

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTOS ACADÊMICOS DE ELETRÔNICA E MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

**AUTOMAÇÃO DE UMA PRENSA DE ESTAMPO
PARA PORTA CELULAR DE PAINEL AUTOMOTIVO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2018

JOÃO ERNESTO FERREIRA NETO
MARLON JOSÉ DE ALMEIDA

AUTOMAÇÃO DE UMA PRENSA DE ESTAMPO PARA PORTA CELULAR DE PAINEL AUTOMOTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica – DAELN e de Mecânica – DAMEC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Ubiradir Mendes Pinto.

CURITIBA
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO ERNESTO FERREIRA NETO
MARLON JOSÉ DE ALMEIDA

AUTOMAÇÃO DE UMA PRENSA DE ESTAMPO PARA PORTA CELULAR DE PAINEL AUTOMOTIVO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 30 de Novembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. M. Sc. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Sergio Luiz Bazan de Paula
UTFPR

Prof. MSc. Márcio Augusto Lombardi
UTFPR

Prof. Ubiradir Mendes Pinto
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

ALMEIDA, Marlon José de; NETO João Ernesto Ferreira. **Automação de uma prensa para porta celular de painel automotivo**. 2018. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2018.

O mercado global está muito exigente e competitivo, principalmente em relação à qualidade. Para o fornecimento de um bom produto, as grandes empresas buscam ter processos capazes de garantir as necessidades de seus clientes, melhor controle da produção e segurança na operação dos sistemas. Para isto cada vez mais os processos estão sendo automatizados. O presente trabalho trata-se da automação de uma prensa hidráulica que realiza um recorte no painel de um determinado automóvel para a fixação de um porta celular. Os sistemas elétricos, de controle, de segurança e automação serão o foco de estudo deste trabalho. Os sistemas mecânicos de acionamento (hidráulico e pneumático) e estruturais foram desenvolvidos pelo cliente e serão abordados superficialmente. Como requisitos principais, foi solicitado que tivesse um sistema de controle robusto, de fácil operação e seguro na operação. Para atendimento destes requisitos, foi escolhido para controlar todo o sistema um PLC (Controlador Lógico Programável) Siemens S7-1200 CPU 1212. Para a operação, foi escolhida uma IHM (Interface Homem Máquina) também Siemens. Para o sistema de segurança, sensores associados RFID ("Radio-Frequency IDentification") e barreira com feixe de luz de modo a atender a norma NR12.

Palavras-Chave: Bancada de estampo. Automação. Painel automotivo. Porta celular.

ABSTRACT

ALMEIDA, Marlon José de; NETO João Ernesto Ferreira. **Automation of a stamping press for automobile panel door.** 2018. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2018.

The global market is very demanding and competitive, especially in relation to quality. For the supply of a good product, the big companies seek to have processes capable of guaranteeing the needs of their customers, better control of the production and safety in the operation of the systems. For this increasingly processes are being automated. The present work deals with the automation of a hydraulic press that makes a cut in the panel of a certain automobile for the fixation of a cellular door. The electrical, control, safety and automation systems will be the study focus of this work. The mechanical drive systems (hydraulic and pneumatic) and structural were developed by the client and will be approached superficially. As main requirements, it was requested to have a robust control system, easy operation and safe operation. To meet these requirements, a Siemens S7-1200 CPU 1212 PLC (Programmable Logic Controller) was chosen to control the entire system. A Siemens Machine Interface (MMI) was chosen for operation. For the security system, sensors with RFID (Radio-Frequency IDentification) and light beam barrier to comply with the NR12 standard.

Keywords: Stamped bench. Automation. Automotive panel. Cell phone port.

Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de GRAFCET	16
Figura 2 - Exemplo de linguagem LADDER	17
Figura 3 - IHM	21
Figura 4 - Exemplo de chave RFID.	23
Figura 5 - Exemplos de botões, chaves, sinalizadores e comutadores.	25
Figura 6 - Estrutura da prensa (vista lateral direita)	30
Figura 7 - Estrutura da prensa (vista lateral esquerda)	31
Figura 8 - Estrutura da prensa (vista posterior)	31
Figura 9 - Fluxograma do ciclo automático.....	33
Figura 10 - Entradas digitais.....	36
Figura 11 - Saídas digitais.....	37
Figura 12 - Tela da IHM mostrando a topologia de rede da planta.	37
Figura 13 - GRAFCET	38
Figura 14 - Ilustração do funcionamento barreira de luz.	39
Figura 15 - Chave RFID instalada.	39
Figura 16 - Sensor head switch atuado.....	40
Figura 17 - Posicionamento sensor óptico.	40
Figura 18 - Projeto das entradas e saídas do CLP.....	41
Figura 19 - Projeto das entradas e saídas do módulo de expansão.	42
Figura 20 - Projeto mecânico do quadro de comando.....	43
Figura 21 - Placa de montagem do painel de comando.	44
Figura 22 - Vista interna do painel da IHM.	44
Figura 23 - Bancada de Estampo.....	45
Figura 24 - Painel estampado.	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 PROBLEMA.....	8
1.2 JUSTIFICATIVA.....	8
1.3 OBJETIVOS.....	9
1.3.1 Objetivo Geral.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 SISTEMAS DE PRENSA.....	11
2.1.1 Definição de Prensa.....	11
2.1.2 Prensas Hidráulicas	11
2.2 CONCEITOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.....	12
2.2.1 NR12.....	13
2.3 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO	15
2.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	15
2.4.1 GRAFCET	16
2.4.2 Linguagem LADDER.....	17
2.5 MATERIAIS ELÉTRICOS.....	17
2.5.1 CLP	18
2.5.2 Interface Homem-Máquina - IHM.....	20
2.5.3 Sensores.....	21
2.5.4 Chaves de intertravamento sem contato RFID	22
2.5.5 Disjuntores	23
2.5.6 Botões de comando, sinalizadores e chaves comutadoras	24
2.5.7 Barreira de Luz de Segurança	25
2.5.8 Relés de Segurança	26
2.5.9 Contatores	26
2.6 SISTEMAS PNEUMÁTICOS.....	26
2.6.1 Geração de ar comprimido: Compressores	27
2.6.2 Válvulas Pneumáticas.....	27
2.6.3 Cilindros Pneumáticos	28
2.7 SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	28
2.7.1 Geração de pressão: bombas hidráulicas.....	28
2.7.2 Válvulas Hidráulicas.....	29
2.7.3 Cilindros Hidráulicos	29
3 DESENVOLVIMENTO	30
3.1 ESTRUTURA DA BANCADA.....	30
3.2 FUNCIONAMENTO	32
3.3 AUTOMAÇÃO DA BANCADA.....	33
3.3.1 CLP Siemens S7-1200	34
3.3.2 Lista de I/O.....	34
3.3.3 IHM Utilizada.....	36
3.3.4 GRAFCET do Processo	37
3.3.5 Sensores e Barreira de Luz utilizados.	38
3.4 PROJETO ELÉTRICO	41
3.4.1 Projeto	41
3.4.2 Instalação dos dispositivos	43
4 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Toda indústria almeja cada vez mais por velocidade na produção, controle dos processos, redução de custos, qualidade e segurança. Essa modificação na visão industrial teve início com a Revolução Industrial no século XVIII (ARAÚJO, 2006).

Em 1769, Richard Arkwright, um inventor inglês considerado um dos precursores das técnicas de produção em série, acelerou o processo de industrialização utilizando a força da água corrente para movimentação de uma máquina de tecer. Com uma máquina movida por uma correia acionada por uma roda hidráulica, estava criado o tear mecânico (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

Algumas décadas depois Henry Ford mudou o mundo com a produção em série nos Estados Unidos. Desde então as demandas industriais aumentam a cada ano. Paralelamente a estas demandas, os fabricantes para equipamentos que vão aparelhar estas indústrias também aumentam suas demandas. Atualmente, encontramos diversas máquinas, equipamentos, dispositivos, hardwares e softwares em geral disponíveis no mercado para atender às diversas necessidades. Isso demonstra que a automação industrial vem aumentando a cada dia.

A oportunidade para a realização do trabalho surgiu da necessidade em melhorar o processo de estampo de porta-celular de painel automotivo, substituindo um sistema antes executado manualmente em uma máquina por um processo automatizado. Dentre outros processos para a fabricação dos painéis automotivos, um deles é a estampagem, utilizado aqui para fazer a abertura de um porta-celular no painel de um determinado automóvel.

Tendo essa necessidade de melhoria, foi cogitada a aquisição de uma nova máquina para realizar este processo. Após pesquisa, o cliente concluiu que seria mais viável a contratação de mão de obra especializada para o desenvolvimento e construção de uma máquina específica e exclusiva.

Por meio da automação do processo de estampo, era pretendido um aumento na velocidade de produção, garantia de segurança aos operadores e uma melhora na qualidade dos produtos, tornando o sistema como um todo mais eficiente.

1.1 PROBLEMA

No sistema anterior o operador precisava segurar o painel do automóvel enquanto a prensa era acionada. Do risco ao qual o operador era exposto é que surgiu a necessidade de tornar este processo mais seguro. A estampagem deveria acontecer sem que o operador precisasse manter a peça posicionada enquanto era executado o estampo.

Como a estrutura mecânica, os cilindros hidráulicos e pneumáticos e a ferramenta de estampo foram definidos pelo próprio cliente, o desafio era projetar e executar a automação deste sistema.

A automação da prensa foi desenvolvida pensando na funcionalidade e segurança do processo, de forma a facilitar o acesso do operador e o atendimento às normas de segurança da legislação brasileira em vigor.

Para que estas questões fossem resolvidas e para o desenvolvimento da programação, do projeto elétrico e de controle, foi feito um levantamento em campo para utilizar os equipamentos que atendessem as necessidades, e ainda garantissem que a integração dos sistemas acontecesse com o melhor custo benefício.

1.2 JUSTIFICATIVA

O motivo crucial para a busca do cliente em automatizar o processo foi a necessidade de melhoria. Dentre outros motivos estão:

- Segurança no processo: até então a prensa antiga não tinha um sistema que garantisse segurança aos operadores e mantenedores, nem atendimento às normas de segurança.
- Aumento de produtividade e rastreabilidade: com a máquina antiga não era possível ter um histórico de produção, nem rastrear dos produtos. Isto será possível com o novo sistema, através do envio de dados coletados por um leitor de código de barras ao departamento de controle de produção.

- Manual de operação: descrição composta pelas ações e cuidados que o operador deve ter ao realizar os procedimentos da máquina, o que auxilia no treinamento de novos funcionários e pode prevenir riscos à saúde do operador.

"A documentação dos programas é um aspecto sumamente importante, tanto no desenvolvimento da aplicação como na manutenção da mesma. Muita gente não faz esta parte do desenvolvimento e não se dá conta de que perde a possibilidade da reutilização de parte do programa em outras aplicações, sem necessidade de conhecer o código no dedo." (LANGA, 2007).

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos deste projeto foram separados em objetivo geral e objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Automatizar uma prensa de estampo para porta-celular de painel automotivo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Tornar o equipamento adequado ao uso e de acordo com as normas de segurança vigentes;
- Identificar as melhorias no processo através da automação da prensa;
- Escolher o controlador programável e sistema de segurança que será utilizado;
- Desenvolver o programa de controle;
- Implementar a automação desenvolvida;

- Otimizar o processo, garantindo a repetibilidade das operações;
- Criar um registro documental do desenvolvimento da automação.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho foi desenvolvido em cinco etapas:

Na primeira foi feita a visita ao cliente para conhecer as necessidades do equipamento a ser desenvolvido. Definidas todas as variáveis e necessidades do sistema, foram mapeadas as entradas e as saídas necessárias para o funcionamento da prensa.

Assim na segunda etapa pôde ser realizada a escolha do Controlador Lógico Programável. Concomitantemente foi feita a definição dos sistemas de segurança e do layout do projeto de automação, para a aquisição dos materiais.

Na terceira etapa foram elaborados o GRAFCET (Gráfico Funcional de Comandos Etapa-Transição) e a programação, em linguagem LADDER, paralelamente com a documentação e desenvolvimento do projeto elétrico.

Na quarta etapa, foi feita a montagem dos painéis e instalação de todos os dispositivos de segurança na estrutura da bancada.

A quinta etapa foi de preparar a documentação do equipamento desenvolvido e elaborar o manual de operação.

A base teórica usada na documentação e desenvolvimento do projeto foi coletada por meio de pesquisas na literatura disponível e leitura de normas de segurança aplicadas a prensas hidráulicas NR12: 2010.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentadas as fundamentações teóricas e conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho.

2.1 SISTEMAS DE PRENSA

2.1.1 Definição de Prensa

Prensas, segundo Rossi (1979, p.186) são máquinas utilizadas para a manipulação física do material, causando uma conformação mecânica no mesmo. Elas são divididas em máquinas de movimento retilíneo e máquinas de movimento giratório contínuo. No grupo de máquinas de movimento retilíneo, existem as prensas hidráulicas.

2.1.2 Prensas Hidráulicas

A prensa hidráulica é uma máquina mecânica utilizada para a elevação ou para comprimir itens grandes. A força é gerada através da utilização de sistemas hidráulicos para aumentar a potência a um padrão de nível mecânico. Este tipo de máquina é tipicamente encontrado em um ambiente de fabricação (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2018).

Inventado em 1795 por Joseph Bramah, a prensa hidráulica é também conhecida como a prensa Bramah. Ele usou seu conhecimento da mecânica dos fluídos e de movimento para desenvolver este dispositivo. Esta invenção aumentou significativamente o poder de compactação disponível, ampliando os grupos de produtos e opções disponíveis para outros inventores. Ao aplicar a hidráulica para uma prensa, uma classe inteira de máquinas foi inventada. Existe uma vasta gama

de diferentes máquinas de prensa hidráulica, que variam a partir de pequenas unidades de mesa para amadores até máquinas enormes usadas para criar peças de metal (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2018).

2.2 CONCEITOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

De acordo com a NBR ISO 12100 (2013), uma máquina é segura se existe a probabilidade desta continuar em operação, ser ajustada, sofrer manutenção, ser desmontada sob condições normais de utilização previstas, sem causar acidentes ou prejuízo à saúde humana.

Os sistemas de segurança são constituídos por um conjunto de proteções e dispositivos de segurança interligados, cuja função principal é evitar agravos à saúde e integridade física dos trabalhadores na interação com máquinas e equipamentos (ABIMAQ, 2012).

Segundo ABIMAQ (2012) esses sistemas devem ser concebidos para que a construção, o transporte, a montagem, a instalação, o ajuste, a operação, a limpeza, a manutenção, a inspeção, a desativação e o desmonte sejam realizados de modo seguro para as pessoas envolvidas.

Os projetistas devem utilizar todos os recursos técnicos buscando a segurança intrínseca da máquina, de modo a reduzir os fenômenos perigosos ou limitar a exposição de pessoas a esses fenômenos, considerando todos os riscos envolvidos, inclusive os ergonômicos. Entretanto, sabe-se que nas prensas e similares, apesar dos avanços tecnológicos, nem sempre é possível eliminar os perigos no projeto. Nesse caso devem ser adotados sistemas de segurança para complementação da condição segura (ABIMAQ, 2012).

Os sistemas de segurança de acordo com ABIMAQ (2012) são extremamente importantes para a operação com máquinas, portanto devem ser projetados e mantidos sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado, considerando as características técnicas das máquinas e dos processos, de modo a atingir o nível necessário de segurança, de acordo com as normas técnicas vigentes.

Os sistemas de segurança nas zonas de perigo das prensas e similares são compostos pela combinação de proteções fixas, proteções móveis intertravadas e dispositivos de segurança interligados (ABIMAQ, 2012).

2.2.1 NR12

A Norma Regulamentadora 12 do Ministério do Trabalho estabelece requisitos mínimos para o trabalho seguro em máquinas e equipamentos, abrangendo desde o projeto até o descarte das máquinas e as interações com os operadores durante a sua utilização.

Segundo a ABIMAQ (2012) são objetivos da NR12:

- Segurança do trabalhador.
- Melhorias das condições de trabalho em prensas e similares, injetoras, máquinas e equipamentos de uso geral, e demais anexos.
- Máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros.
- Conceito de falha segura.
- Máquinas e equipamentos à prova de burla.

A Norma Regulamentadora NR12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho (ABIMAC, 2012).

A Norma Regulamentadora NR12 está dividida nos seguintes capítulos:

- Capítulos 12.1 ao 12.5 – Princípios Gerais.
- Capítulos 12.6 ao 12.13 – Arranjos Físicos e Instalações.
- Capítulos 12.14 ao 12.23 - Instalações e Dispositivos Elétricos.
- Capítulos 12.24 ao 12.37 - Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada.
- Capítulos 12.38 ao 12.55.1 - Sistemas de Segurança.
- Capítulos 12.56 ao 12.63.1 - Dispositivos de Parada de Emergência.
- Capítulos 12.64 ao 12.76.1 - Meios de Acesso Permanentes.
- Capítulos 12.77 ao 12.84.1 – Componentes Pressurizados.
- Capítulos 12.85 ao 12.93.1 – Transportadores de Materiais.

- Capítulos 12.94 ao 12.105 – Aspectos Ergonômicos.
- Capítulos 12.106 ao 12.110 - Riscos Adicionais.
- Capítulos 12.111 ao 12.115 - Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos.
- Capítulos 12.116 ao 12.124.1- Sinalização.
- Capítulos 12.125 ao 12.129 – Manuais.
- Capítulos 12.130 ao 12.132.1- Procedimentos de Trabalho e Segurança.
- Capítulos 12.133 ao 12.134 - Projeto, Fabricação, Importação, Venda, Locação, Leilão, Cessão a qualquer Título, Exposição e Utilização.
- Capítulos 12.135 ao 12.147.2 – Capacitação.
- Capítulos 12.148 ao 12.152 - Outros Requisitos Específicos de Segurança.
- Capítulos 12.153 ao 12.155 - Dispositivos Finais.

Segundo os capítulos 12.27, 12.42, 12.43 e 12.47, os seguintes mecanismos de segurança poderão existir nas máquinas e equipamentos:

- Comando bimanual: o acionamento da máquina é realizado com ambas as mãos;
- Feixes de luz (dispositivos de células fotoelétricas): se a mão ultrapassar os feixes de luz, a máquina para de funcionar, automaticamente;
- Enclausuramento ou barreiras: protege o trabalhador por causa do tamanho, da posição ou do formato da abertura para alimentação da máquina;
- Corte automático: a máquina para quando alguém ou algo entra na zona de perigo;

Com relação aos equipamentos que utilizam a energia elétrica para seu funcionamento o item 12.2.3 da NR12 especifica que as máquinas e os equipamentos devem possuir uma chave geral, em local de fácil acesso e acondicionada em caixa que evite o seu acionamento acidental e proteja as suas partes energizadas. O item 12.3.5 da norma determina que as máquinas e os equipamentos que utilizarem ou gerarem energia elétrica devem ser aterrados eletricamente, como também previsto na NR10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

2.3 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO

O termo automatização se difundiu desde a construção das primeiras máquinas e se consolidou com a revolução industrial. Portanto, a automatização está indissoluvelmente ligada à sugestão de movimento automático, repetitivo, mecânico, e sinônimo de mecanização, então reproduz ação (SILVEIRA; SANTOS, 2002 p. 23).

A automação é um conceito de um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficácia ótima pelo uso de informações recebidas pelo meio sobre o qual atuam. Com base nas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para a execução da ação; esta é uma característica do sistema em malha fechada (SILVEIRA; SANTOS, 2002 p. 23).

2.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

Para se implementar um algoritmo em um computador, é necessário descrevê-lo de uma forma que o computador esteja apto a executá-lo. Essa descrição é feita por intermédio de uma “linguagem de programação”. O próprio conjunto de instruções de um processador pode ser entendido como uma “linguagem de programação”. Entretanto, essa linguagem normalmente não é a mais adequada para a descrição de um programa, uma vez que os algoritmos necessários podem ser sofisticados, e essa linguagem primitiva, também chamada de “linguagem de máquina” não é nem um pouco amigável ao programador, demandando um esforço muito grande na elaboração de programas mais complexos. Sendo assim, foram desenvolvidas, ao longo da história da computação, diversas “linguagens de programação”, cada qual, a seu tempo, introduzindo facilidades e recursos que foram tornando a tarefa de programar mais fácil e menos susceptível a erros. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 1997).

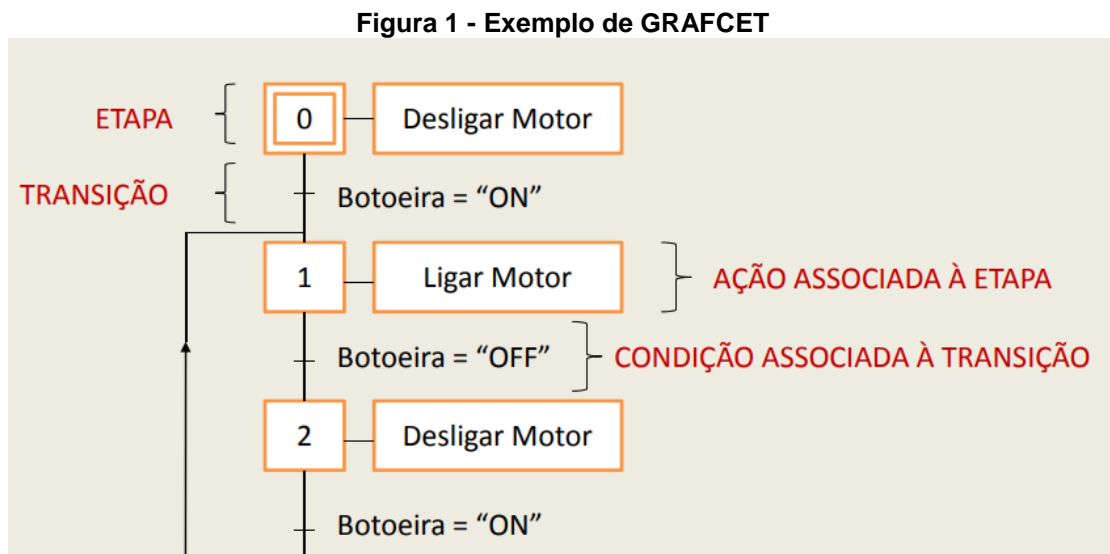
2.4.1 GRAFCET

Nos sistemas de controle de lógica combinacional as saídas ou ações são diretamente dependentes das condições das entradas, enquanto nas ações de controle sequenciais ou de tempo dependente é necessário um método de representação de controle sequencial, dentro de uma técnica específica, exibindo as várias ações a serem efetuadas em uma etapa e indicar as condições que devem ser executadas antes do avanço para uma próxima etapa (SILVA, 2018).

O Gráfico Funcional de Comandos Etapa-Transição (GRAFCET) é um modelo de apresentação gráfica do comportamento da parte de comando de um sistema automatizado. Ele é constituído por uma linguagem gráfica com arcos orientados que interligam etapas e transições, por uma interpretação das variáveis de entrada e saída da parte de comando caracterizadas como receptividades e ações, e por regras de evolução que definem formalmente o comportamento dinâmico dos elementos comandados (SILVEIRA; SANTOS, 2002 p.119).

A partir do modelo GRAFCET de um sistema, pode ser gerado automaticamente o programa do controlador desse sistema, sendo muito mais simples construir o modelo gráfico, do que desenvolver o programa do controlador.

A Figura 1 mostra um exemplo de GRAFCET.



Fonte: Casillo (2018)

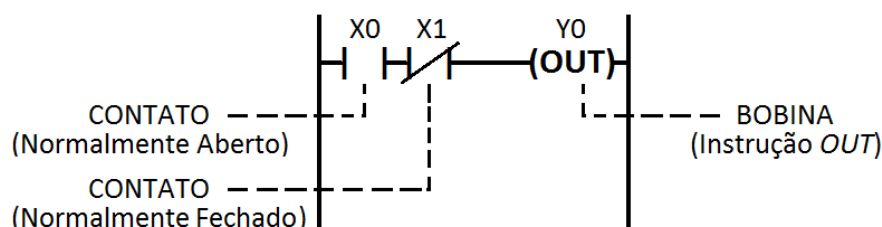
2.4.2 Linguagem LADDER

A linguagem Ladder foi a primeira que surgiu na programação dos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), pois sua funcionalidade procurava imitar os antigos diagramas elétricos, utilizados pelos Técnicos e Engenheiros da época. O objetivo era o de evitar uma quebra de paradigmas muito grande, permitindo assim a melhor aceitação do produto no mercado (COTIP, 2007).

O diagrama de contatos (Ladder) consiste em um desenho formado por duas linhas verticais, que representam os polos positivo e negativo de uma bateria, ou fonte de alimentação genérica. Entre as duas linhas verticais são desenhados ramais horizontais que possuem chaves. Estas podem ser normalmente abertas, ou fechadas e representam os estados das entradas do CLP. Dessa forma fica muito fácil passar um diagrama elétrico para linguagem Ladder (COTIP, 2007).

A Figura 2 apresenta um exemplo de programação em linguagem Ladder.

Figura 2 - Exemplo de linguagem LADDER



Fonte: Georgini (2007, p. 84).

2.5 MATERIAIS ELÉTRICOS

Usados para declarar a funcionalidade e componentes presentes em uma determinada planta, os projetos elétricos possuem várias normalizações, dentre elas: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), DIN (*Deutsche Industrie Normen*), ANSI (*American National Standards Institute*), JIS (*Japanese Industrial Standards*) e IEC (*International Electrotechnical Commission*).

São representados graficamente por meio de símbolos e constituem toda e qualquer conexão elétrica de um sistema.

2.5.1 CLP

Dentro do contexto de evolução da automação industrial, onde as mudanças em alguns setores demandam flexibilidade e confiabilidade e para atender as mais diversas aplicações, surge o CLP.

O controlador lógico programável é um dispositivo microprocessado concebido para o ambiente industrial, sendo altamente versátil no modo de programação. Este aparelho possui uma estrutura robusta para suportar ambientes hostis e perdurar durante anos (CAPELLI, 2007).

Constituintes da categoria de "microcomputadores", os CLPs são microcomputadores de aplicação na indústria, ou seja, com um objetivo funcional definido, diferindo assim dos PCs, que são usados para inúmeras finalidades. Por este motivo o CLP também é chamado de Computador Industrial (NATALE, 2007).

As funcionalidades e aplicações são diversas (sistemas hidráulicos e pneumáticos, por exemplo), dependendo do que se deseja controlar, mais funções são agregadas ao CLP com a adição de módulos expansíveis, por exemplo.

Capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de Sistemas Automatizados (GEORGINI, 2007, p. 48).

Segundo Natale (2007, p. 12), o CLP pode controlar uma grande quantidade de variáveis, substituindo o homem com mais precisão, confiabilidade, custo e rapidez.

Os CLPs são programados nas linguagens descritas no capítulo 2.4 e são constituídos dos seguintes blocos funcionais e componentes:

- Unidade Central de Processamento (UCP)

Também conhecida como CPU (do inglês *Central Process Unit*), ela gerencia todo o sistema, controlando as operações realizadas pelas diferentes unidades funcionais. A principal função da UCP é controlar e executar instruções presentes na memória. Ela é responsável pelo gerenciamento total do sistema, controlando os barramentos de endereços, de dados e de controle (CENTRO PAULA SOUZA, 2011).

A CPU é composta por processador e memórias. Conforme Georgini (2007, p.54), o processador "interage continuamente com o Sistema de Memória por meio do programa de Execução (desenvolvido pelo fabricante), interpreta e executa o Programa de Aplicação (desenvolvido pelo usuário), e gerencia todo o sistema".

- Memória :

O armazenamento de informação nesses equipamentos usa um hardware do tipo ROM (*Read Only Memory*) e FLASH (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*). Suas características são:

- ROM: não há interação com o usuário, apenas a leitura. Os dados são escritos uma única vez, não podendo ser alterados (ALECRIM, 2009).
- FLASH: tolera cerca 100.000 gravações ou mais.

ROM é uma memória do tipo não volátil, ou seja, não é necessária a alimentação do componente para manter os dados armazenados. Os dados do sistema, variáveis e constantes, utilizam a memória RAM (*Random Access Memory*), esta, por sua vez, sem alimentação, perde os seus dados.

- Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação, para este projeto, consiste em um dispositivo que reduz a tensão e transforma a corrente alternada da rede elétrica comum em corrente contínua, necessária para os componentes internos da CPU.

- Rack

Elemento usado para a fixação e também conexão mecânica e elétrica entre a CPU, os Módulos de I/O e a fonte de alimentação. Contém o barramento de

comunicação entre eles, no qual os sinais de dados, endereço, controle e tensão de alimentação estão presentes. (GEORGINI, 2007, p. 48).

- Módulos I/O

A interação com o processo é feita por meio de pinos de entradas e saídas ou I/O (*input/output* do inglês). Estes pinos podem ser digitais ou analógicos dependendo da necessidade do sistema, atuando em vários periféricos ou recebendo inúmeras entradas de variáveis do processo.

2.5.2 Interface Homem-Máquina - IHM

Interface Homem-Máquina é um equipamento que possibilita ao operador a monitoração e interação com a máquina ou processo industrial. Através de um *display* de texto ou tela gráfica, a IHM cumpre a função de apresentar de forma inteligível o *status* de sinais de sensores e atuadores, válvulas, motores, valores de variáveis de processo, alarmes e indicações de falhas (BRANQS, 2018).

As IHM tornam muito mais fácil e rápido ao operador obter informações precisas a respeito do status do processo (SILVEIRA; SANTOS, 2008).

Através de um teclado ou tela sensível ao toque (*touch screen*) a IHM possibilita de forma interativa a realização de comandos, acionamento de atuadores, alterações de *Set Points* (valores ideais determinados pelo operador), mudança de manual para automático e definição de limites de funcionamento (BRANQS, 2018).

A Figura 3 mostra alguns tipos de IHM.

Figura 3 - IHM

Fonte: Rockwell Automation (2018)

2.5.3 Sensores

Para detecção de posição, nível e presença em sistemas automáticos são utilizados sensores e algumas vezes sondas. Sensores são dispositivos eletrônicos que utilizam um conceito físico como capacitância, indutância ou reflexão óptica para detectar certos materiais. Para objetos metálicos próximos são utilizados sensores indutivos, para objetos não metálicos sensores capacitivos, para objetos em geral a certa distância pode-se utilizar sensores ópticos. Na maioria das aplicações, não há necessidade de contato com o sensor para que ele atue. Basta a proximidade (NASCIMENTO, 2011, p.68)

2.5.4 Chaves de intertravamento sem contato RFID

A tecnologia de RFID (*Radio Frequency Identification* – identificação por radiofrequência) nada mais é do que um termo genérico para as tecnologias que utilizam a frequência de rádio para captura de dados. Por isso existem diversos métodos de identificação, mas o mais comum é armazenar um número de série que identifique uma pessoa ou um objeto, ou outra informação, em um microchip. Tal tecnologia permite a captura automática de dados, para identificação de objetos com dispositivos eletrônicos, conhecidos como etiquetas eletrônicas, *tags*, *RF tags* ou *transponders*, que emitem sinais de radiofrequência para leitores que captam estas informações (GTA, 2018).

As chaves de intertravamento sem contato contêm a tecnologia RFID para codificação e tecnologia indutiva para detecção. Essas chaves têm uma grande faixa de detecção e tolerância a desalinhamento. Elas são soluções para uma ampla gama de aplicações de segurança industrial. Ideais para portas de proteção de máquinas corredeiras, com dobradiças ou removíveis, as chaves sem contato oferecem um ajuste simples e alinhamento (ALLEN-BRADLEY ROCKWELL AUTOMATION, 2018).

A Figura 4 representa um exemplo de chave RFID.

Figura 4 - Exemplo de chave RFID.



Fonte: Autoria própria.

2.5.5 Disjuntores

Todo sistema elétrico deve ter uma proteção adequada que suporte a corrente de operação do sistema, mas que em uma eventual falha proteja-o de efeitos destrutivos, como derretimento da isolação, de cabos, fusão dos próprios cabos e barramentos, incêndios etc. (NASCIMENTO, 2011, p.29)

A principal função do disjuntor é proteger e fornecer segurança, mas devido à sua composição mecânica proporcionar o seccionamento de circuitos, também é utilizado como elemento para se ligar e desligar circuitos e cargas. Essas duas funções aliadas colocam os disjuntores como um substituto natural dos fusíveis que

tem função parecida de proteção dos circuitos, mas nem sempre proporcionam o seccionamento deste circuito (MUNDO DA ELÉTRICA, 2018).

Talvez o dispositivo de proteção mais utilizado em novos projetos seja o disjuntor motor. Ele reúne as funcionalidades de disjuntor/fusível e do rele térmico de sobrecarga. Fica claro que a instalação de um disjuntor motor elimina a necessidade de rele térmico de sobrecarga e dos fusíveis para o circuito de força. Além disso, algumas funcionalidades podem ser acrescentadas ao disjuntor motor com a instalação de acessórios como bobina de sobtensão, por exemplo, (desarma o disjuntor se a tensão estiver a níveis abaixo do especificado) (NASCIMENTO, 2011, p.41).

2.5.6 Botões de comando, sinalizadores e chaves comutadoras

Em comandos elétricos o operador não entra em contato com o sistema de manobra (circuito de força), que leva as fases até o motor. Ele comanda o circuito de força a partir de um circuito de comando (controle). Para comandar o circuito de comando, ele utiliza botões pulsadores ou chaves comutadoras e para visualizar o funcionamento, são observados sinalizadores instalados na porta do painel ou em locais estratégicos (NASCIMENTO, 2011).

Para Nascimento (2011) botão de comando é um dispositivo de comando com contatos abertos e fechados utilizados para abrir ou fechar circuitos. Como a própria denominação sugere, esse dispositivo atua ao ser pressionado.

Existem botões com funções e formatos especiais. É o caso do botão cogumelo, que tem formato especialmente desenhado para o desligamento emergencial de circuitos associados à luz vermelha (NASCIMENTO, 2011).

Além dos botões de comando, segundo Nascimento (2011), são utilizadas em comandos elétricos chaves comutadoras ou, simplesmente, comutadores.

Os comutadores abrem e fecham circuitos elétricos, porém, diferentes dos botões, mantem a posição.

A Figura 5 apresenta alguns tipos de botões e sinalizadores.

Figura 5 - Exemplos de botões, chaves, sinalizadores e comutadores.



Fonte: Geindustrial (2018).

2.5.7 Barreira de Luz de Segurança

A barreira de luz de segurança é um equipamento utilizado para a proteção de máquinas e equipamentos e tem o objetivo principal de evitar que o operador sofra acidentes sérios, como a perda de um ou mais dedos, mãos ou outros membros na operação de máquinas que ofereçam esse tipo de risco (SENSOR DO BRASIL, 2018).

Diferente do que muitas pessoas pensam, a barreira de luz segurança não é apenas uma coluna com vários sensores fotoelétricos ligados em série, é um equipamento de segurança sofisticado e fundamental para adequar máquinas e equipamentos as exigências da NR12 (SENSOR DO BRASIL, 2018).

2.5.8 Relés de Segurança

São dispositivos que fazem a supervisão de circuitos que garantem a segurança do equipamento/sistema e do operador. São projetados para atender as mais atualizadas normas de segurança, sempre com o objetivo de obter o máximo de eficiência e confiabilidade em um só produto (OLD WEG, 2018).

São relés de segurança que proporcionam o controle de simultaneidade no acionamento de máquinas e processos, evitando que o operador coloque as mãos na área de risco. Atendem a NR12, são protegidos contra falhas e tentativas de violações (auto *check*), possuem supervisão de contatos, duplo canal e fonte de alimentação para proporcionar flexibilidade nas mais variadas aplicações (OLD WEG, 2018).

2.5.9 Contatores

Um contator, de maneira simples, é um eletroímã em um invólucro que, quando energizado, atrai um conjunto mecânico no qual está presa uma série de contatos elétricos, sendo normalmente três contatos abertos de força e outros abertos/fechados, utilizados na lógica de comando (NASCIMENTO, 2011).

Existem também os contatores chamados auxiliares que não possuem contatos de força, apenas contatos de controle para o circuito de comando (NASCIMENTO, 2011).

2.6 SISTEMAS PNEUMÁTICOS

A introdução, de forma mais generalizada, da pneumática na indústria começou com a necessidade cada vez maior de automatização e racionalização dos processos de trabalho. Apesar de sua rejeição inicial, quase sempre proveniente da

falta de conhecimento e instrução, ela foi aceita e o número de campos de aplicação tornou-se cada vez maior. Hoje o ar comprimido tornou-se indispensável e nos mais diferentes ramos industriais instalam-se equipamentos pneumáticos (FESTO DIDATIC, 1998).

As aplicações industriais são essencialmente os motores e os cilindros pneumáticos, que possibilitam a realização de trabalho a partir da energia do ar comprimido. Os motores pneumáticos geram movimento de rotação, os cilindros pneumáticos geram movimento linear (ARCEL, 2018).

2.6.1 Geração de ar comprimido: Compressores

O compressor é uma máquina responsável por transformar energia mecânica (ou elétrica) em energia pneumática (ar comprimido), através da compressão do ar atmosférico (ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, 2002, p.26).

2.6.2 Válvulas Pneumáticas

As válvulas de distribuição são aparelhos utilizados para estabelecer ou cortar a circulação do ar dentro de um circuito pneumático. (função similar de um interruptor num circuito elétrico) (ARCEL, 2018).

As válvulas podem ser identificadas segundo o número de estados e o número de orifícios (ou vias) de entrada e saída (é possível encontrar válvulas de 2, 3, 4 e 5 vias). O número de estados de uma válvula refere-se ao número de posições distintas que esta pode adotar. Neste contexto existem válvulas de dois e de três estados (ARCEL, 2018).

2.6.3 Cilindros Pneumáticos

O cilindro pneumático é um dispositivo que gera uma força mecânica de trajetória linear, por ação da energia contida no ar comprimido sobre a superfície livre do êmbolo que se desloca dentro do tubo. A força de impulso gerada é recolhida no exterior através de uma haste solidária com o êmbolo (ARCEL, 2018).

2.7 SISTEMAS HIDRÁULICOS

O sistema hidráulico é usado para multiplicar a força exercida, e para gerar o máximo de energia a ser usada na execução da função desejada. O sistema hidráulico utiliza atuadores de fluídos para executar várias funções, sendo que todos os sistemas hidráulicos empregam líquidos sob alta pressão, também chamados de líquidos hidráulicos, distribuídos por toda a máquina e entre seus vários componentes a fim de produzir a energia desejada (MECANICA INDUSTRIAL, 2018).

2.7.1 Geração de pressão: bombas hidráulicas

As bombas são utilizadas nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica. A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, o que permite que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar na bomba. A bomba passará o fluido para a abertura de descarga, forçando-o através do sistema hidráulico. As bombas são classificadas, basicamente, em dois tipos: hidrodinâmicas e hidrostáticas (CEFET-BA, 2018).

2.7.2 Válvulas Hidráulicas

As válvulas, em geral, servem para controlar a pressão, a direção ou o volume de um fluido nos circuitos hidráulicos (CEFET-BA, 2018).

2.7.3 Cilindros Hidráulicos

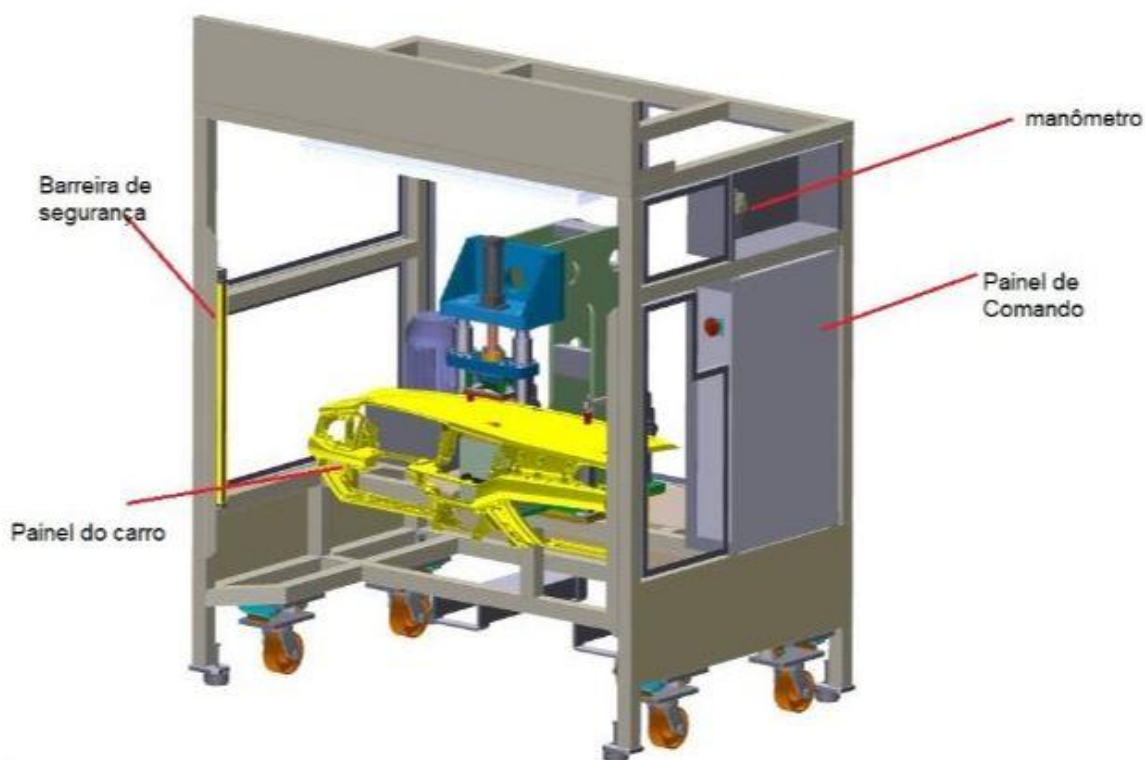
Os cilindros hidráulicos são dispositivos de atuação que convertem a energia hidráulica de fluidos pressurizados em energia mecânica necessária para controlar os movimentos da articulação de máquina e dispositivos. Esta conversão de energia gera força e movimento linear. [...] a maioria é de modelos hidráulicos de dupla ação, o que significa que eles podem se mover em ambas as direções ao longo de um plano horizontal, vertical ou em qualquer outro sentido pré-determinado (MANUTENCAO E SUPRIMENTOS, 2018).

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 ESTRUTURA DA BANCADA

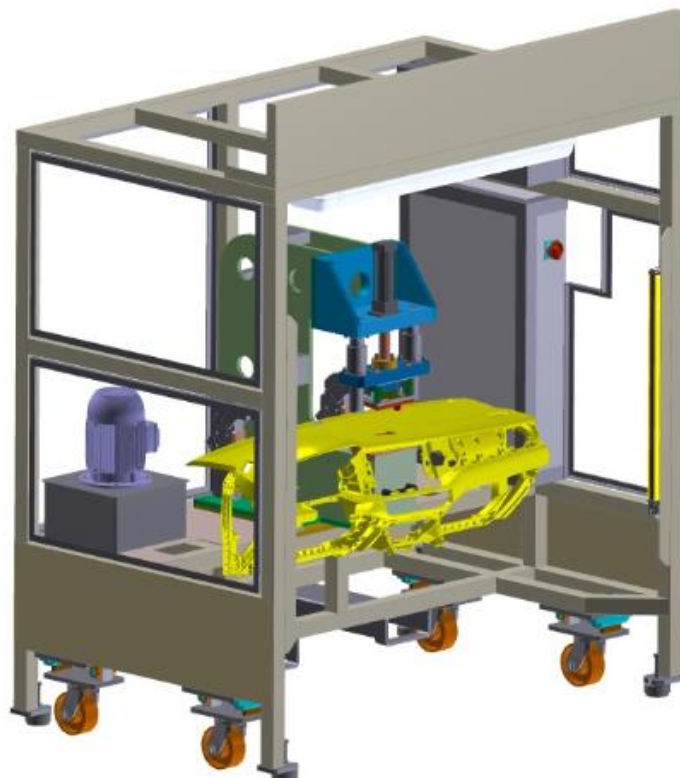
A estrutura da bancada já estava pronta, e as posições onde seriam fixados o sistema de segurança, os painéis de comando, e os sistemas pneumático e hidráulico já estavam definidas pelo cliente. As Figuras 6, 7 e 8 apresentam o modelamento 3D do conjunto, feito em SolidWorks, apenas para demonstrar a estrutura.

Figura 6 - Estrutura da prensa (vista lateral direita)



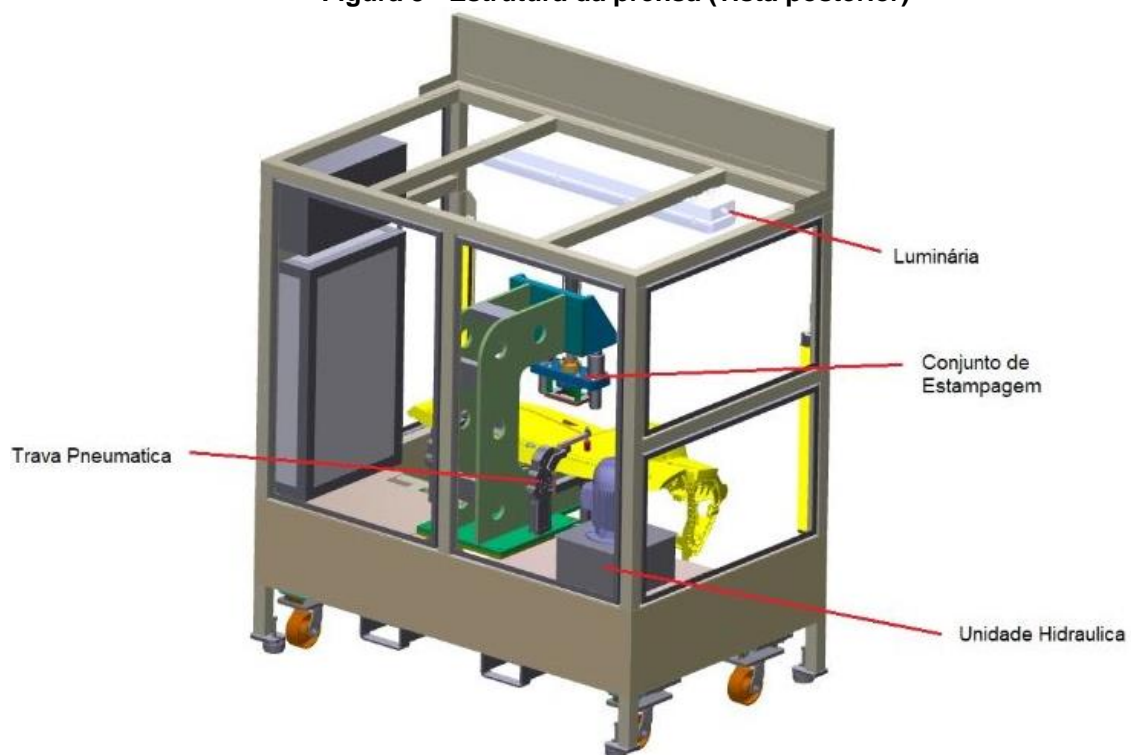
Fonte: autoria própria.

Figura 7 - Estrutura da prensa (vista lateral esquerda)



Fonte: autoria própria.

Figura 8 - Estrutura da prensa (vista posterior)



Fonte: autoria própria

3.2 FUNCIONAMENTO

O funcionamento do equipamento é bastante simples no que diz respeito à operação. Primeiramente é necessário que as condições de segurança estejam sendo atendidas, que para este equipamento são: barreiras de segurança não estarem obstruídas, a porta de acesso à unidade hidráulica estar fechada, e ter as pressões pneumática e hidráulica dentro dos intervalos definidos.

Sendo atendidas as condições de segurança, para a primeira operação do sistema, seja ao ligar o equipamento no início de turno ou após uma queda de energia, é necessário acionar um botão de comando na IHM identificado como: posição inicial.

Com esta ação, os atuadores hidráulicos e pneumáticos recebem um comando para voltar à posição de recuo, habilitando o sistema para o próximo passo. Concluída a inicialização, o próximo passo é selecionar no painel o botão de ciclo automático.

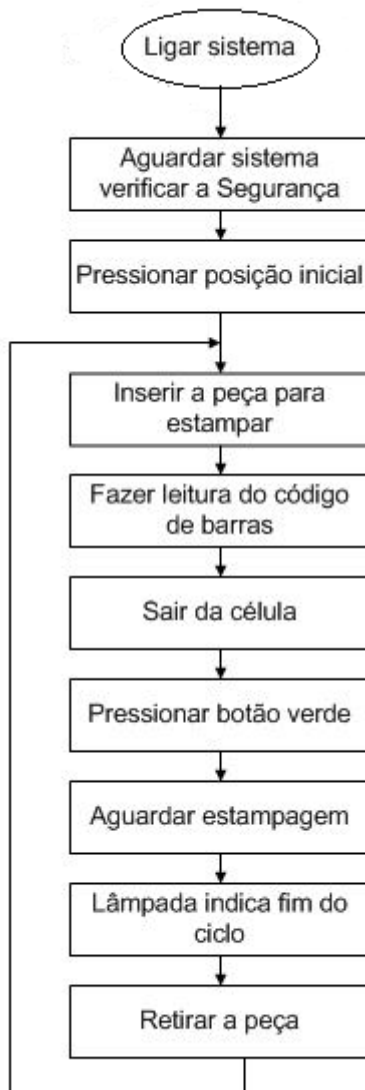
Feito isto o equipamento está pronto para ser posto em funcionamento. O operador insere manualmente o painel a ser estampado na bancada e com o leitor faz a aquisição do código de barras da etiqueta colada no painel. Ao sair da área monitorada pelas barreiras, ele irá pressionar o botão de cor verde para iniciar o processo de estampagem.

No ciclo automático, é monitorado através de um sensor ótico a presença da peça a ser estampada. Havendo presença de peça, ela será mantida na posição por dois atuadores pneumáticos. Assim que a peça estiver fixada, o cilindro hidráulico avança para executar o estampo. Feito isto o cilindro hidráulico recua e logo em seguida os cilindros pneumáticos também retornam. Ao final uma luz verde na coluna luminosa indica ao operador que a peça pode ser retirada e uma nova peça pode ser inserida.

Caso uma das condições de segurança não esteja sendo atendida durante a operação, os motores e atuadores serão imediatamente desenergizados, interrompendo o ciclo para evitar que qualquer possibilidade de acidente aconteça. Uma lâmpada vermelha irá piscar na coluna luminosa e será indicada a falha no visor da IHM.

A seguir vemos o fluxograma com o ciclo de funcionamento em modo automático.

Figura 9 - Fluxograma do ciclo automático



Fonte: autoria própria.

3.3 AUTOMAÇÃO DA BANCADA

A automação da bancada de estampo foi feita atendendo as normas vigentes na legislação brasileira, através do conjunto de etapas e componentes a seguir.

3.3.1 CLP Siemens S7-1200

Para este projeto foi escolhida a fabricante Siemens por sua qualidade e tradição, e o modelo de CPU 1212C DC/DC/DC, que contém 08 entradas e 06 saídas digitais, e mais 01 módulo adicional de expansão com 08 entradas e 08 saídas, que atende à demanda.

Eventualmente também são aplicados módulos funcionais e de comunicação para tarefas específicas. Para esta aplicação na bancada de estampo foi adicionado um módulo de comunicação RS-232 para fazer a aquisição de dados através do leitor de código de barras.

3.3.2 Lista de I/O

A lista de I/O é basicamente um mapa que contempla as entradas e saídas necessárias à execução do projeto. A partir dessa lista é definido o que será necessário no hardware do CLP para o bom funcionamento. Geralmente é recomendado que se tenha reserva de entradas e saídas, já prevendo possíveis alterações.

Também faz parte da lista de I/O todos os itens de segurança. Neste caso especificamente optou-se por usar relés de segurança ao invés de cartões de segurança, pois atendem bem a necessidade deste projeto, com a vantagem de ter um melhor custo benefício. Para usar os cartões de segurança seria necessário uma CPU com mais capacidade de processamento, logo de maior valor comercial. O Quadro 1 mostra a lista de I/Os.

Quadro 1 - Lista de I/Os

lista de I/Os	
I0.0	Botoeira Posição inicial
I0.1	Botoeira Reset
I0.2	Seletora Manual Automático
I0.3	Seletora Liga Iluminação
I0.4	Botoeira Start
I0.5	Rele Segurança Emergência Ok
I0.6	Rele Segurança Barreira Ok
I0.7	Reserva
I1.0	Cilindro Pneumático 1 avançado
I1.1	Cilindro Pneumático 1 recuado
I1.2	Cilindro Pneumático 2 avançado
I1.3	Cilindro Pneumático 2 recuado
I1.4	Presença de Peça
I1.5	Disjuntor Unidade Hidráulica
I1.6	Cilindro Hidráulico 1 avançado
I1.7	Cilindro Hidráulico 1 recuado
Q0.0	Acionamento Iluminação
Q0.1	Acionamento Unidade Hidráulica
Q0.2	Comando Avança Cilindro Pneumático
Q0.3	Comando Recua Cilindro Pneumático
Q0.4	Comando Avança Cilindro Hidráulico
Q0.5	Comando Recua Cilindro Hidráulico
Q0.6	Reserva
Q0.7	Reserva
Q1.0	Comando Reset de Emergência
Q1.1	Comando Reset Barreira
Q1.2	Sinalização de Falha
Q1.3	Sinalização Produto Ok
Q1.4	Sinalização Posição Inicial
Q1.5	Reserva
Q1.6	Reserva
Q1.7	Reserva

Fonte: autoria própria.

3.3.3 IHM Utilizada

A interface homem máquina (IHM) é um dispositivo que permite a interação do usuário, seja para executar determinada ação como iniciar ou parar um processo por exemplo, ou apenas para fazer o monitoramento. Neste projeto é utilizado uma IHM SIMATIC TP700 Comfort *Touch Screen* devido ao tamanho da tela e custo benefício em usar uma IHM do mesmo fabricante do CLP.

Na IHM podemos construir e programar telas que facilitem o usuário obter as informações necessárias para cada aplicação, criando vários níveis de acesso de acordo com o nível de cada grupo de usuários. Podendo assim deixar os dados de setup do equipamento serem alterados somente mediante o uso de senha.

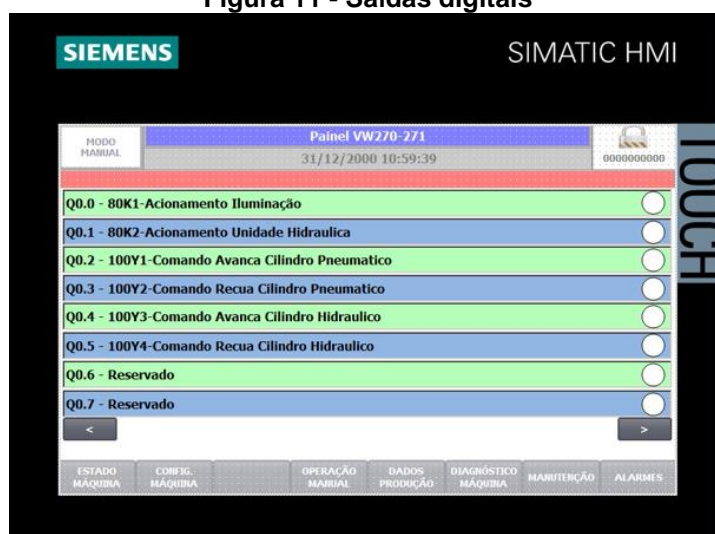
É possível através da IHM fazer o monitoramento do estado atual do dispositivo de forma mais fácil, apenas acessando uma tela onde são exibidas as entradas e saídas. Seguem alguns exemplos das telas criadas para este projeto.

Figura 10 - Entradas digitais.



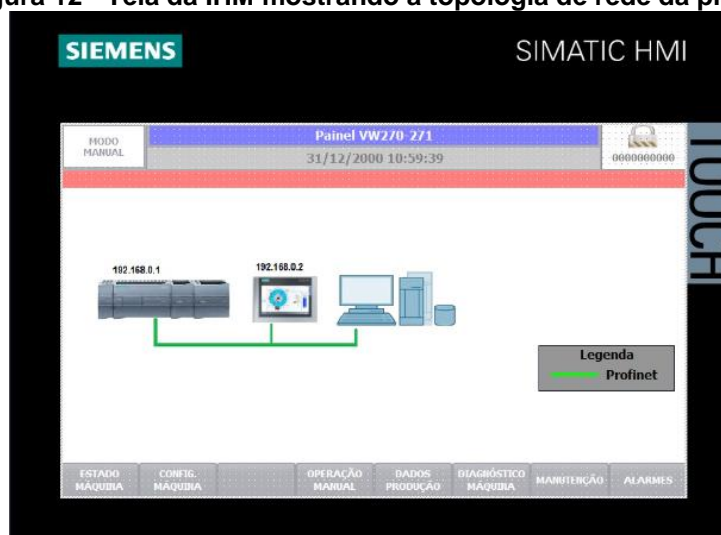
Fonte: autoria própria.

Figura 11 - Saídas digitais



Fonte: autoria própria.

Figura 12 - Tela da IHM mostrando a topologia de rede da planta.

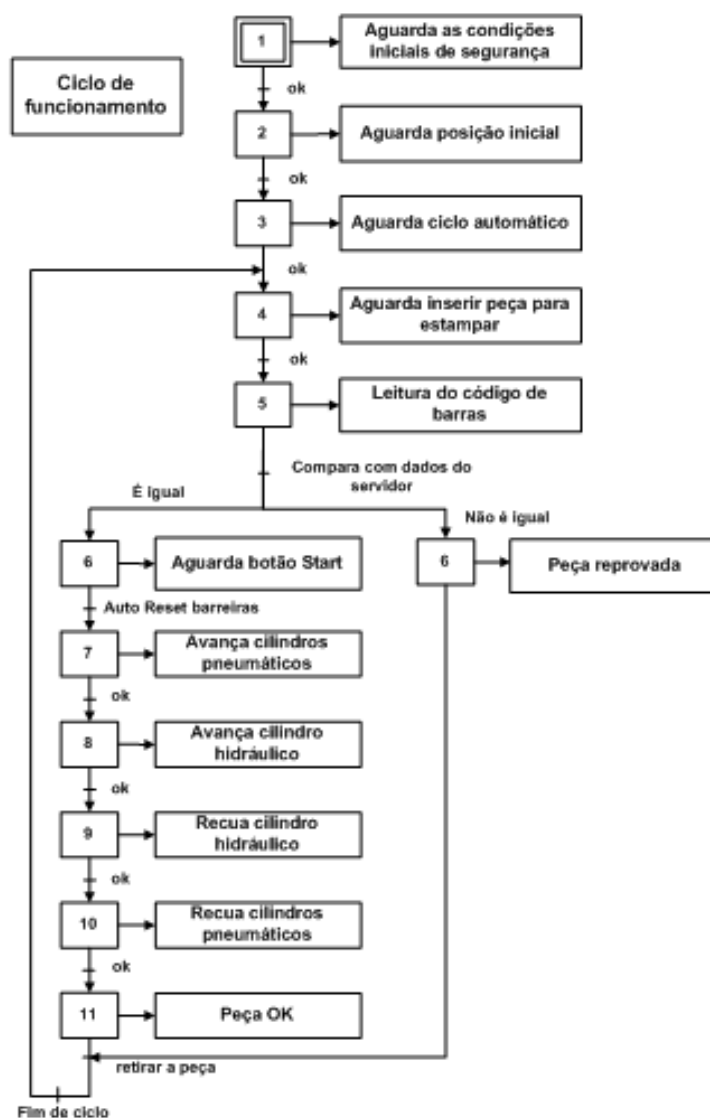


Fonte: autoria própria.

3.3.4 GRAFCET do Processo

A lógica de programação para este projeto foi desenvolvida após o levantamento feito em campo. Foram mapeadas as entradas e saídas necessárias, e a partir daí feito de forma gráfica um esquemático do funcionamento do equipamento, GRAFCET, apresentado na Figura 13.

Figura 13 - GRAFCET



Fonte: autoria própria.

3.3.5 Sensores e Barreira de Luz utilizados.

Neste projeto foi utilizada a barreira de segurança GL-R79F da Keyence. Com área de detecção de 780 mm e distância operacional de até 10m.

A barreira de luz é parte do sistema de segurança e para esta aplicação atua de forma a desligar a alimentação da unidade hidráulica e os comandos pneumáticos caso o operador ultrapasse a barreira durante a operação. A Figura 14 ilustra o modelo utilizado.

Figura 14 - Ilustração do funcionamento barreira de luz.



Fonte: Keyence (2018)

Também foi utilizado a chave de intertravamento, com comunicação por RFID, Figura 15, da Allen Bradley para fazer o monitoramento da portinhola de acesso a unidade hidráulica. Caso a porta seja aberta, ficam impedidos os comandos da máquina em modo automático, evitado assim acidentes com o operador.

Figura 15 - Chave RFID instalada.



Fonte: Autoria própria.

O monitoramento de posição dos cilindros (se está avançado ou recuado) é feito através de sensores *head switch*, Figura 16, da Festo. Enquanto o monitoramento dos cilindros hidráulicos é feito por sensores indutivos.

Figura 16 - Sensor head switch atuado.



Fonte: autoria própria.

Já para confirmar a presença da peça a ser estampada foi utilizado um sensor óptico (laser), Figura 17, devido à facilidade em detectar a peça de uma distância maior de que outros sensores alcançam.

Figura 17 - Posicionamento sensor óptico.



Fonte: autoria própria.

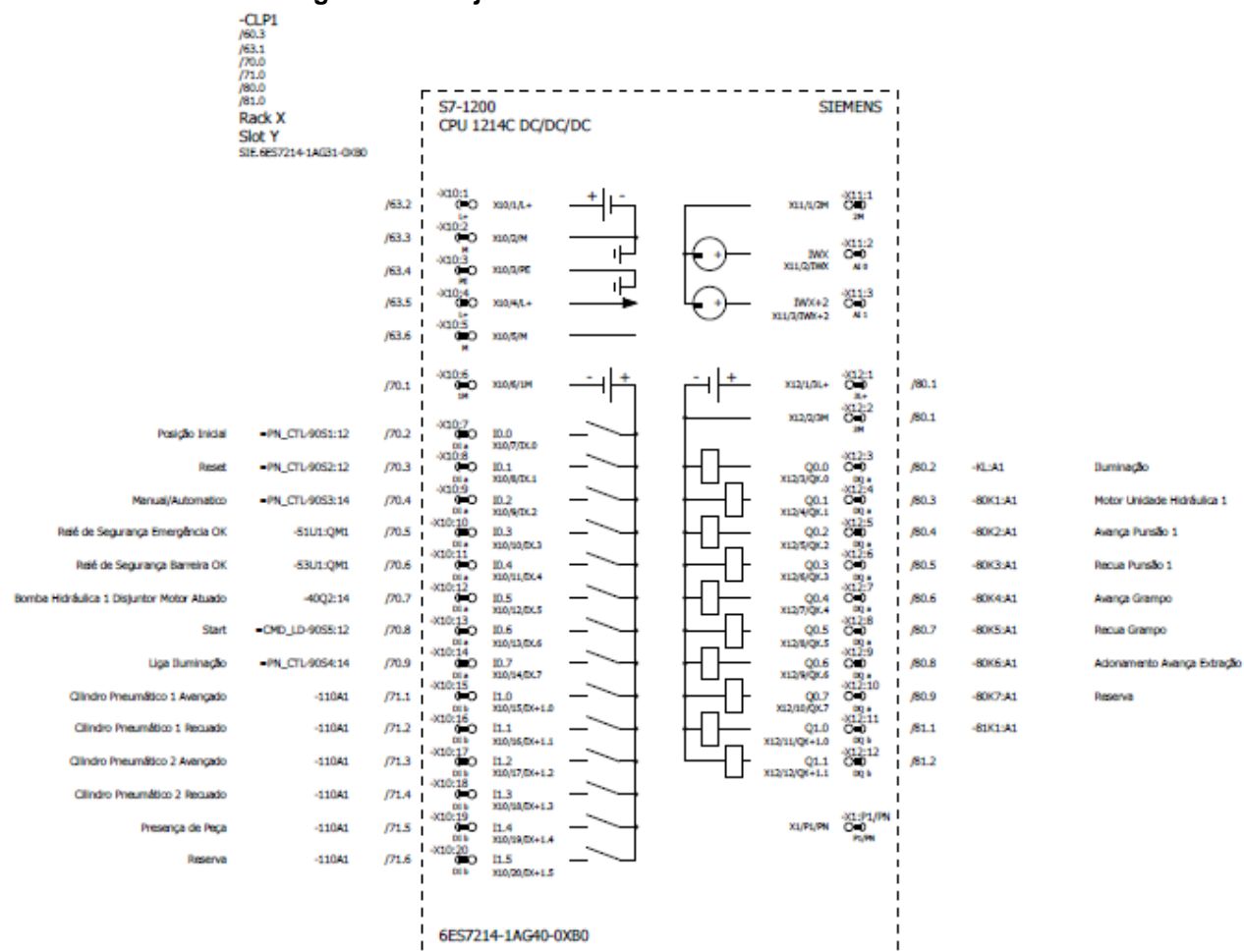
3.4 PROJETO ELÉTRICO

3.4.1 Projeto

Com o uso do software de desenho EPLAN, foram desenvolvidos os projetos elétricos e também os layouts dos painéis a serem montados.

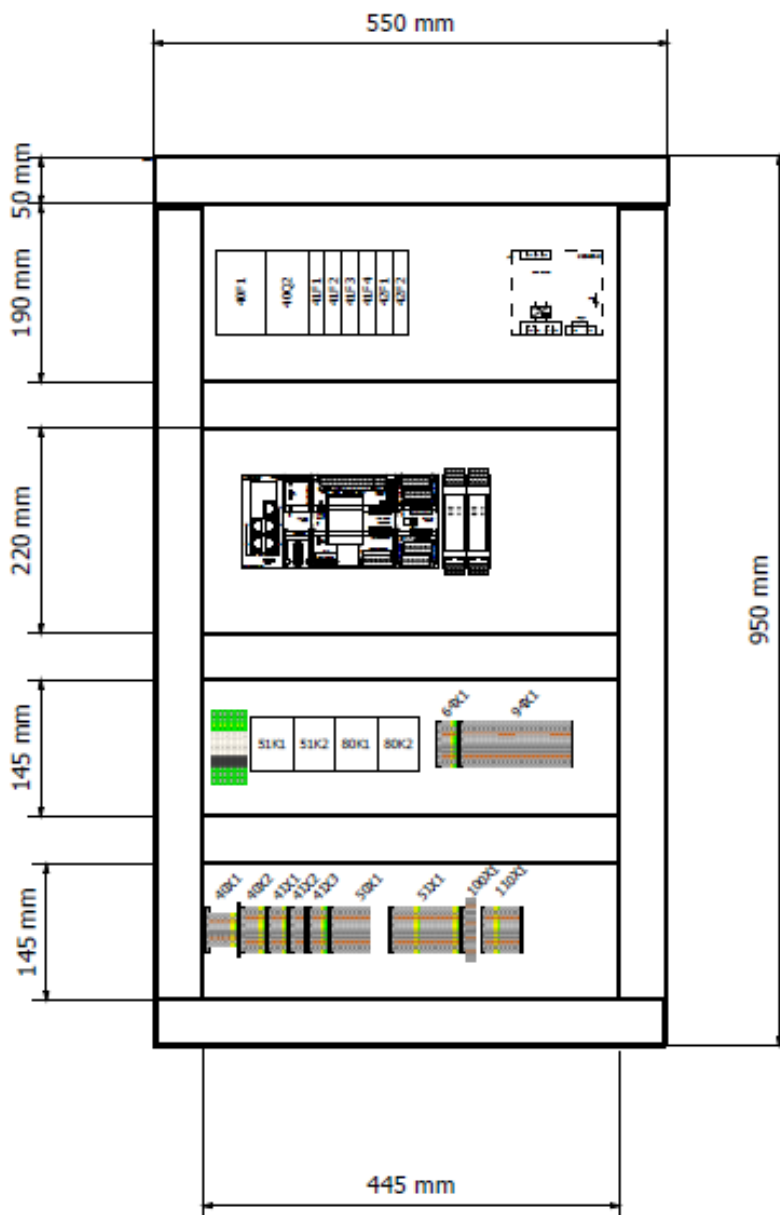
A Figuras 18 e 19 mostram uma parte do projeto elétrico desenvolvido para as entradas e saídas do CLP. A Figura 20 mostra o projeto mecânico do quadro de comando:

Figura 18 - Projeto das entradas e saídas do CLP



Fonte: autoria própria

Figura 20 - Projeto mecânico do quadro de comando.



Fonte: autoria própria.

3.4.2 Instalação dos dispositivos

Após a aquisição dos materiais, iniciou-se o processo de montagem dos painéis, tanto de comando quanto o da IHM. Nas Figuras 21 e 22, pode-se verificar a implementação dos dispositivos conforme o projeto.

Figura 21 - Placa de montagem do painel de comando.



Fonte: autoria própria.

Figura 22 - Vista interna do painel da IHM.



Fonte: autoria própria.

A Figura 23 uma foto da bancada com os dispositivos e proteções instalados.

Figura 23 - Bancada de Estampo.



Fonte: autoria própria.

A Figura 24 demonstra o painel estampado pela bancada com o porta celular instalado.

Figura 24 - Painel estampado.



Fonte: autoria própria

4 CONCLUSÕES

A automação em uma prensa hidráulica de estampo em painéis automotivos foi realizada com sucesso.

Os objetivos foram alcançados após três dias de *startup* do sistema, onde foram realizados diversos testes, ajustes e simulações de funcionamento. A máquina ficou em observação por mais três dias no cliente para monitorar o funcionamento e fazer o treinamento dos operadores, onde não demonstrou problemas.

Uma das dificuldades para a implementação do projeto foi a disponibilidade de painéis para fazer testes de estampagem antes da entrega técnica. O cliente se encontra na cidade de São Paulo e por questões logísticas os ajustes finais foram realizados em campo.

Este trabalho serve como exemplo de aplicação de diversas disciplinas estudadas durante o curso, como controladores lógicos, circuitos elétricos, sistemas fluido-mecânicos, por exemplo.

Em trabalhos futuros pode-se também abrir a possibilidade de utilização de um sistema supervisor para facilitar ainda mais o monitoramento do processo.

REFERÊNCIAS

ABIMAQ. **Nr 12/2010** – princípios básicos de sua aplicação na segurança do trabalho em prensas e similares. Porto Alegre, 2012.

ALECRIM, Emerson. **INFOWESTER. Memórias ROM e RAM**. Disponível em <<http://www.infowester.com/memoria.php>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

ALLEN-BRADLEY ROCKWELL AUTOMATION. Disponível em: <<https://ab.rockwellautomation.com/pt/Sensors-Switches/Safety-Interlock-Switches/Non-Contact-Interlock-Switches>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ALLEN-BRADLEY ROCKWELL AUTOMATION. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/440n-in015_-pt-p.pdf>. Acesso em: 03 jun.2018.

ARAUJO, Adriene Pereira de. JULIO BATTISTI. **Revolução Industrial**. Disponível em <<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/adrienearaujo/historia025.asp>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

ARCEL. **Introdução aos Sistemas Pneumáticos**. Disponível em: <http://www.arcel.com.pt/infotec/ARCEL_INTRODU%C3%87%C3%83O%20SISTEMAS%20PNEUMATICOS.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

BRANQS. **Introdução a automação industrial**. Disponível em: <<https://www.branqs.com.br/ihtm.html>>. Acesso em: 19 set. 2018.

CAPELLI, Alexandre. **CLP- Controladores lógicos programáveis na prática**. São Paulo: Antenna. 2007.

CASILLO, Danielle. **Automação e controle – Aula 03 - Grafcet**. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202011_1/Aula%2003%20-%20Grafcet.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.

CEFET-BA. **Apostila de Hidráulica**. Disponível em: <http://www.professormendoncaenf.com.br/ha01_apostilacompleta.pdf>. Acesso em: 05 jun.2018.

CENTRO PAULA SOUZA. **Eletrônica. Automação Industrial**. Disponível em:
< <http://eletro.g12.br/arquivos/materiais/eletronica6.pdf>>. Acesso em 10 jun.2018.

COTIP. Colégio Técnico Industrial de Piracicaba. **Controladores Lógico Programáveis – LADDER**. Disponível em:
< <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAU1sAE/clps-linguagem-ladder>>. Acesso em: 15 set. 2018.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. **Sistemas fluido-mecânicos**. Disponível em:
< <http://sites.poli.usp.br/d/pmr2481/pneumat2481.pdf>>. Acesso em: 05 jun.2018.

FESTO DIDATIC. **Introdução à Pneumática**. São Paulo: Indústria Gráfica Senador Ltda. 1998.

GEINDUSTRIAL. **Botoeiras, interruptores e sinalizadores**. Disponível em:
<<http://br.geindustrial.com/produtos/automacao-e-controle/botoeiras-interruptores-e-sinalizadores>>. Acesso em: 02 jun.2018.

GEORGINI, Marcelo, **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. São Paulo: Érica, 2007.

GTA.UFRJ. Disponível em:
<https://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/rfid/RFID_arquivos/o%20que%20e.htm>. Acesso em: 03 jun.2018.

KEYENCE. **Cortina de Luz de segurança**. Disponível em:
<<https://www.keyence.com.br/products/safety/light-curtain/gl-r/variations/index.jsp>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

LANGA, Sara Alvez. **CRIAR WEB. Importância da Documentação**. Disponível em
<<http://www.criarweb.com/artigos/723.php>>. Acesso em: 30 out. 2010.

MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS. Disponível em:
<<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/segmento/cilindros-hidraulicos/>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

MECÂNICA INDUSTRIAL. Disponível em:
<<https://www.mecanicaindustrial.com.br/507-o-conceito-primario-da-prensa-hidraulica/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

MECÂNICA INDUSTRIAL. Disponível em:
<<https://www.mecanicaindustrial.com.br/32-caracteristicas-dos-sistemas-hidraulicos/>>. Acesso em: 05 jun.2018.

MIYADAIRA, Alberto Noboru. **Microcontroladores PIC 18: Aprenda e Programe em Linguagem C**. São Paulo: Érica, 2009.

MUNNDO DA ELÉTRICA. Disponível em
<<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-os-disjuntores/>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

NASCIMENTO, G., **Comandos Elétricos: Teoria e Atividades**. 1.ed. São Paulo, 2011.

NATALE, Ferdinando, **Automação Industrial**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2007.

NBR ISSO 12100. **Segurança de máquinas, Princípios gerais de projeto, Apreciação e redução de riscos**. ABNT 2013.

OLD WEG. Disponível em:
<<http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Linha-Safety/Reles-de-Seguranca>>. Acesso em: 03 jun.2018.

ROCKWELL AUTOMATION. **Interface Homem Máquina**. Disponível em:
<https://www.rockwellautomation.com/pt_BR/products/human-machine-interface/overview.page?>. Acesso em: 19 set. 2018

ROSSI, Mario. **Estampado en frío de la chapa**. Madrid: Editorial Dossat S.A, Ed. 9, 1979.

SENSOR DO BRASIL. **Barreira de luz segurança**. Disponível em:
<<http://www.sensorbrasil.com.br/barreira-luz-seguranca>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

SILVA, Luiz Marcelo C. da. **Grafcet**. Disponível em:
<paginapessoal.utfpr.edu.br/chiesse/disciplinas/automacao-e.../GRAF CET.pdf/at...>. Acesso em: 19 set. 2018.

SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Linguagens de Programação**. Disponível em:
< <ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/ea877/lingpro.pdf>>. Acesso em: 22 out.2018.