electrotechnical Commission</i>)
LD	Diagrama Ladder (<i>Ladder diagram</i>)
IL	Lista de Instruções (<i>Instruction list</i>)
NBR	Norma Brasileira
NT	Norma Técnica
PMEEC	Prensa Mecânica Excêntrica de Engate por Chaveta
PMEFE	Prensa Mecânica Excêntrica de Freio/Embreagem
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior
PPRPS	Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares
SFC	Mapeamento Sequencial de funções (<i>Sequential function chart</i>)
ST	Texto Estruturado (<i>Structured text</i>)
USS	Interface Serial Universal (<i>Universal Serial Interface</i>)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	13
1.3 PROBLEMA E PREMISSAS	14
1.4 OBJETIVOS	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos	14
1.5 JUSTIFICATIVA	15
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO	16
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	17
2.1 PRENSAS	17
2.2 PRENSAS MECÂNICAS EXCÊNTRICAS DE ENGATE POR CHAVETA	18
2.2.1 Estrutura.....	19
2.2.2 Cadeia cinemática.....	19
2.2.3 Zona de prensagem	22
2.3 PRENSAS MECÂNICAS EXCÊNTRICAS COM FREIO/EMBREAGEM	22
2.3.1 Estrutura.....	23
2.3.2 Cadeia cinemática.....	23
2.3.3 Sistema freio/embreagem	24
2.3.3.1 Sistema conjugado.....	24
2.3.3.2 Sistema separado	24
2.4 SISTEMAS DE SEGURANÇA APLICADOS A PRENSAS.....	25
2.4.1 Proteções fixas.....	25
2.4.2 Proteções móveis.....	25
2.4.3 Ferramenta fechada	26

2.4.4 Comando bi-manual	27
2.4.4 Cortina de luz	27
2.5 SISTEMAS PNEUMÁTICOS	28
2.5.1 Válvula pneumática de segurança	28
2.5.2 Conexões de engate rápido	29
2.5.3. Cilindros pneumáticos DNC	30
2.5.3 Unidade de conservação	30
2.6 SISTEMAS ELÉTRICOS	31
2.6.1. Controlador lógico programável (CLP)	31
2.6.1.1 Princípio de funcionamento	33
2.6.2. Contadores de golpes	34
2.6.3. Disjuntor-motor termomagnético	35
2.6.4. Botões, seletoras e sinaleiros	36
3. DESENVOLVIMENTO	37
3.1 RELAÇÃO DE COMPONENTES NECESSÁRIOS	37
3.2. ADEQUAÇÃO PROPOSTA	37
3.3. ALTERAÇÃO NO PROCESSO DE OPERAÇÃO DA PRENSA	39
4. O PROGRAMA DESENVOLVIDO	42
4.1 LINGUAGEM LADDER	42
4.2 SOFTWARE STEP 7 MICROWIN	42
4.3 FERRAMENTA GRAFCET	43
4.3 ESPECIFICAÇÕES DO CLP	45
4.4 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO DA PRENSA	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

Nesse capítulo será desenvolvida a introdução ao tema seguido da descrição do problema e premissas, os objetivos gerais e específicos, justificativa, procedimentos metodológicos, embasamento teórico e estrutura do trabalho.

1.1 TEMA

O mercado de embalagens metálicas tem evoluído significativamente nos últimos anos, sendo assim, as indústrias passam por mudanças e precisam se adequar às novas exigências do mercado devido ao avanço tecnológico e à globalização (SCHIONATO, 2007). Do ponto de vista econômico, a aquisição de novos equipamentos com o objetivo de substituir as máquinas antigas é um investimento alto, necessitando primeiramente a realização de um estudo de caso para verificar a relação custo/benefício. Uma alternativa que vem sendo experimentada com muito sucesso por diversas empresas é a denominada modernização ou *retrofitting* (ALVES et al., 2009).

Desde o final de 1997, com a Norma NBR 13930 - Prensas Mecânicas - Requisitos de Segurança, estabeleceu a proibição de construção de prensas mecânicas com engate por chaveta, que consiste no acoplamento de um pino rotativo em forma de “L” no conjunto eixo bucha excêntrica. Em função das novas normas de segurança, toda prensa excêntrica (mecânica) deverá operar com um conjunto de freio-embreagem pneumático de segurança. Este conjunto por sua vez é acionado por uma eletroválvula de máxima segurança.

Hoje, na indústria brasileira ainda ocorre à utilização de prensas mecânicas de acionamento excêntrico que oferecem riscos de segurança a operador, com alta incidência de acidentes de trabalho que atingem os membros superiores dos trabalhadores (SILVA; PASSONI JUNIOR, 2006). Por isso, com a metodologia proposta, a prensa em questão migra de uma situação de elevado risco para uma condição de operação mais segura.

O termo *retrofitting* (reforma) em equipamentos, máquinas ou sistemas é um procedimento moderno, efetivo e com custo inferior ao de novas aquisições. A empresa SIEMENS detalha o significado de *retrofitting*:

O *retrofitting* de máquinas, também conhecido como reforma ou modernização, é muitas vezes a solução para empresas que desejam dar uma “sobrevida” para máquinas antigas, mantendo suas características periféricas, com perfeito estado de conservação mecânica. Basicamente no *retrofitting*, há a troca dos comandos eletrônicos por outros de última geração, troca de peças antigas por novas e também de componentes e acionamentos antigos por modernos e mais confiáveis. (SIEMENS, 2009).

A função da prensa considerada é conformar uma peça através de corte, dobra e repuxo e com a automação proposta, espera-se aumentar a produtividade, reduzir os períodos de inatividade, reduzir riscos, assim como também, obter o retorno rápido e garantido do investimento.

Este trabalho visa aplicar uma solução tecnológica aceitável conforme as normas vigentes para resolver o problema apresentado e assegurar uma sobrevivida àquele tipo de prensa, cuja relevância se justifica devido ao grande número de unidades atualmente em funcionamento em todo o território nacional.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho apresenta a metodologia empregada no *retrofitting* de uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta, incluindo a programação do controlador lógico programável (CLP) para sua automação. A metodologia proposta não tem a pretensão em se tornar um padrão para reformas de prensas com tecnologia obsoletas, mais deverá servir para atender às novas normas de segurança que toda prensa mecânica excêntrica deve possuir.

1.3 PROBLEMAS E PREMISAS

Uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta está sujeita à ocorrência do “repique” por uma falha mecânica nesse dispositivo. Tal falha poderá provocar graves acidentes envolvendo as mãos do trabalhador, por exemplo, durante a retirada e a colocação de material para prensar.

Com a vigência da Norma NBR 13930 e o Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares (PPRPS), torna-se necessário uma avaliação técnica-econômica criteriosa de cada prensa e seu ferramental.

A aplicação da metodologia proposta no *retrofitting* da prensa em questão, possibilitará o reaproveitamento das prensas com tecnologia obsoleta existentes nos país. Além disso, teria-se os benefícios ambientais pelo não sucateamento do equipamento.

1.4 OBJETIVOS

Neste tópico serão listados os objetivos geral e específicos do trabalho

1.4.1 Objetivo Geral:

Este trabalho tem por objetivo realizar o *retrofitting* de uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta, devido à necessidade de adequação às normas de segurança em vigor.

1.4.2 Objetivo Específico:

- Entender o princípio de funcionamento de prensas em geral;
- Desenvolver habilidades para a utilização do CLP;
- Especificar todos os materiais pneumáticos, elétricos e eletrônicos utilizados neste trabalho, bem como descrever sucintamente o funcionamento de todos;

- Executar o *retrofitting* na prensa e realizar os testes para validação.

1.5 JUSTIFICATIVA

A utilização de uma máquina insegura ou obsoleta tem relação direta com riscos de acidentes graves e incapacitantes para o trabalhador, acarretando transtornos consideráveis para os empregadores ou para a comunidade onde o trabalhador está inserido. Tal risco é aumentado quando não há um programa de manutenção adequado para o equipamento (MENDES, 2001).

A Nota Técnica (NT 16/2005), publicado pelo Ministério do Trabalho, tendo como base a convenção coletiva que estabeleceu uma série de requisitos para a operação e utilização de prensas e equipamentos similares, tornando-se necessário uma avaliação técnica-econômica criteriosa de cada prensa e seu ferramental.

O *retrofitting* é a alternativa ideal para empresas que precisam manter seus equipamentos confiáveis, modernos e produtivos. Em um *retrofitting* são mantidas as características principais do equipamento, retificando e/ou repondo peças danificadas, efetuando nova pintura, reavaliando itens de segurança e, principalmente, trocando os componentes eletroeletrônicos e acionamentos ultrapassados por outros mais modernos.

Este trabalho considera a não substituição dessas prensas com tecnologia obsoleta instaladas na indústria brasileira, já que o preço final do *retrofitting* deverá ser sempre inferior ao de uma máquina, equipamento ou sistema novo, justificando a sua implantação.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente foi elaborada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos teóricos fundamentais das prensas mecânicas excêntricas, normas técnicas brasileiras e ao programa de prevenção de riscos em prensas e similares (PPRPS).

Com base na inspeção das peças após a desmontagem da prensa foram avaliados os componentes desgastados e danificados para sua recuperação ou substituição. O sistema mecânico de engate por chaveta foi substituído por um

conjunto freio/embreagem de fricção para garantir a parada do movimento em qualquer posição.

Esta foi, portanto, uma pesquisa científica aplicada (Manual de Frascati 2007), de carácter explicativa, de campo e bibliográfica.

1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste Trabalho o embasamento teórico teve como referência o critério da norma ABNT NBR 13930, o Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares (PPRPS) e a Nota Técnica NT 16/2005.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado da seguinte forma:

O capítulo 1 apresentou as primeiras considerações sobre os problemas que levaram a execução deste trabalho. Também foram descritos os conceitos e objetivos.

No capítulo 2 foi descrita a prensa e as partes envolvidas.

No capítulo 3 foram descritas as etapas envolvidas no processo de *retrofitting* da prensa.

No capítulo 4 foi desenvolvida a programação da prensa.

O capítulo 5 apresentou as considerações finais: conclusões e resultados obtidos do desenvolvimento do trabalho

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Neste capítulo serão detalhados alguns componentes das prensas mecânicas excêntricas para um melhor entendimento sobre a operação da máquina.

2.1 PRENSAS

Uma prensa mecânica é uma máquina utilizada basicamente para aplicar uma força de conformação sobre os materiais, principalmente os metais. Nessa máquina, uma ferramenta é colocada para moldar o material durante o processo de estampagem. As prensas mecânicas excêntricas com acionamentos do tipo manivela (biela) são de simples operação, porém as velocidades são fixas durante a subida e descida do martelo. Esta velocidade determina a força de impacto da ferramenta sobre o material (chapa) e, em função dessa reduzida velocidade empregada não se tem melhores índices de produção (AIDA, 1992).

Quanto ao sistema de transmissão do movimento do martelo, as prensas apresentam diversas modalidades. As prensas são divididas em (NR12/2010):

- Mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente;
- Mecânicas excêntricas com freio ou embreagem;
- De fricção com acionamento por fuso;
- Servoacionadas;
- Hidráulicas;
- Pneumáticas;
- Hidropneumáticas

Neste trabalho abordaremos as prensas mecânicas de engate por chaveta, as mais utilizadas no parque industrial brasileiro. A Figura 1 mostra os elementos básicos de uma prensa mecânica desse tipo.

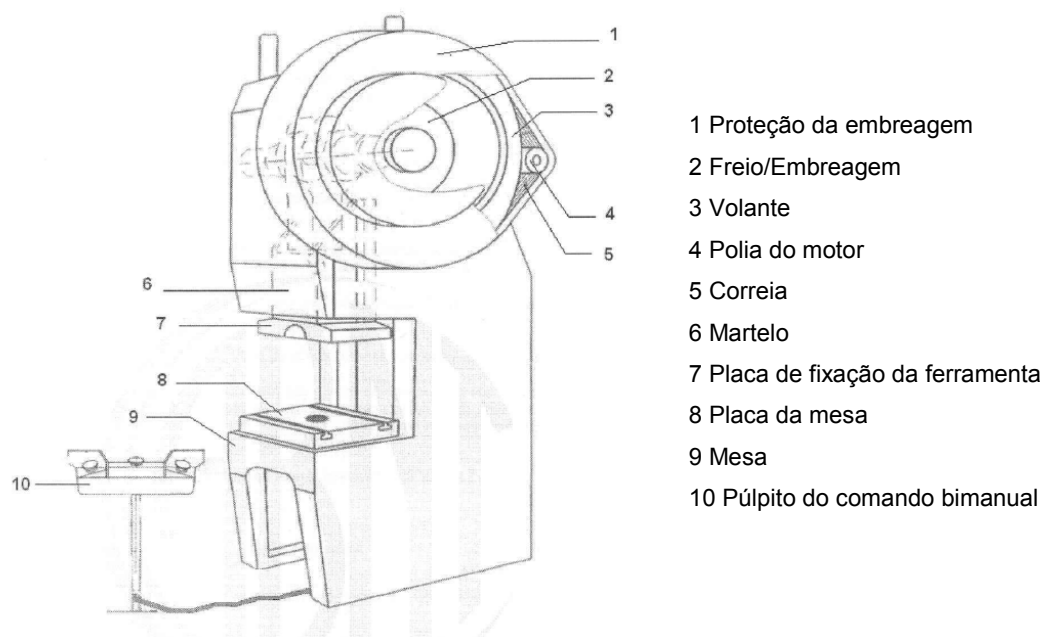


Figura 1 - Elementos básicos de uma prensa mecânica.
 Fonte: ABNT NBR 13930 (2008, p.7).

2.2 PRENSAS MECÂNICAS EXCÊNTRICAS DE ENGATE POR CHAVETA

Prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta são o tipo de prensa mais utilizado no Brasil, por seu menor custo e baixa complexidade construtiva, sendo largamente encontrada em estamparias onde são requeridas maiores precisão, repuxo e conformação com afundamento pouco profundo na superfície.

As prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta (PMEEC) têm como características o curso limitado, energia constante e força variável do martelo em função da altura de trabalho. Podem ter o corpo em forma de “C” ou em forma de “H”, com transmissão direta do volante ou com redução por engrenagens, com mesa fixa ou regulável, horizontal ou inclinada. Nestes tipos de prensas, uma vez acionadas, possuem ciclo completo de trabalho, que consiste no movimento do martelo a partir de sua posição inicial, no Ponto Morto Superior (PMS), até o Ponto Morto Inferior (PMI), e retorno à posição inicial do ciclo, não sendo possível comandar a parada imediata do martelo após iniciado o seu movimento de descida.

As prensas dotadas de engate por chaveta, com esse tipo de embreagem (acionamento) está sujeita à ocorrência do “repique”, por uma falha mecânica nesse dispositivo. Há a descida da mesa móvel como se ela tivesse sido acionada, podendo provocar acidentes graves envolvendo as mãos do trabalhador, por exemplo, na retirada ou colocação de material para prensar.

Esse risco é aumentado quando não há um programa de manutenção adequado para o equipamento.

2.2.1 Estrutura

As prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta podem ser confeccionada em ferro fundido, aço fundido ou em chapa de aço soldadas (FIERGS, 2006).

2.2.2 Cadeia cinemática

A cadeia cinemática de uma PMEEC mostra todas as peças envolvidas na geração do movimento para ser aplicado no martelo, sendo as peças principais as engrenagens, os eixos, as bielas, as correias, o volante, e outras. Na Figura 2, tem-se uma a ilustração de um desenho esquemático da cadeia cinemática da PMEEC.

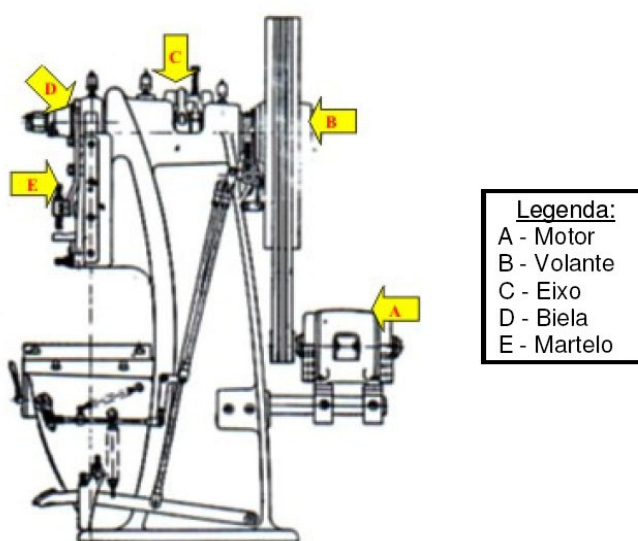


Figura 2 - Desenho esquemático da cadeia cinemática da PMEEC
Fonte: FIERGS (2006, p. 16).

Após o acionamento do motor elétrico o volante da prensa excêntrica entra em movimento girando em torno de um eixo numa velocidade constante. O volante está apoiado numa extremidade desse eixo, através de uma bucha de engate onde se encaixa uma chaveta rotativa (meia cana). Em sua outra extremidade o eixo está fixado em uma bucha excêntrica, alojada em uma biela (Figura 3), responsável pela transformação do movimento rotativo em movimento linear.



Figura 3 - Biela da PMEEC
Fonte: FIERGS (2006, p. 16)

O volante mostrado na Figura 4 é utilizado para armazenar a energia motriz produzida pelo motor principal. O motor repõe a energia do volante durante o ciclo completo da prensa, entretanto a cadeia de engrenagens transmite esta energia total em um tempo muito menor.

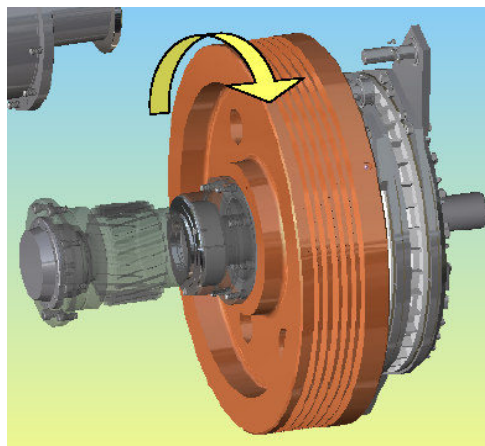


Figura 4 - Volante da PMEEC
Fonte: Schionato (2007, p. 22)

O uso de um volante reduz a potência necessária do motor principal de acionamento da prensa. Nas operações de estampagem com repuxo, por exemplo, a potência necessária do motor com um volante seria pelo menos de 4 a 6 vezes menor do que a potência requerida por um acionamento direto. Em alguns casos essa redução seria de 10 vezes (DANIELS, 1979).

O martelo, figura 5, também chamado de prensador, é a parte da prensa que se move na estrutura e é onde se fixa o estampo para proporcionar ou realizar o trabalho de conformação da peça mediante aplicação da força sobre o material empregado. O movimento do martelo é proveniente de um sistema mecânico em que o movimento rotativo é transformado em linear por meio de um sistema de bielas, manivelas ou fusos.



Figura 5 - Martelo da PMEEC
Fonte: FIERGS (2006, p. 16).

Usualmente as prensas mecânicas são denominadas excêntricas devido ao eixo e emprego de bielas. Esta nomenclatura indica o tipo de transmissão que é utilizado para provocar o golpe do martelo. No caso de uma PMEEC, a transmissão de movimento de força entre o volante e o martelo se processa através do eixo excêntrico, mostrado na Figura 6.



Figura 6 - Eixo excêntrico da PMEEC
Fonte: FIERGS (2006, p.17).

Em uma PMEEC quando acionada, através de um pedal elétrico, pneumático ou hidráulico, ou comando bimanual (é proibido o uso de pedais ou alavancas mecânicas), um dispositivo mecânico ou pistão hidráulico movimenta um pino em forma de “L”, puxando uma mola que faz com que a chaveta rotativa seja acoplada à bucha de engate, transmitindo o movimento de rotação ao conjunto eixo/bucha excêntrica, transformado em movimento linear pela biela, realizando o trabalho de descida e subida do martelo. Na Figura 7, tem-se uma ilustração em detalhe do pino em forma de “L” e chaveta.



Figura 7 – Pino em forma de “L” e chaveta da PMEEC
Fonte: FIERGS (2006, p.18).

2.2.3 Zona de prensagem

O espaço entre o martelo e o a mesa da prensa, onde se coloca o ferramental, é chamado zona de prensagem, sendo a área onde o martelo aplica a força. Nela encontra-se a maior área de risco, visto que a exposição do operador pode ocorrer a cada ciclo, repetindo-se várias vezes ao longo da jornada. Por este motivo, deverá impedir-se acesso por todos os lados, através de proteção física fixa durante o ciclo normal de trabalho.

2.3 PRENSAS MECÂNICAS EXCÊNTRICAS COM FREIO/EMBREAGEM

As prensas mecânicas excêntricas com freio/embreagem (PMEFE), por ser mais confiáveis e terem as mesmas características de produção, tende a substituir as prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta (PMEEC) nas indústrias

do Brasil, a exemplo do que vem acontecendo no restante do mundo (FIERGS, 2006).

As prensas mecânicas excêntricas com freio/embreagem têm uma característica importante no que se refere à segurança. Isto se deve ao fato de que o disco de embreagem permanece sob pressão durante todo o tempo de ação do martelo, e quando esta pressão é liberada, o martelo para na posição.

2.3.1 Estrutura

Uma PMEFE pode ser confeccionada em ferro fundido, aço fundido ou em chapa de aço soldado (FIERGS, 2006).

2.3.2 Cadeia cinemática

Na cadeia cinemática estão envolvidas todas as peças que geram um movimento para ser aplicado no martelo, sendo as peças principais, conforme mostrado na Figura 8, as engrenagens, os eixos, as bielas, as correias, e o volante.

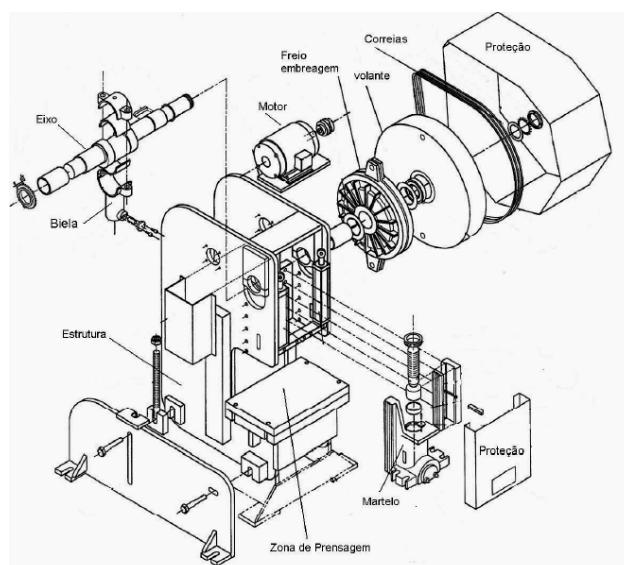


Figura 8 – Desenho esquemático da cadeia cinemática e estrutura da PMEFE
Fonte: FIERGS (2006, p.25).

2.3.3 Sistema Freio/Embreagem:

O sistema freio/embreagem (Figura 9) é utilizado em prensas para acoplar o eixo de rotação ao mecanismo biela/manivela, garantindo a parada de movimento em qualquer posição do curso do deslocamento do martelo.



Figura 9 – Conjunto Freio/Embreagem de uma PMEFE
Fonte: FIERGS (2006, p.27).

2.3.3.1 Sistema Conjugado

O acionamento do sistema conjugado pode ser pneumático ou hidráulico. Uma vez acionada a válvula de segurança o fluido é introduzido na câmara, que libera o freio e aciona a embreagem. Executado o ciclo, este fluido é liberado e a prensa pára através do freio acionado por molas.

2.3.3.2 Sistema Separado

Para prensas de grande porte, a embreagem é montada de um lado da máquina e o freio do outro. A embreagem é ancorada ao volante sendo necessárias duas válvulas de segurança; seu acionamento deve ser sincronizado liberando o freio antes da embreagem e atuando o freio após a liberação da embreagem.

2.4 SISTEMAS DE SEGURANÇA APLICADOS A PRENSAS

As máquinas e os equipamentos com acionamento repetitivo deverão receber proteção adequada. Segundo a NBRNM 272:2002 Segurança de Máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis, proteção é definida como parte da máquina especificamente utilizada para prover proteção por meio de uma barreira física, devendo:

- Não apresentar facilidade de burla;
- Prevenir o contato;
- Ter estabilidade no tempo;
- Não criar perigos novos;
- Não criar interferência.

As proteções podem ser:

2.4.1 Proteções Fixas

Proteções fixas são de difícil remoção, fixadas normalmente ao corpo ou estrutura da máquina. Essas proteções deverão ser mantidas em sua posição fechada, fixadas por meio de solda ou parafuso, tornando sua remoção ou abertura impossível sem uso de ferramentas. Podem ser confeccionadas em tela metálica, chapa metálica ou policarbonato.

2.4.2 Proteções Móveis

Proteções móveis são geralmente vinculadas à estrutura da máquina ou elemento de fixação adjacente que possa ser aberta sem auxílio de ferramentas. As proteções móveis (portas, tampas, entre outras) devem ser associadas a dispositivos de intertravamento de tal forma que:

- A máquina não possa operar até que a proteção seja fechada,
- Se a proteção é aberta quando a máquina está operando, uma instrução de parada é acionada. Quando a proteção é fechada, por si só, não reinicie a operação, devendo haver comando para continuação do ciclo.

Quando há risco adicional de movimento de inércia, dispositivo de intertravamento de bloqueio deve ser utilizado, permitindo que a abertura da proteção somente ocorra quando houver cessado totalmente o movimento de risco (FIERGS, 2006).

2.4.3 Ferramenta Fechada

Conforme Silva (1995), outra alternativa complementar de proteção e prevenção são as ferramentas fechadas, pois existe uma deficiência comum entre as prensas mecânicas quanto ao comando inesperado de acionamento do motor, podendo gerar relevantes riscos de acidentes se ela encontrar em posição embreada na parada. Este tipo de proteção, conforme amostra a Figura 10, consiste num invólucro metálico e não possibilita qualquer outro acesso a não ser abrigar a peça a ser trabalhada. Estas ferramentas são empregadas em atividades de punção e recorte.



Figura 10 – Adaptação de proteção fixa em ferramentas
Fonte: FIERGS (2006, p.73).

2.4.4 Comando Bi-Manual

Conforme Silva e Passoni Junior (2006), os comandos bi-manuais devem ser ergonômicos e robustos para não serem afetados por vibrações durante a operação da máquina, além disso, devem possuir autoteste, sendo monitorados por CLP ou relé de segurança. Este dispositivo exige a utilização simultânea das duas mãos do operador para acionamento da prensa, garantindo assim que suas mãos não estarão na área de risco (zona de prensagem). Para que a prensa funcione, é necessário pressionar os dois botões simultaneamente. A interrupção de um dos comandos bi-manuais resultará em sua parada instantânea. Sua utilização é um recurso complementar, quando reduz ou elimina o uso de pedal. A Figura 11 apresenta uma ilustração do comando bi-manual com botão de emergência.

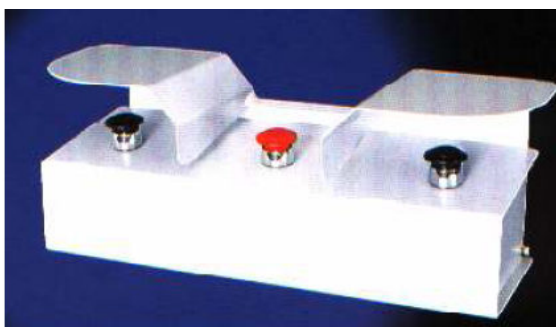


Figura 11 – Comando bi-manual com botão de emergência.
Fonte: Silva; Passoni Junior (2006, p.39).

2.4.4 Cortina de Luz

O sistema cortina de luz consiste de um transmissor, um receptor e um sistema de controle. O campo de atuação dos sensores é formado por múltiplos transmissores e receptores de fechos individuais. Para cada conjunto de transmissores e receptores ativados, caso o receptor não receba o feixe luminoso de infravermelho do transmissor, é gerado um sinal de falha (FIERGS, 2006).

Ainda segundo Silva e Passoni Junior (2006), as recomendações que cercam o dispositivo de cortina de luz visam evitar a possibilidade de acesso residual acima ou abaixo do feixe de luz, situação esta em que podem ocorrer

acidentes. Por esta razão, é recomendado que fosse prevenido o acesso a estas regiões através da cobertura destas. O feixe da cortina de luz se dá através de um par de cabeçotes ópticos, e estes cabeçotes são fixados um em cada extremidade da máquina de maneira a formar um feixe de luz visto na Figura 12. Este feixe de luz deve ficar localizado em frente da zona de prensagem.

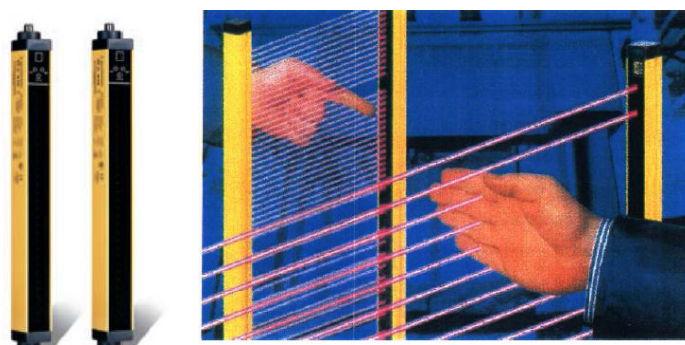


Figura 12 – Feixe da Cortina de Luz.
Fonte: Silva; Passoni Junior (2006, p.39).

2.5 SISTEMAS PNEUMÁTICOS

A implantação de sistemas pneumáticos nas máquinas convencionais exige pequenas modificações e disponibilidade de ar comprimido. Estes possuem custo significativamente menor em relação aos sistemas hidráulicos.

Como os sistemas pneumáticos envolvem sempre pressões menores que os sistemas hidráulicos, no caso de possíveis acidentes envolvendo pessoas e equipamentos, os danos são potencialmente menores.

2.5.1 Válvula Pneumática de Segurança

A confiabilidade da precisão de parada de movimento do martelo depende da válvula de segurança ser livre de pressão residual, evitando uma nova descida involuntária do martelo (repique), garantindo ainda em qualquer tempo a parada da descida do martelo através de uma rápida liberação do ar e o acoplamento do freio.

Na Figura 13, apresenta-se uma válvula pneumática de segurança de fluxo cruzado com silenciador.



Figura 13 – Válvula pneumática de segurança de fluxo cruzado com silenciador incorporado para PMEFE
Fonte: FIERGS (2006, p.30)

Os sistemas de alimentação de ar comprimido para circuitos pneumáticos de prensas e similares devem garantir a eficácia das válvulas de segurança, possuindo purgadores ou sistema de secagem do ar e sistema de lubrificação automática com óleo específico para este fim.

2.5.2 Conexões de Engate Rápido

As conexões de engate rápido para tubos flexíveis série QS, conforme mostrados na Figura 14, possuem algumas características como a economia de tempo na instalação com a conexão rápida do tubo, trabalham com ar comprimido ou vácuo, podem girar 360° sobre o seu conector roscado (orientável). Os conectores roscado são fabricados normalmente em latão niquelado de alta qualidade. Podemos encontrar esta conexão nas seguintes bitolas: R M5, G1/4", G3/8" e G1/2" (FESTO, 2013).



Figura 14 – Conexões de engate rápido QS 1/8" - 8 e 1/4" - 8
Fonte: Schionato (2007, p.15).

2.5.3. Cilindros Pneumáticos DNC

As séries de cilindros DNC conforme ilustrado na Figura 15, são disponíveis nos diâmetros de 32 a 125 mm e curso de até 2000 mm, com camisa de alumínio e haste de aço inoxidável e atendem à norma ISO 6431, sendo internacionalmente aprovado pelas indústrias automobilísticas e outros importantes segmentos de mercado. Esses cilindros podem trabalhar com ou sem lubrificação, são de fácil manutenção, permitem fácil intercâmbio entre as fixações sem precisar desmontar o cilindro e podem possuir características especiais para aplicações diferenciadas.



Figura 15 – Cilindro pneumático DNC
Fonte: Schionato (2007, p.15).

2.5.3 Unidade de Conservação

Conforme Schionato (2007), a segurança do funcionamento e a vida de uma instalação pneumática dependem consideravelmente da preparação do ar comprimido. As impurezas do ar comprimido podem causar grandes danos às instalações pneumáticas. A frequência de partida e parada do compressor origina oscilações na pressão que acabam influenciando negativamente no funcionamento. Para eliminar estas influências nocivas, devem ser empregadas em cada comando pneumático as unidades de conservação para o ar comprimido conforme ilustrado na Figura 16.

Os filtros de ar comprimido eliminam do ar as partículas sólidas e auxiliam na remoção da umidade. Uma linha completa de unidades de tratamento de ar vai de G1/8" até G1". Os vários elementos oferecem diferentes possibilidades de montagem e de sequencia, de acordo com a necessidade. Essas unidades possuem

algumas características como: disponíveis em 4 tamanhos e 10 dimensões, grande vazão e eficiência de retenção das partículas em suspensão, possuem dreno manual ou dreno automático integrado e possuem acessórios como manômetros com ou sem escala colorida. A unidade de conservação utilizada pode ser vista na figura abaixo (FESTO, 2013).

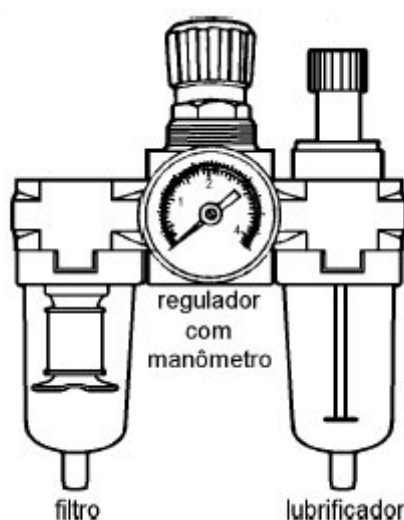


Figura 16 – Unidade de conservação
Fonte: Schionato (2007, p.15).

2.6 SISTEMAS ELÉTRICOS

2.6.1. Controlador Lógico Programável (CLP)

O controlador lógico programável – CLP, mostrado na Figura 17 é um sistema eletrônico industrial computadorizado destinado a controlar e verificar, de modo redundante, os sinais elétricos de comando de uma máquina, inibindo seu funcionamento no eventual aparecimento de falhas.

O *software* instalado deverá garantir sua eficácia, de forma a reduzir ao mínimo a possibilidade de erros provenientes de falha humana além de possuir sistema de verificação de conformidade, a fim de evitar o comprometimento de qualquer função relativa a segurança, bem como no permitir alteração do *software* básico pelo usuário.

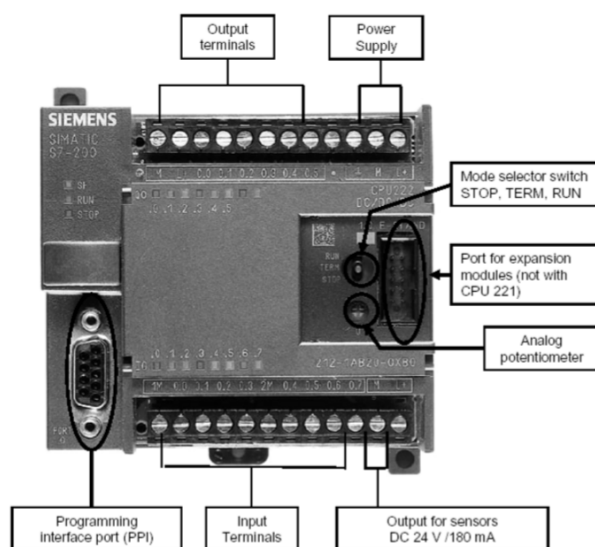


Figura 17 - Controlador Lógico Programável (CLP)
 Fonte: Schionato (2007, p. 9).

Conforme Pupo (2002), o CLP pode receber ou enviar informações para o processo através de sinais classificados como sinais digitais ou sinais analógicos. Os sinais de entradas digitais são aqueles que possuem a função de indicar qualquer ocorrência no processo através de sinais definidos como ligados ou desligados. As entradas podem receber tensões de diversos valores e características conforme a especificação de cada fabricante. O padrão mais comum é encontrado em sinais de 24 V em corrente contínua ou 127 V em corrente alternada.

Como exemplo de saídas digitais podem ser citados todos os elementos que são atuados pelo controlador programável, através de um contato ou elemento de estado sólido, como um tiristor que através do programa pode acionar um elemento do processo. Como estas saídas possuem limitações de corrente de operação, utilizam-se elementos como, por exemplo, uma chave magnética responsável pelo acionamento de um motor elétrico ou qualquer outra carga que consuma grande energia relé para o acionamento de cargas menores como bobinas eletromagnéticas de acionamento de válvulas pneumáticas ou hidráulicas, ou cargas de baixo consumo, como lâmpadas e sirenes ligadas diretamente a saída.

Os sinais analógicos de entrada do CLP são digitalizados, ou seja, convertidos em números binários, e se diferenciam também com respeito a sua

precisão. Isto pode ser indicado pelo número de *bits* composto pelo valor obtido. Portanto, devido à capacidade de trabalhar com qualquer tipo de sinal, pode-se dizer que um CLP é o elemento ideal para se controlar um sistema ou processo, seja ele analógico ou digital (PUPO, 2002).

2.6.1.1 Princípio de Funcionamento

Podemos apresentar a estrutura de um CLP dividida em três partes: entrada, processamento e saída, conforme mostrado na Figura 18



Figura 18 - Estrutura Básica de um CLP
Fonte: Schionato (2007, p. 11)

Os sinais de entrada e saída dos CLPs podem ser digitais ou analógicos. Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se adéquam as necessidades do sistema a ser controlado.

Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de *bits*, associados em conjunto de 8 *bits* (1 *byte*) ou conjunto de 16 *bits*, de acordo com o tipo da CPU.

As entradas analógicas são módulos conversores analógicos/digitais - A/D, que convertem um sinal de entrada em um valor digital, normalmente de 12 *bits* (4096 combinações). As saídas analógicas são módulos conversores digitais/analógicos - D/A, ou seja, um valor binário é transformado em um sinal analógico.

Segundo Schionato (2007), os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e a cada ciclo (varredura) todos esses sinais são lidos e transferidos para a unidade de memória interna denominada memória imagem de entrada. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do

ciclo de varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída. Este ciclo está representado na Figura 19.



Figura 19 - Ciclo de processamento dos CLPs
Fonte: Schionato (2007, p. 11).

2.6.2. Contadores de Golpes

Os contadores de golpes, conforme ilustrado na Figura 20, foram desenvolvidos para aplicações em serviços contínuos, sob as mais rígidas condições de trabalho em aplicações industriais, onde precisão, repetibilidade e confiabilidade são fundamentais.



Figura 20 - Contador de golpes
Fonte: Schionato (2007, p. 12).

Em caso de falta de energia, o aparelho armazena em sua memória, não só a contagem indicada no display, bem como os parâmetros programados.

2.6.3. Disjuntor-Motor Termomagnético

Os disjuntores motores GV2-ME14, conforme ilustrado na Figura 21, são dispositivos termomagnéticos tripolares adaptados ao comando e à proteção dos motores, conforme as normas ABNT NBR IEC 60947-2 e NBR IEC 60947-4-1. Estes disjuntores são previstos para conexão por parafusos. Esta técnica garante um aperto seguro e constante, resistente aos ambientes severos, vibrações e choques, sendo mais eficaz com condutores sem terminais. Cada conexão pode receber dois condutores independentes. O comando é manual e local quando o disjuntor-motor for utilizado sozinho, e é automático e a distância quando for associado a um contator.



Figura 21 - Disjuntor-motor termomagnético, modelo GV2ME14
Fonte: Schionato (2007, p. 13).

A proteção dos motores é garantida pelos dispositivos de proteção termomagnéticos, incorporados aos disjuntores motores. Os elementos magnéticos (proteção contra curtos-circuitos) têm um nível de desligamento não regulável. É igual à aproximadamente 13 vezes a corrente de regulação máxima dos disparos térmicos. Os elementos térmicos (proteção contra sobrecargas), são compensados contra as variações da temperatura ambiente. A proteção das pessoas é igualmente garantida, pois todas as peças energizadas são inacessíveis ao toque. Em caso de falta de energia, a adjunção de um disparador de mínima tensão permite o desligamento do disjuntor motor. O usuário é assim protegido contra uma partida

inesperada da máquina na reenergização, sendo indispensável pressionar o botão “I” para dar uma nova partida ao motor.

2.6.4. Botões, Seletoras e Sinaleiros

Na Figura 22, encontram-se alguns botões que foram utilizados no projeto, como por exemplo, os botões Telemecanique, que tem como função ligar e desligar o motor. As seletoras utilizadas servem para ajustar a prensa do modo manual para o modo automático. Também foi utilizado um sinaleiro para indicar que o motor da prensa está ligado ou desligado.



Figura - 22. Botões, seletoras e sinaleiros.
Fonte: Schionato (2007, p. 14).

3. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão referenciados os passos que se seguiu para a viabilização deste trabalho. Serão descritas as etapas envolvidas no processo de desenvolvimento do projeto, delimitadores, especificações e considerações.

3.1. RELAÇÃO DE COMPONENTES NECESSÁRIOS

O primeiro passo a ser tomado diante a missão de proteger o operador dos riscos iminentes de acidentes em uma prensa é determinar a relação dos componentes necessários obrigatórios. A relação dos componentes identificados esta indicada na Tabela 1. Estes foram determinados de forma direta, pois independem da solução adequação proposta na seção 3.2, pois são de uso obrigatório e previstos por normas de segurança para a prensa em estudo.

Tabela 1 – Relação de componentes exigidos para adequação

ITEM	Componente	QTD	UN
1	Cortina de Luz	01	UN
2	Comando Bimaua	02	UN
3	Proteção Fixa	01	UN
4	Chave de segurança	01	UN
5	CLP	01	UN
6	Chave seletora de posição	01	UN
7	Botão parada de emergência	01	UN

Fonte: Autoria própria

3.2. ADEQUAÇÃO PROPOSTA

A transformação de prensas e similares deve seguir critérios rigorosos e avaliar todos os elementos existentes na máquina, quanto sua vida útil e viabilidade técnica. Especialmente em prensas mecânicas excêntricas de acionamento por

engate por chaveta, onde a melhor solução tecnológica aceitável dentro dos critérios da NT 16/2005 e normas ABNT é a conversão para freio e embreagem.

Alem da instalação de todos os componentes já definidos e especificados anteriormente para a realização do *retrofitting*, identificou-se que o mecanismo engate por chaveta deve ser substituído por para freio/fricção.

A Figura 23 mostra a proposta para adequação do sistema de engate por fricção num extremo do volante, que consiste no usinado do eixo excêntrico com dois furos perpendiculares para a entrada do ar comprimido por médio da união rotativa. A saída do ar do eixo excêntrico é distribuído por meio de um disco que possui 8 furos passantes na sua periferia. Esse disco serve também como alojamento para os 8 suportes das pastilhas distribuídos equidistantemente. O acoplamento do eixo excêntrico ao volante da prensa ocorre quando o ar comprimido que sai do eixo, passa pelos 8 furos passantes do disco que contem os alojamentos para os suportes das pastilhas, entra no suporte das pastilhas fazendo que as 2 pastilhas alojadas em cada suporte se desacoplem fazendo contato por médio de fricção entre os disco externo e interno que estão fixos ao volante por médio de parafusos e porcas. O eixo excêntrico está fixado ao disco do alojamento das pastilhas por meio de uma chaveta.

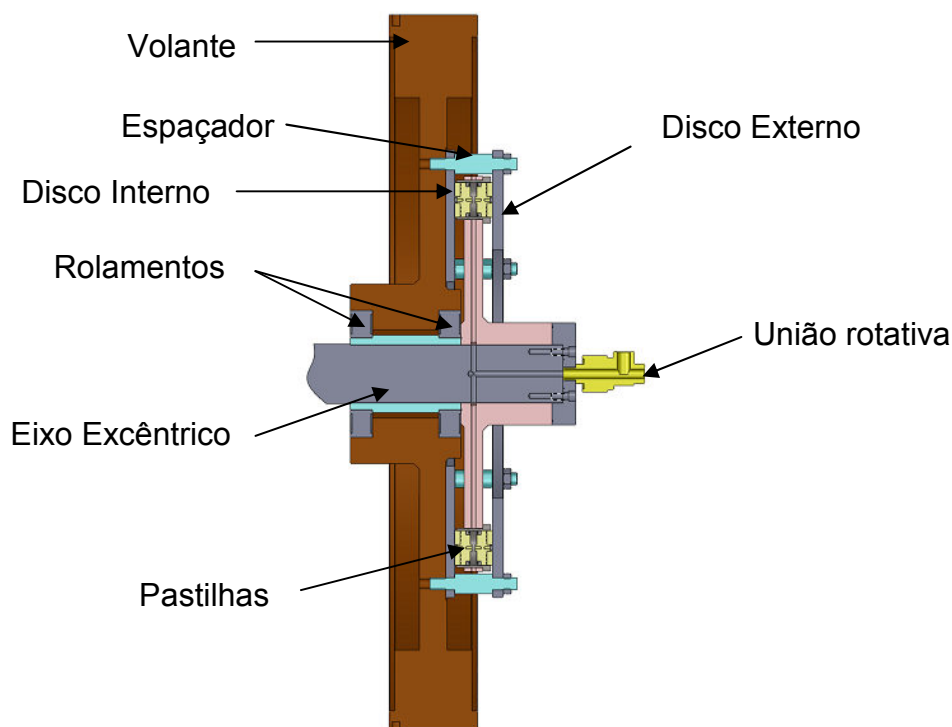


Figura 23 - Proposta de modificação no acionamento
Fonte: Autoria própria.

3.3. ALTERAÇÃO NO PROCESSO DE OPERAÇÃO DA PRENSA

A operação da prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta em estudo, ocorre por abastecimento com fardos de folhas flandres na mesa inferior de alimentação com ajuda de uma empilhadeira. Para o início do funcionamento da prensa, o operador deverá ligar o motor 1 (principal) e o motor 2 (sacador de retalho) pressionando o botão LIGAR (verde) no painel da prensa. A figura 24 mostra o diagrama elétrico de ligação dos motores 1 e 2.

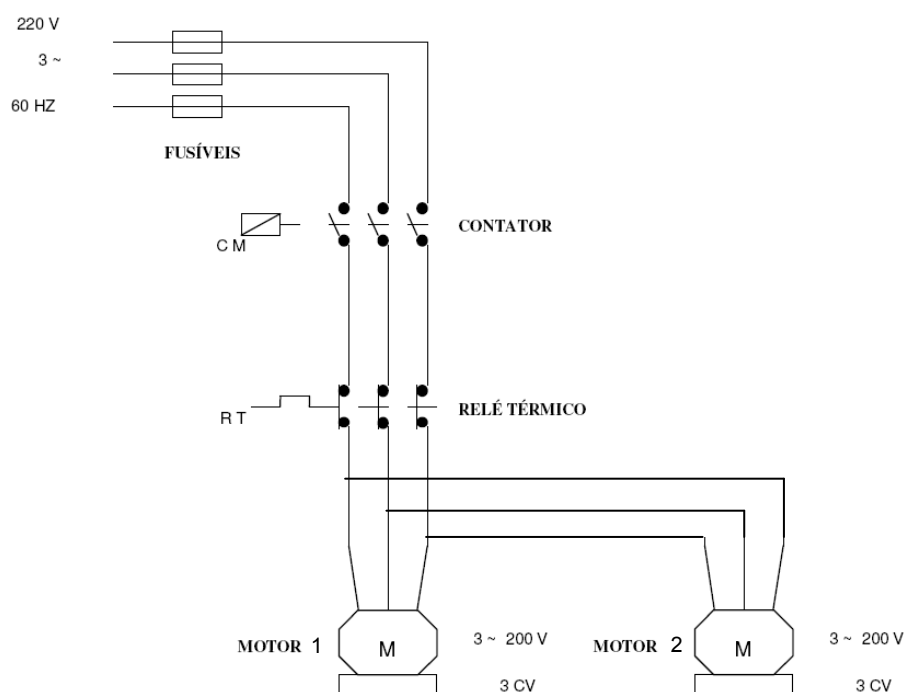


Figura 24 – Diagrama elétrico de ligação dos motores 1 e 2
Fonte: Autoria própria.

Pressionando as duas botoeiras (verdes) simultaneamente instaladas no comando bimanual, aciona a válvula (de segurança) solenoide principal, que por sua vez alimenta o sistema de fricção e o freio do eixo excêntrico dando início a o movimentando do martelo.

Após iniciar os “golpes” (subida e descida do martelo), através de um sistema automático mecânico, quatro hastes posicionadas na vertical com ventosas nas pontas alimentadas por vácuos descem e apanham a primeira folha da pilha

abastecida na mesa de alimentação. Estas hastes sobem levando uma folha e a alinhando com a mesa superior do alimentador. Uma quinta haste posicionada na horizontal arrasta a folha das ventosas para a mesa superior do alimentador

Na mesa superior foi instalado um sensor de dupla (S1) folha para prevenir a alimentação de múltiplas folhas. Isso ajuda a prevenir a quebra dos componentes internos da ferramenta de estampo.

Na zona de prensagem foi instalado um sensor óptico (S2) que detecta o momento que a ferramenta fecha e manda um sinal para o CLP iniciando um tempo que bloqueia o movimento do martelo caso esse tempo chegue ao fim. Um sensor indutivo fica no escorregador onde passa o produto prensado e detecta a passagem da peça mandando um sinal para o CLP para resetar o tempo inicia pelo sensor óptico.

Um sensor indutivo (S3) fica no final da mesa superior para detectar o retalho no momento que ela esta posicionada para o ultimo golpe e aciona o relé. Esse relé enquanto acionado da condição para um sensor indutivo que fica num came no eixo e detecta o momento que a ferramenta abre após o golpe, mandando um sinal para o CLP que aciona uma válvula solenoide 3/2 vias que levanta através de um cilindro um eixo girando através do motor 2 expulsando o retalho da mesa.

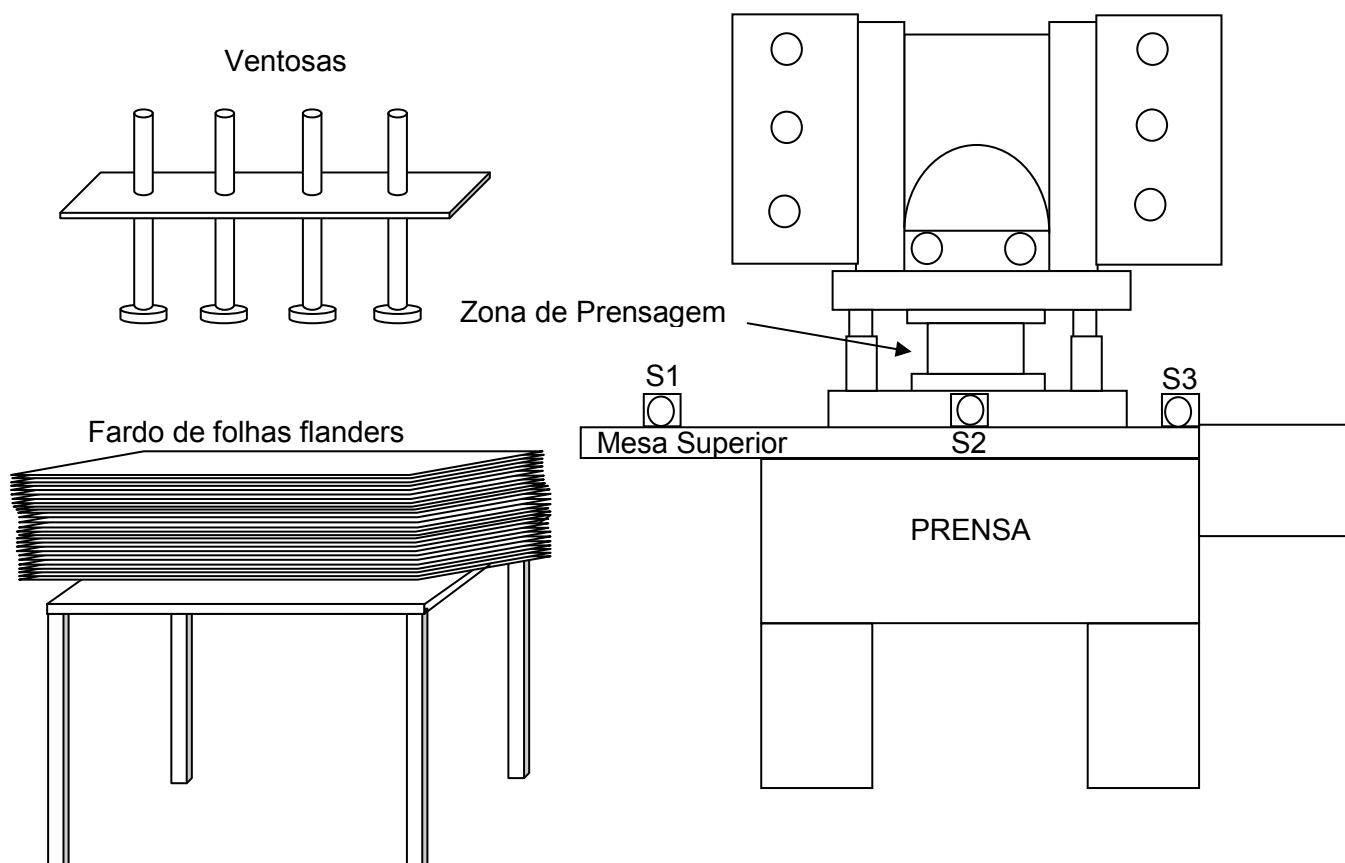


Figura 25 – Esquema do processo de operação da prensa
Fonte: Autoria própria.

Para parar a prensa, o operador pressiona uma botoeira vermelha instalada no comando bimanual, que corta um sinal que vai para o CLP e espera a um sinal vindo de outro sensor indutivo no came onde detecta o momento que a ferramenta esta aberta, e assim desligando a válvula solenoide que alimenta o sistema de fricção e fecha o freio do eixo parando a prensa.

Dois botões de parada de emergência, uma instalada no comando bimanual e outro no painel cortam um sinal que vai para o CLP parando o movimento do martelo no mesmo instante independente da posição da ferramenta e desligando os motores 1 e 2.

Quando o movimento do martelo para, por causa de um dos sistemas de segurança (dupla folha, dobra ou encavamento do retalho ou peça presa na ferramenta) acende um LED vermelho no painel indicando o bloqueio da prensa, só desbloqueia pressionando uma botoeira preta também instalada no painel.

A válvula que aciona o sistema de fricção se bloqueia automaticamente caso algum problema aconteça e para desbloquea-la tem que pressionar o botão de emergência e também o de desbloqueio da máquina.

4 O PROGRAMA DESENVOLVIDO




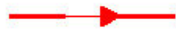


Neste capítulo será explanado sobre o desenvolvimento do programa da prensa.

4.1 LINGUAGEM LADDER

A linguagem *ladder*, diagrama *ladder* ou diagrama de escada é um auxílio gráfico para programação de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) no qual as funções lógicas são representadas através de contatos e bobinas, de modo análogo a um esquema elétrico com os contatos dos transdutores e atuadores. (SILVEIRA; SANTOS, 2002). Referenciar

A linguagem *ladder* está entre as cinco linguagens de programação de CLPs definidas pela Norma IEC 1131-3: FBD (*Function block diagram*), LD (*Ladder diagram*), ST (*Structured text*), IL (*Instruction list*) e SFC (*Sequential function chart*).

A linguagem *Ladder* permite que se desenvolvam lógicas combinacionais, seqüenciais e circuitos que envolvam ambas, utilizando como operadores para estas lógicas: entradas, saídas, estados auxiliares e registros numéricos. O Quadro 1 mostra os três principais símbolos de programação.

Tipo	Símbolo	Equipamento elétrico
Contato aberto		
Contato fechado		
Saída		

Quadro 1 - Principais símbolos de programação
Fonte: Adaptado do Schionato (2007, p. 18).

4.2 SOFTWARE STEP 7 MICRO/WIN

STEP7-Micro/WIN permite economizar tempo e dinheiro na programação. Este pacote de *software* pode ser tratado como um aplicativo padrão do Windows e

inclui todas as ferramentas necessárias para a programação conveniente do SIMATIC S7-200: da instrução SIMATIC alto desempenho definidos para IEC programação 1131-compliant e toda a forma de gráficos de tendência e assistentes.

Sua aparência e operação são idênticas às aplicações padrões do Windows, facilitando a interface com o usuário. Permite que você crie suas próprias bibliotecas, com partes de programas para serem reutilizadas, ou adicionar bibliotecas prontas, como a de protocolo USS.

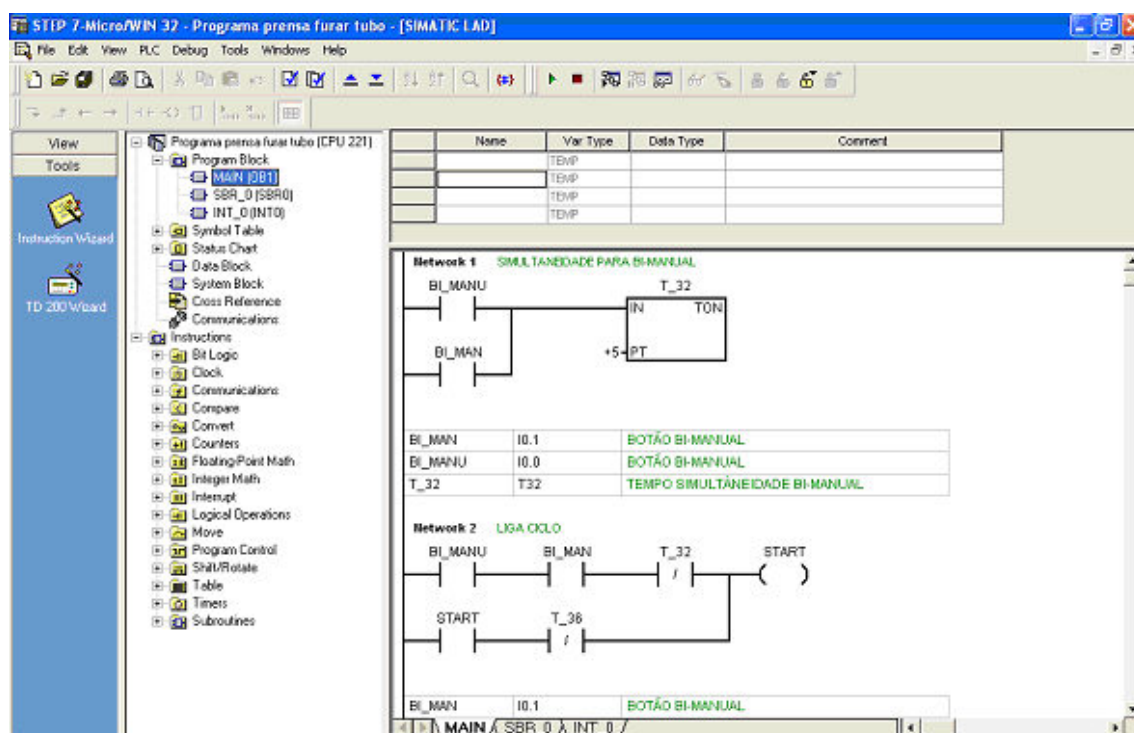


Figura 26 - Tela de programação do software STEP 7 Micro/WIN
Fonte: Schionato (2007, p. 19).

4.3 FERRAMENTA GRAFCET

O GRAFCET surgiu de uma reunião com pesquisadores e gerentes industriais envolvidos em sistemas de controle discreto que se reuniram na França em 1975 para comparar modelos e métodos utilizados na construção de sistemas de controle sequencial. o nome GRAFCET derivou-se de “*graph*” devido ao fundamento gráfico do modelo e AFCET (Association française pour la cybernétique économique et technique) – nome da associação que suportou todo o trabalho (GEORGINI, 2007).

A ferramenta baseia-se em conceitos simples e claros, demonstrados na Figura 26 e enumerados abaixo:

- A etapa;
- A ação associada à etapa;
- A transição;
- E a ação associada à transição.

A etapa é o estado parcial do sistema, no qual uma ação é realizada. Uma etapa pode estar ativa ou inativa, assim como mais de uma etapa pode estar ativa ao mesmo tempo (GEORGINI, 2007).

Uma ação associada à etapa só será executada quando tal etapa estiver ativa, sendo assim, nenhuma ação associada a uma etapa será executada quando essa etapa estiver inativa (GEORGINI, 2007).

A ação associada à transição pode ser definida como (GEORGINI, 2007):

A transição, que 'conecta' a etapa precedente (uma ou mais etapas) com a etapa seguinte (uma ou várias etapas), representa uma decisão para mudança de estado do sistema (a ação da etapa precedente é seguida pela ação da etapa seguinte). Para que uma transição seja efetuada são necessárias duas condições:

- Que a etapa (uma ou várias etapas) precedente à transição esteja ativa;
- Que a condição (*booleana*) associada à transição seja verdadeira.

Ao ser efetuada a transição, a etapa precedente (uma ou várias etapas) torna-se inativa e a etapa seguinte (uma ou várias etapas) torna-se ativa. Consequentemente, a ação associada à etapa precedente deixa de ser realizada, e a ação associada à etapa seguinte passa a ser realizada, e as ações associadas a elas não são mais executadas, serão executadas então as ações associadas às etapas seguintes.

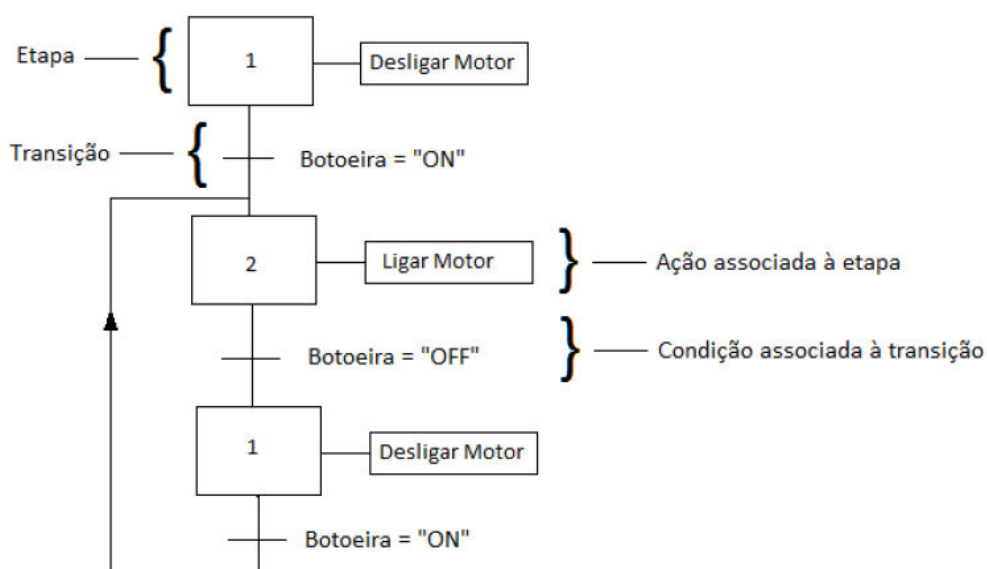


Figura 27 - Exemplo simples de GRAFCET
 Fonte: Adaptado de Georgini (2007, p.22)

O GRAFCET foi adotado em 1988 como norma internacional pela IEC, sob o nome sequencial *function chart* (diagrama funcional sequencial), de título *preparation of function charts for control systems* (preparação de diagramas funcionais para sistemas de controle). Atualmente, após atualizações, a referência, antes IEC 848, passou à IEC 60848 (GEORGINI, 2007, p.22).

4.4 ESPECIFICAÇÕES DO CLP

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado um CLP fabricado pela Siemens (Simatic S7-200). Esse CLP apresenta as seguintes características:

CPU	Memória Programa	Tensão de Alimentação	Entradas Digitais Integradas	Saídas Digitais Integradas	Tempo de Resposta
222	4/2 kB	24VCC	Estado ON: de 15 à 35 VCC	6xtransistor – 0,75 A	I0.0 à I0.3: 0,2ms
					I0.4 à I1.5: 1,2ms
			Estado OFF: de 0 à 5,0 VCC		I0.6 à I1.5: 3,0ms

Quadro 2 - Características do CLP
 Fonte: Adaptado de Schionato (2007, p. 19).

O emprego do CLP foi fundamental, pois este foi responsável por garantir o funcionamento de todos os dispositivos de segurança implantados na adequação proposta. O levantamento de todas as variáveis de entrada e saída deve ser elaborado necessariamente para proceder com a programação do CLP, para assegurar o funcionamento controlado da prensa mecânica excêntrica.

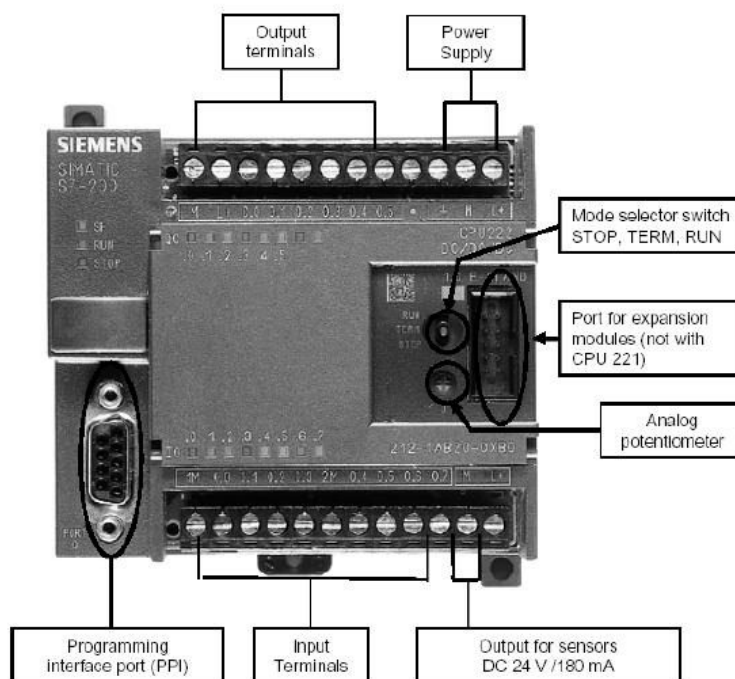


Figura 28 - CLP Siemens Simatic S7-200
 Fonte: Schionato (2007, p. 20)

4.5 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO DA PRENSA

A primeira etapa do método utilizado é a realização da programação do CLP em utilizando linguagem de GRAFCET. O Programa desenvolvido em linguagem de GRAFCET pode ser visto na Figura 29.

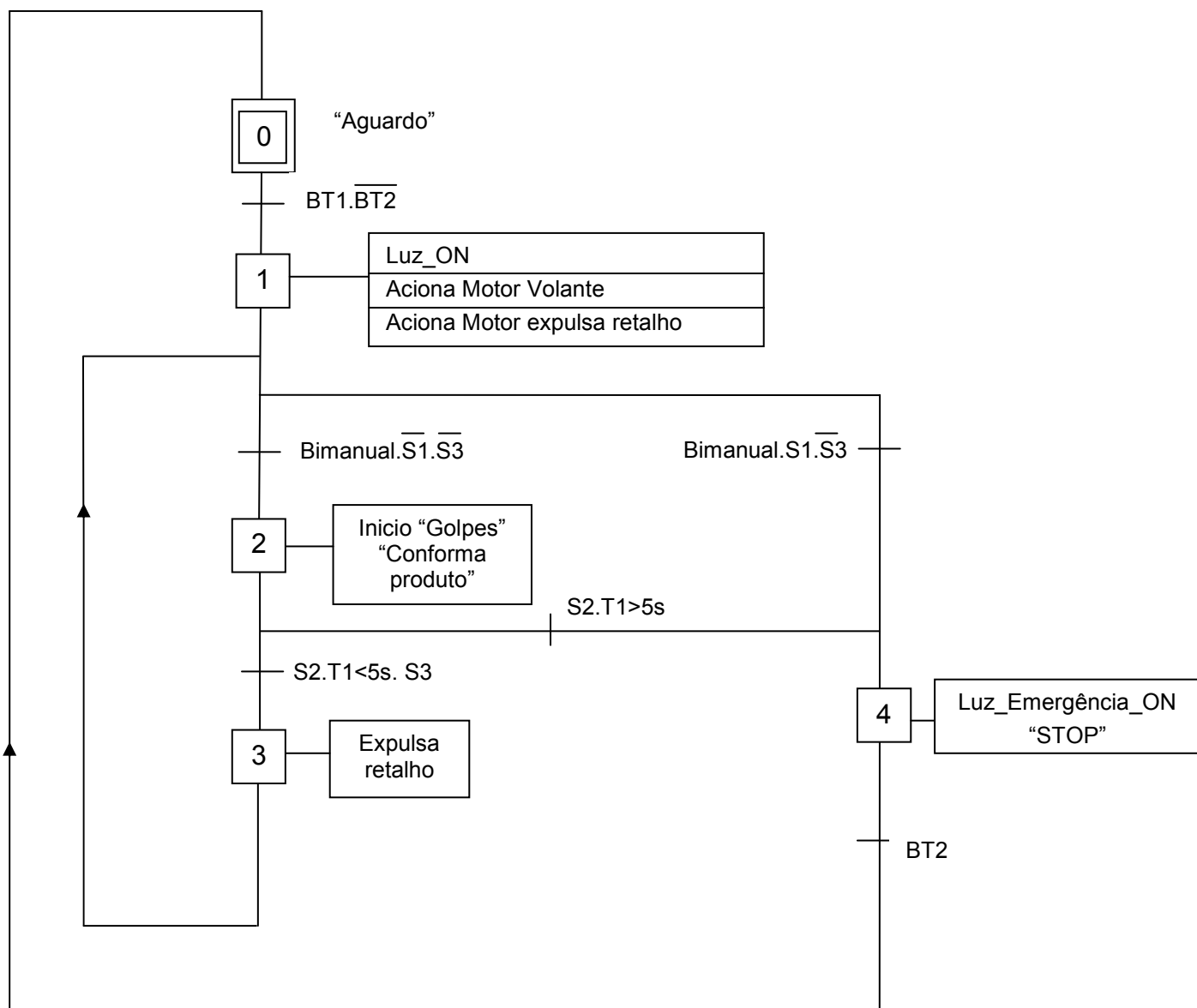


Figura 29 – GRAFCET do Projeto.
Fonte: Autoria própria.

No Quadro 3 identificam-se os nomes dos equipamentos de acordo com os endereços utilizados na programação do CLP

Nomenclatura	Endereço	Descrição
Etp_0	M0.0	Etapa 0
Etp_1	M0.1	Etapa 1
Etp_2	M0.2	Etapa 2
Etp_3	M0.3	Etapa 3
Etp_4	M0.4	Etapa 4
Etp_5	M0.5	Etapa 5
BT1	I0.0	Botão liga/desliga
BT2	I0.1	Botão emergência
BI_MAN	I0.2	Botão bimanual
S1	I0.3	Sensor dupla folha
S2	I0.4	Sensor óptico
S3	I0.5	Sensor expulsa retalho
T_32	T32	Tempo conformação produto
LUZ_ON	Q0.0	Luz prensa funcionando
LUZ_E	Q0.1	Luz de emergência
MOTOR_1	Q0.2	Motor volante
MOTOR_2	Q0.3	Motor expulsa retalho
VV_1	Q0.4	Válvula solenoide libera freio "inicio golpes"
VV_2	Q0.5	Válvula 3/2 expulsa retalho
BT3	I0.6	BT1 do bimanual
BT4	I0.7	BT2 do bimanual
T_33	T33	Tempo simultaneidade bimanual

Quadro 3 - Endereço dos equipamentos na programação do CLP
Fonte: Autoria Própria

A seguir são apresentadas todas as etapas da programação feitas para o CLP Siemens Simatic S7-200, conforme visto nas figuras 30 a 34 onde foi utilizada

para a programação a linguagem *Ladder*, que utiliza o *software* STEP 7 Micro/WIN para sua programação

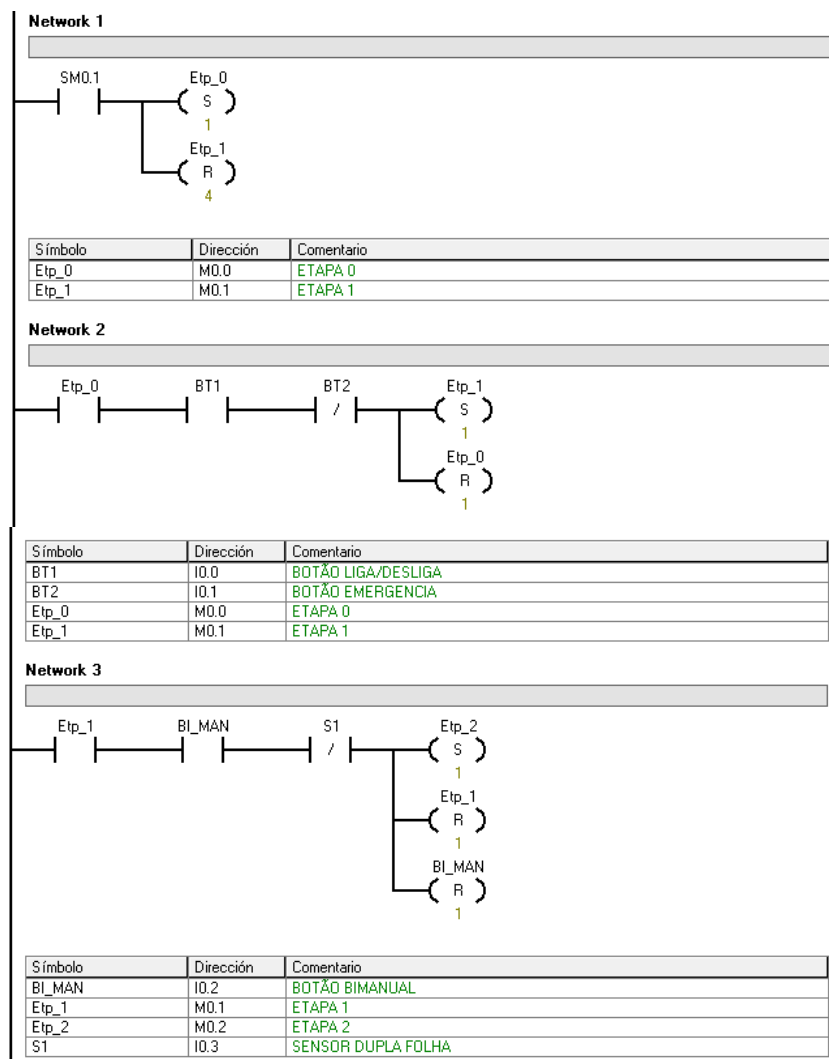


Figura 30 – Programação do CLP – Parte 1
Fonte: Autoria própria

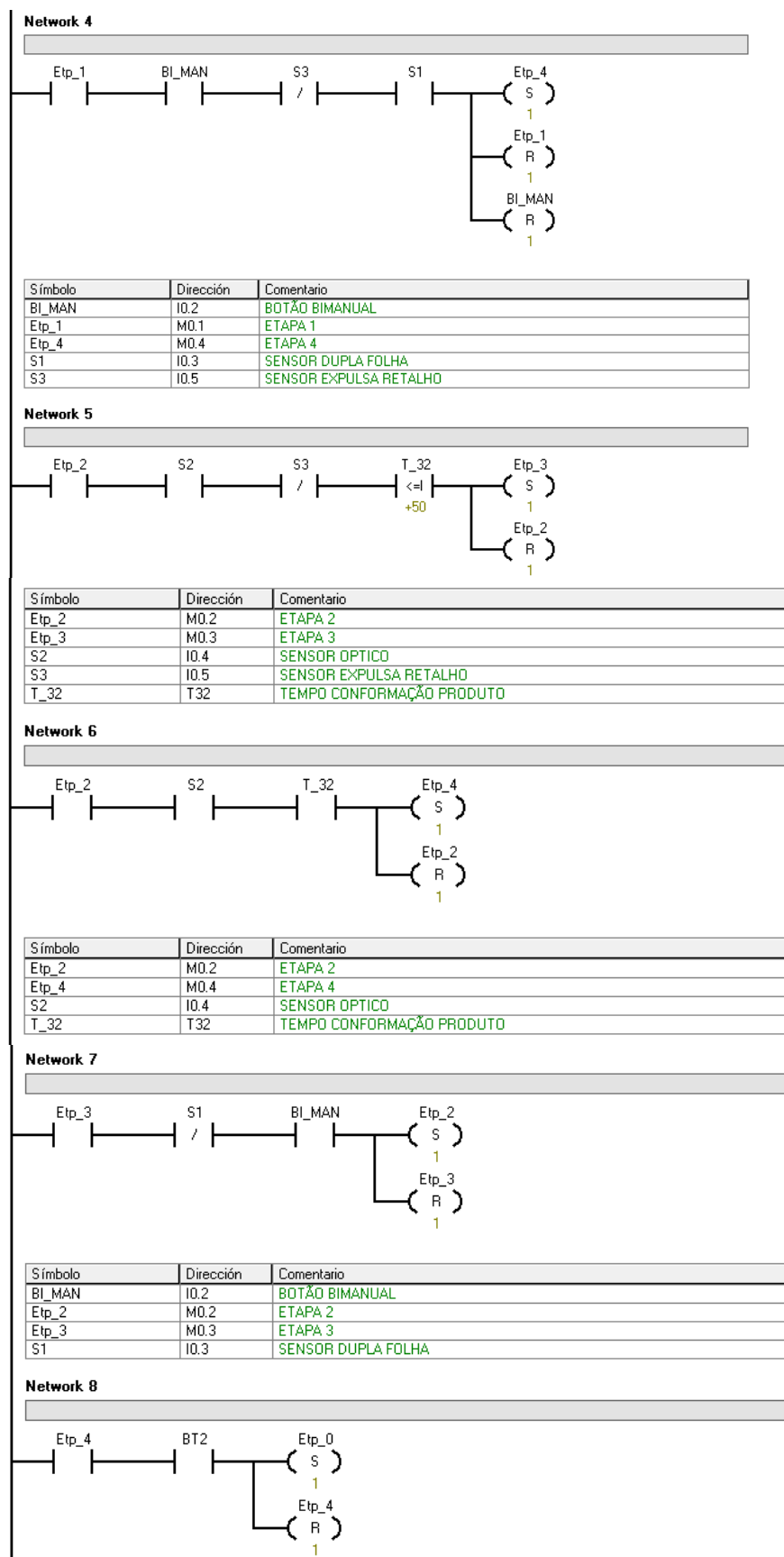


Figura 31 – Programação do CLP – Parte 2
 Fonte: Autoria própria

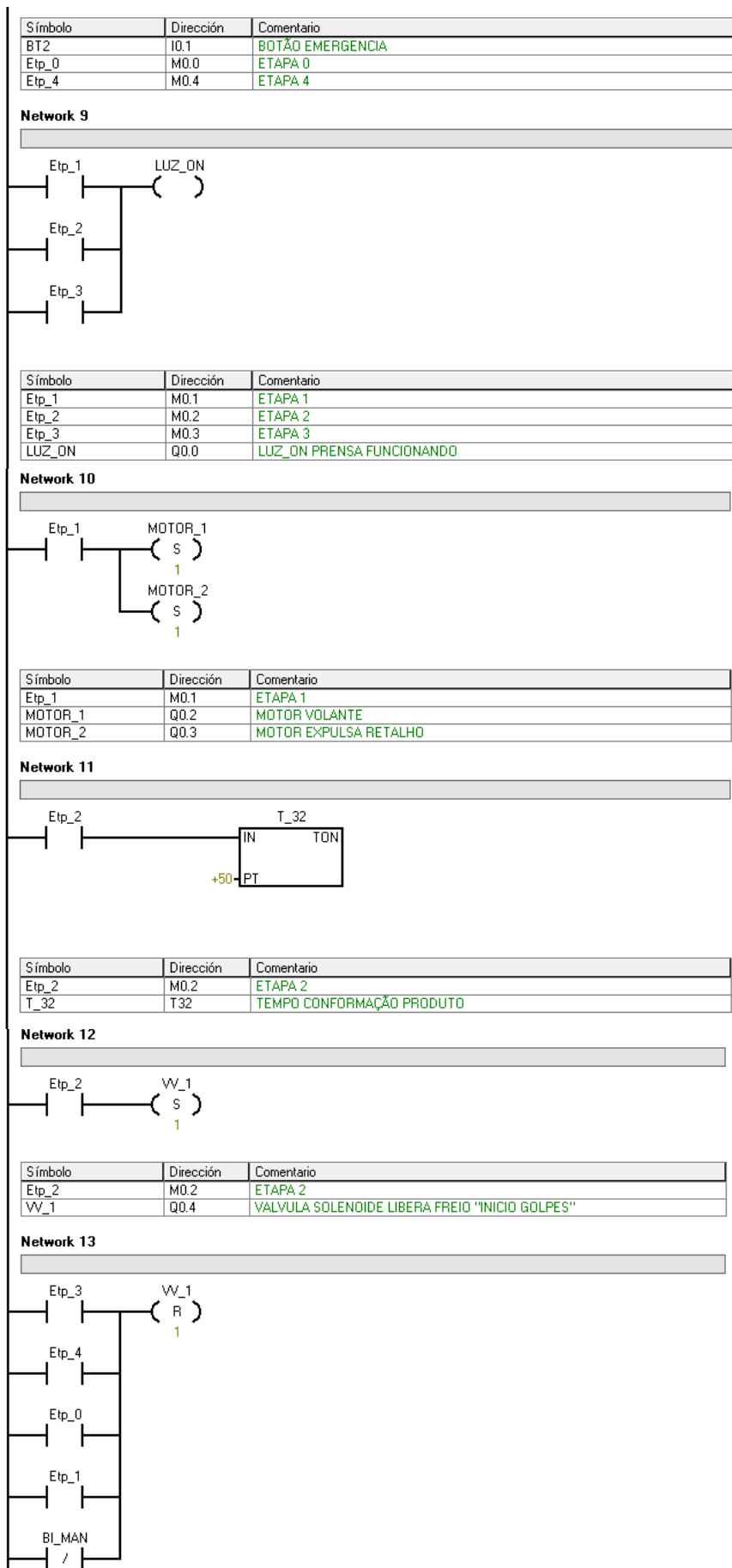


Figura 32 – Programação do CLP – Parte 3
Fonte: Autoria própria

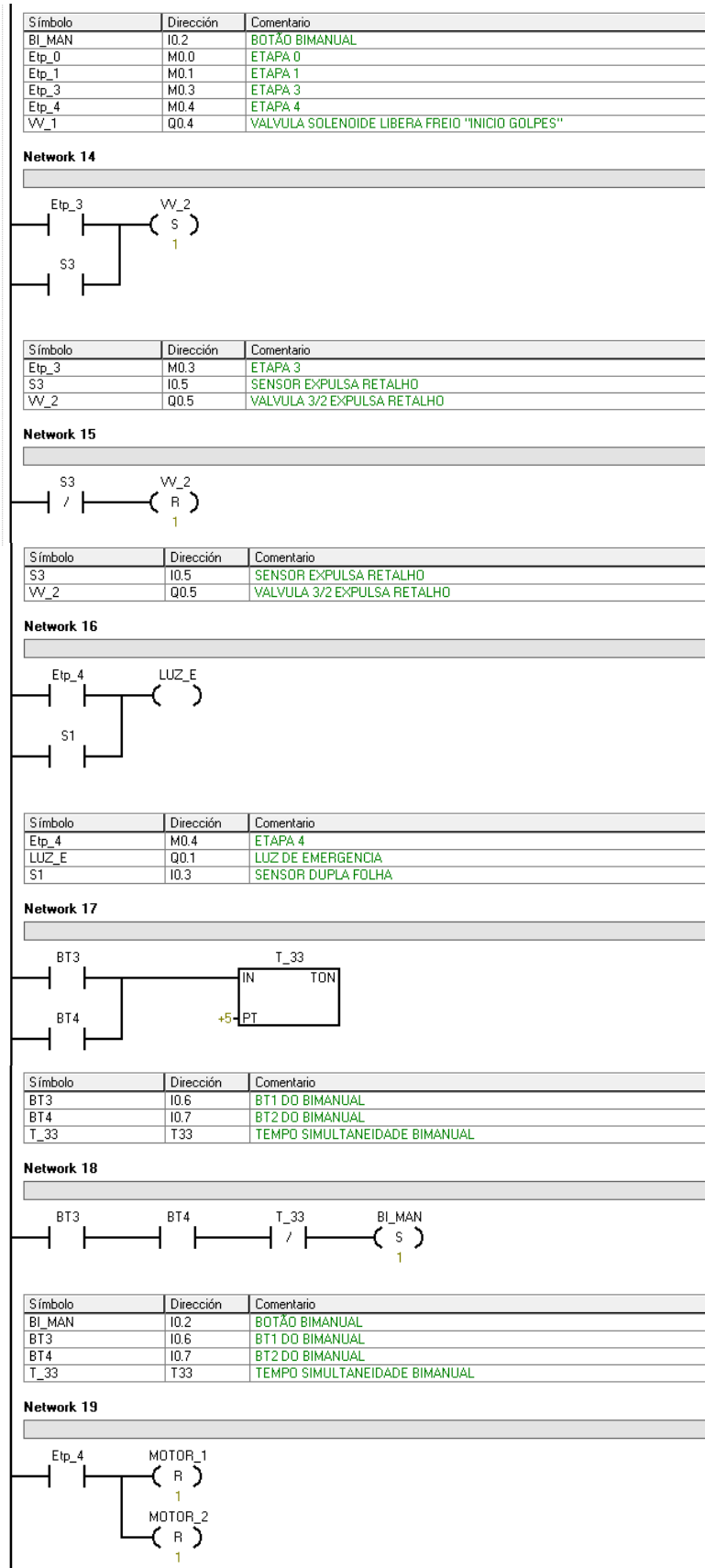


Figura 33 – Programação do CLP – Parte 4
Fonte: Autoria própria.

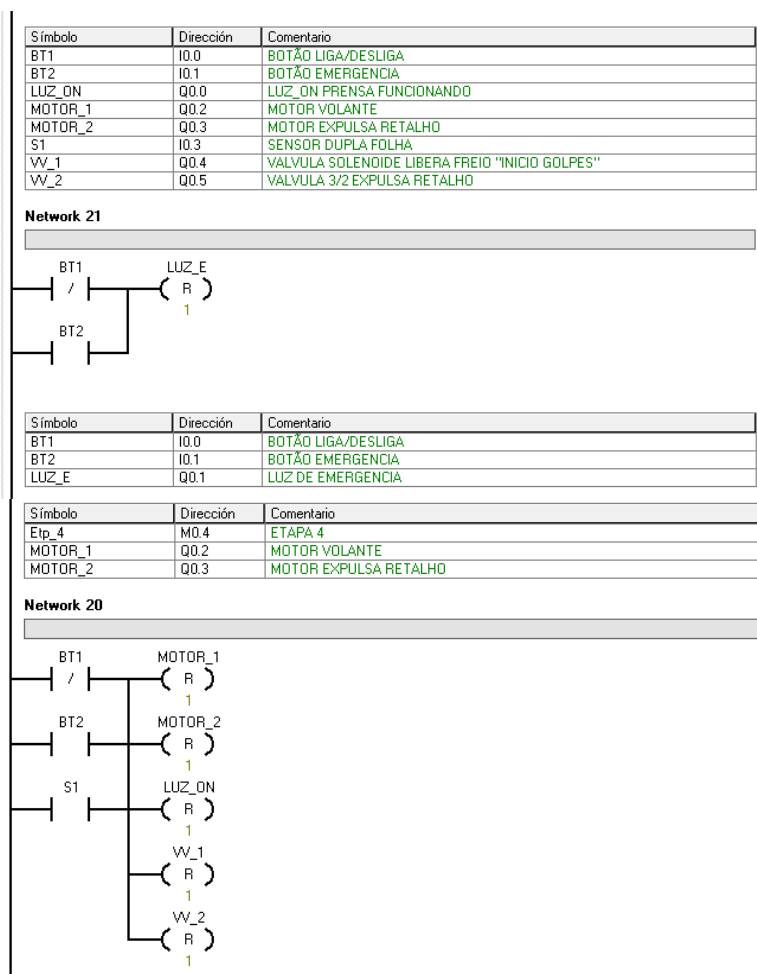


Figura 34 – Programação do CLP – Parte 5
 Fonte: Autoria própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi realizado o *retrofitting* de uma prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta (PMEEC). Com a prensa automatizada, os produtos apresentaram uma melhor qualidade em seu estágio final, pois os riscos de quebra do estampo ou a falha na conformação da peça foi diminuída drasticamente.

Uma grande vantagem foi a escolha de um Controlador Lógico Programável (CLP), que forneceu todos os recursos necessários para o correto desenvolvimento do trabalho, gerando assim uma automatização bastante eficiente e confiável.

Com esta automação os resultados finais obtidos foram satisfatórios, visto que além de trazer uma qualidade melhor ao produto final, também trouxe outros benefícios como: uma maior produtividade gerando maior lucro, redução dos produtos com erros, ganhando-se tempo para que o operador possa estar realizando outras atividades no mesmo posto de trabalho, dentre outros.

Também ficou comprovada a viabilidade técnica e econômica para o *retrofitting* de uma prensa mecânica excêntrica. Houve ganho de produtividade, atendimento às normas de segurança e comprovado que o custo do *retrofitting* está muito abaixo do valor do mercado da prensa, não justificando a seu sucateamento.

Recomendou-se também a elaboração do manual de operação da prensa, com os procedimentos do manuseio do sistema de segurança.

Como informação adicional, indica-se que sejam elaborados cronogramas de manutenções preventivas e preditivas dos equipamentos, incluindo nestes cronogramas também as verificações de funcionamento adequado dos dispositivos de segurança. Em se tratando de situações de riscos de acidentes, se devem utilizar todas as ferramentas disponíveis para evitar situações de manutenção corretivas, pois isto geralmente indica que ocorreu falha. E ocorrendo a falha, algumas vezes o dano à saúde do operador é irreversível, daí a importância de todos estarem engajados e serem eles próprios agentes de promoção da segurança no ambiente do trabalho.

REFERÊNCIAS

AIDA ENGINEERING LTD. AIDA PRESS HANDBOOK. 3rd edition, edited by Aida Engineering, Japan, 1992. 544 p.

ALVES BARBOSA, Daniel; SANTOS DAMASCENO, Márcio Daniel; PIMENTEL MOREIRA, André. **Simulação de um retrofitting em um torno convencional**. IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Belém, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT - NBR 13930**: Prensas mecânicas – Requisitos de Segurança. Rio de Janeiro, 2008.

DANIELS, H. R.. Mechanical Press Handbook. 4th edition, Boston: Herman Publishing, Inc., July 1979, 308 p.

FESTO. **Filtros**. Disponível em:
<http://www.festo.com/cms/pt-br_br/2473.htm>. Acesso em 04 Abr. 2013

FIERGS. Manual básico de segurança em prensas e similares. Porto alegre: Conselho de Relações de Trabalho e Providência Social, Grupo de Gestão do Ambiente do Trabalho, 2006. 134p

GEORGINI, Marcelo. **Automação aplicada - descrição e implementação de sistemas sequenciais PLCs**. São Paulo. Ed. Érica, 2007.

Manual de Frascati - Organização Para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Disponível em:
<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4029.html>>. Acesso em: 12 Abr. 2013,

MENDES, René. **Máquinas e Acidentes de Trabalho**. Coleção Providência Social, Brasília, v.13, p. 86, 2001.

MINISTERIO DE TRABALHO E EMPREGO. Nota Técnica N° 16/2005. Brasília. 2005

MINISTERIO DE TRABALHO E EMPREGO. Segurança e Saúde no Trabalho, BRA. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em 04 Abr. 2013

NBRNM 272:2002. Segurança de máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis. Rio de Janeiro, 2002.

Norma Brasileira ABNT NBR IEC 60947-4-1:2008. Dispositivo de manobra e controle de baixa tensão – Parte 4-1: Contatores e partidas de motores – Contatores e partidas de motores eletromecânicos.

Norma Brasileira ABNT NBR IEC 60947-2:1998. Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão – Parte 2: Disjuntor.

NORMA IEC 1131-3 - Padronização em Programação de Controle Industrial

Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego. NR12 - Maquinas e Equipamentos. 2010

PUPO, M. S. **Homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos**. Tese de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002

SIEMENS. **Soluções para gerenciamento do ciclo de vida**. Disponível em: <http://www.siemens.com.br/templates/coluna1.aspx?channel=3861>>. Acesso em 04 Abr. 2013

SCHIONATO, G. Z. **Automação de prensa excêntrica**. 2007. 44f. Trabalho de conclusão de curso de engenharia elétrica. Universidade de São Francisco. Campinas, 2007.

SILVA C. F., PASSONI JUNIOR J. C. **Adequação de prensas com mecanismo de acionamento excêntrico e normas de segurança vigentes**. 2006, 71p. Monografia – Curso de graduação em Engenharia mecânica, Centro Universitário Positivo. Curitiba, 2006.

SILVA L. F, **Acidentes de trabalho com máquinas: Estudo a partir do sistema de vigilância do Programa de Saude dos Trabalhadores da Zona Norte de São Paulo, em 1991**. Tese de Mestrado, FSP, USP- 1995

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DO PARANÁ. Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008.