

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA – DAELT
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ERTON LUTZ JUNIOR
HEVANDRO DE ALMEIDA MARTINS
OCTÁVIO RICARDO LUSTOSA NETO

SELETOR VERTICAL DE PEÇAS
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SISTEMA DE CONTROLE DE
QUALIDADE COM FOCO NA SELEÇÃO E CONTAGEM DE PEÇAS PRODUZIDAS.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2014

ERTON LUTZ JUNIOR
HEVANDRO DE ALMEIDA MARTINS
OCTÁVIO RICARDO LUSTOSA NETO

SELETOR VERTICAL DE PEÇAS
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SISTEMA DE CONTROLE DE
QUALIDADE COM FOCO NA SELEÇÃO E CONTAGEM DE PEÇAS PRODUZIDAS.

Projeto apresentado como pré-requisito para o Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr Marcelo Rodrigues

CURITIBA
2014

RESUMO

SCHAFFER, Daniel; SCHERER, Marcos. **Controle da Produção Utilizando Sistemas de Informação**. 15f. Projeto de Pesquisa – Tecnologia em Eletrotécnica – Modalidade Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Com o aumento da competitividade do mercado de consumo, a busca pela qualidade é uma meta de suma importância para as organizações. Pode-se definir a palavra qualidade de várias formas, como por exemplo: "conformidade com as exigências dos clientes", "relação custo/benefício", "adequação ao uso", "valor agregado, que produtos similares não possuem"; "fazer certo à primeira vez"; "produtos e/ou serviços com efetividade". Enfim, o termo é geralmente empregado para significar "excelência" de um produto ou serviço. Desta forma, a equipe do projeto percebeu a necessidade de criar um sistema capaz de auxiliar de maneira automatizada e eficiente o processo de verificação e conformidade dos produtos produzidos por uma linha de produção. Sendo assim, o objetivo da realização deste projeto foi implantar um sistema ágil e confiável capaz de garantir a qualidade, através do cumprimento das especificações projetadas para um determinado produto, atendendo parâmetros pré-estabelecidos. Durante a etapa de brainstorming de ideias para definição do escopo geral do projeto, algumas premissas foram estabelecidas a fim de auxiliar a tomada de decisões e definição da estrutura e características do sistema seletor. O equipamento foi visualizado pela equipe como compacto, a fim de minimizar a utilização do espaço físico onde seria utilizado, apresentando uma estrutura mecânica robusta e confiável pois posteriormente poderá ser implementado em ambientes fabris, bem como com velocidade compatível com as máquinas e equipamentos utilizadas atualmente, além de um conceito de elaboração de progressão vertical, pois a alimentação ocorrerá pela extremidade superior, alcançando assim um dos objetivos iniciais que é aprimorar a utilização do local de instalação. Desta forma, foi projetado um equipamento seletor de peças com inovações em sua construção física, garantindo melhor aproveitamento do espaço físico, devido a sua disposição vertical, através da identificação de ferramentas para confeccionar e operacionalizar a máquina. As etapas de testes de funcionamento do equipamento desenvolvido foram suficientes para verificar que a operação do mesmo ocorre de maneira eficiente.

A equipe do projeto apenas não pôde analisar a produtividade do equipamento para estabelecer um comparativo com equipamentos similares existentes no mercado, justamente por não encontrar nenhum dispositivo que reúna todas as características implementadas no protótipo.

Palavras-chave:

- Automação de Processos
- Gestão da Produção
- Gestão da Qualidade
- Gestão da Informação

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fluxo de Operação do Protótipo Seletor. ...	Erro! Indicador não definido.
Figura 2.2 - Projeto estrutural do protótipo seletor.	Erro! Indicador não definido.
Figura 4.1 - Estação de Separação.....	22
Figura 4.2 - Estação de Separação - Saída de Ar Comprimido.....	23
Figura 4.3 - Estação de Separação - Rampas Direcionadoras	24
Figura 4.4 - Placa Superior – Sulco para alocação das cerdas.....	25
Figura 4.5 - Magazine – Placas superior, intermediária e inferior.	25
Figura 4.6 - Associação entre barras e cantoneiras.	26
Figura 4.7 - Montagem - Implementação dos tubos no sentido vertical	26
Figura 5.1.1 - Estrutura do protótipo após etapa de usinagem.....	28
Figura 5.2.1 - Montagem mecânica e estrutural finalizada.....	29
Figura 5.2.1.1 - Componentes pneumáticos instalados.	31
Figura 5.3.1 - Componentes elétricos instalados.	32
Figura 5.3.1.1 - Forma construtiva e dimensional da fonte de alimentação.	34
Figura 5.3.2.1 - CLP Siemens S7-200.....	35
Figura 5.3.2.2.1 - Cabo de comunicação PC/PPI.....	37
Figura 5.3.2.2.2 – Programação em linguagem ladder (1 de 4).	43
Figura 5.3.2.2.3 - Programação em linguagem ladder (2 de 4).....	44
Figura 5.3.2.2.4 – Programação em linguagem ladder (3 de 4).	45
Figura 5.3.2.2.5 – Programação em linguagem ladder (4 de 4).	45
Figura 5.3.3.1 - Sensor indutivo.	46
Figura 5.3.3.2 - Sensor fotoelétrico de fibra-óptica amplificada.....	47
Figura 5.3.3.3 - Sensor fotoelétrico.	48
Figura 5.4.1 - Configuração do driver MProt	49

Figura 5.4.2 - Tabela de endereçamento padrão do driver MProt.....	49
Figura 5.4.3 - Tela de <i>login</i> ao sistema supervisorio.	51
Figura 5.4.4 - Tela de monitoramento do protótipo.	51
Figura 5.4.5 - Gráfico de controle de peças processadas no período	52
Figura 5.5.1 - Cronograma " <i>Punch List</i> " do projeto.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.3.1.1 - Características da fonte de alimentação Siemens PS307, 5A.	33
Tabela 5.3.2.2.1 – Declaração de variáveis no CLP.....	39
Tabela 5.3.2.2.2 - Configuração das portas de comunicação do CLP	41
Tabela 5.3.2.2.3 – Referências cruzadas das variáveis no CLP.....	41
Tabela 5.4.1 - Endereçamento de TAGs de comunicação	50
Tabela 5.5.1 - Problemas e soluções do projeto	56
Tabela 5.6 1 - Custo estimativo do protótipo.....	59
Tabela 5.5.1 1 - Testes de funcionamento - Abastecimento intermitente.....	58
Tabela 5.5.1 2 - Testes de funcionamento - Abastecimento contínuo.....	58

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

BC - Banco Central

CAD - Computer Aided Design

CEP – Controle Estatístico de Processo

CLP - Controlador Lógico Programável

CP243-1 – Módulo Ethernet Siemens

E3 - Software supervisorio fornecido pela empresa Elipse

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IHM - Interface Homem Máquina

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISOTCP – Protocolo de comunicação ISO sobre TCP, RFC1006 ou S7-TCP/IP

MDF - Medium-Density Fiberboard

MES - *Manufacturing Execution Systems*

NEMA - National Electrical Manufacturers Association

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OMC - Organização Mundial do Comércio

OMS - Organização Mundial de Saúde

PC/PPI – Cabo conversor serial

PCC - Pontos Críticos de Controle

PCP – Planejamento e controle de produção

PIB - Produto Interno Bruto

PLC - Programmable Logic Controller

PPHO - Procedimentos Padrões de Higiene Operacional

PPI - Point to Point Interface

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SED – Sistemas e Eventos Discretos

SFC - *Shop floor control*

STL - Standard Template Library

TCP/IP - Transmission Control Protocol / Internet Protocol

TOFF – Temporizador OFF

TON – Temporizador ON

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

VBA - Visual Basic for Applications

VBS - Visual Basic Script

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	TEMA	4
1.1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	5
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	5
1.3	OBJETIVOS	6
1.1.2	OBJETIVO GERAL	6
1.1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4	JUSTIFICATIVA	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO	12
2.1.1	SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS	15
2.2	FORMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE PRODUÇÃO	17
2.2.1	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS - CEP	17
2.2.2	APPCC – ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE	18
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
4	PROJETO ESTRUTURAL DO EQUIPAMENTO SELETOR	22
5	EXECUÇÃO DO PROJETO DO EQUIPAMENTO SELETOR	27
5.1	USINAGEM E CONFECÇÃO DA ESTRUTURA	27
5.2	MONTAGEM MECÂNICA	29
5.2.1	PNEUMÁTICA	30
5.3	MONTAGEM ELÉTRICA	32
5.3.1	FONTE DE ALIMENTAÇÃO	32
5.3.2	CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	34
5.3.2.1	COMUNICAÇÃO SERIAL	36
5.3.2.2	DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO EM <i>LADDER</i>	37
5.3.3	SENSORES E ATUADORES	45
5.4	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO	48
5.5	TESTES E VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO	52
5.5.1	ESTATÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO	56
5.6	CUSTO ESTIMATIVO DO PROTÓTIPO	59
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

As empresas de manufatura procuram atualmente, aumentar a produtividade assim como a lucratividade em sua área de atuação. Com isso, se faz necessário diminuir os tempos de processos e as áreas de fabricação como um todo, tendo linhas de produção rápidas e que utilizam pouco espaço físico.

Atualmente, devido à grande concorrência, o uso de informações imprecisas e dados incorretos em uma empresa podem prejudicá-la em muito no processo de tomada de decisão, em sua produtividade e, inclusive, na sua própria permanência no mercado (CAETANO, 2000).

O presente projeto surge da necessidade de diminuir o espaço utilizado por uma linha de produção, sem afetar a qualidade do processo e do produto. O estudo surge a partir do aumento do custo do metro quadrado constatado no mercado imobiliário. Especificamente do constante crescimento pelo qual as empresas passam, sem poder aumentar a área disponível para seus processos.

Paralelamente a isso, é crescente, principalmente no mercado brasileiro, a atenção ao processo de gestão da demanda como forma de conhecer melhor o mercado e, conseqüentemente, otimizar a utilização dos processos produtivos de acordo com as necessidades constatadas no mercado (PIRES et al., 2001).

Como a verticalização, tanto física quanto funcional, é algo relativamente novo, especialmente em ambientes de manufatura nos quais se utilizam processos de verificação da qualidade, poucos estudos vêm sendo realizados envolvendo a sua implantação em processos industriais, como por exemplo, o processo de controle da qualidade.

Deste modo, o objetivo do trabalho é o desenvolvimento de uma linha de controle de qualidade veloz e disposta de forma vertical, permitindo melhor utilização de espaço sem perder velocidade.

1.1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Em busca de uma melhor utilização de suas áreas, o desenvolvimento eficaz de um sistema de verificação da qualidade disposto de forma vertical pode contribuir para alcançar esse objetivo.

Um sistema de informações pode ser definido como o processo de transformação de dados em informações que são utilizadas na estrutura decisória da empresa e que proporcionam a sustentação administrativa, visando à otimização dos resultados esperados (REZENDE; ABREU, 2000, p.62)

No escopo da pesquisa proposta será confeccionado um protótipo capaz de ser aplicado em vários processos diferentes. O foco é diminuir a utilização de espaço físico, garantindo velocidade e confiabilidade de processos de verificação de qualidade.

1.2 PROBLEMAS E PREMISAS

Os dois principais problemas encontrados, e que objetivaram o trabalho, foram:

1. Falta de espaço físico em empresas em constante crescimento;
2. Aumento da capacidade de linhas de verificação de qualidade.

Em decorrência dos dois problemas citados, o crescimento da empresa fica prejudicado, gerando, entre outros: empecilhos para o crescimento e aquisição de novas linhas de produção, altos gastos decorrentes da aquisição e montagem de novos parques fabris.

Logo: como progredir com o crescimento industrial sem a aquisição de novos imóveis?

Com a utilização de linhas de produção verticais, acredita-se que o problema de falta de espaço físico possa ser minimizado.

A implantação de uma linha de produção vertical pode encontrar resistência da área de manutenção industrial e segurança do trabalho. A causa desta resistência está no fato de que as linhas podem atingir

alturas elevadas, dificultando sua manutenção e elevando os riscos do trabalho.

1.3 OBJETIVOS

1.1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolvimento de protótipo de sistema de controle de qualidade com foco na seleção e contagem de peças produzidas de uma linha de produção, possibilitando a segregação de peças não conformes e gerando qualidade ao processo produtivo.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar no referencial teórico ferramentas para confeccionar e operacionalizar a máquina;
- ✓ Projetar um equipamento selecionador de peças com inovações em sua construção física, garantindo melhor aproveitamento do espaço físico;
- ✓ Testar o funcionamento do equipamento desenvolvido, garantindo sua operação eficiente;
- ✓ Analisar a produtividade do equipamento para estabelecer um comparativo com equipamentos similares existentes no mercado.

1.4 JUSTIFICATIVA

É sabido que no mercado atual, mais globalizado e com concorrência gradativamente mais acirrada, recheado de tecnologias oriundas de todas as partes do mundo, cujo acesso e aquisição é relativamente fácil e o custo muitas vezes é bem menor do que o esperado – apesar de o parâmetro “qualidade” ser diretamente proporcional à questão custo, na maioria das vezes, as empresas que almejam a liderança do mercado em que atuam ou até mesmo a subsistência no seu segmento de atuação devem focar seus esforços no aumento de produtividade, primando pela eficiência em seus processos produtivos e na eficácia de suas ações, sejam elas de marketing, econômicas ou relacionadas a produção. A capacidade de fazer mais com os recursos disponíveis se tornou também um atalho para o desenvolvimento. De acordo com o economista José Alexandre Scheinkman, professor da Universidade de Princeton, dos Estados Unidos, “a melhor maneira de um país enriquecer é conseguir que cada trabalhador produza mais” (Revista Exame, 2012).

Por mais óbvia que essa afirmação possa parecer, o que se observa na prática é uma situação totalmente diferente, pelo menos nos países em desenvolvimento como o Brasil.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2012, a produtividade brasileira está estagnada há três décadas. Nos anos 80, ela encolheu 1,35% ao ano. Continuou a cair à média de quase 1% ao ano na década seguinte.

Ao longo dos 2000, avançou apenas 0,9% por ano, crescimento insuficiente para ao menos equiparar as perdas anteriores. Já em 2014, analistas do mercado financeiro revisam para baixo suas expectativas para o crescimento da economia brasileira semanalmente, de acordo com o boletim Focus, do Banco Central (BC), que apura estimativas entre cerca de cem instituições. A mediana das projeções para o avanço do Produto Interno Bruto (PIB) saiu de 0,48% para 0,33% entre os meses de outubro e novembro. Para 2015, a mediana das estimativas para o crescimento do PIB ficou em 1,04%. (Valor Econômico, 2014).

A partir da análise destes dados pode-se questionar a capacidade de o país continuar crescendo com vigor. O desenvolvimento da economia na última década ocorreu principalmente graças à incorporação de milhões de pessoas ao mercado de trabalho e à forte demanda internacional pelos produtos nacionais. Contudo, dificilmente esses fenômenos se repetirão daqui por diante. Ou seja, será cada vez mais difícil alcançar as metas de crescimento estipuladas. Desta forma, o país vai precisar tirar mais de cada máquina e de cada trabalhador. Para garantir aderência às metas de crescimento, faz-se necessário voltar cada vez mais a atenção para o aumento da produtividade.

Diante deste cenário extremamente competitivo, é preciso inovar no quesito tecnologias, no sentido de extrair a maior capacidade produtiva possível das indústrias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No esquema da Figura 2.1, pode-se visualizar a sequência do fluxo de operação do equipamento que ocorre desde a presença da peça a ser selecionada, passando pela leitura da mesma quando da sua inserção no magazine central até a separação de acordo com seu tipo ao ser lida pelo sensor. Pode-se visualizar que a operação proposta encontra-se justamente entre a leitura da presença do objeto e a separação final de acordo com o tipo de peça inserida. Para o desenvolvimento proposto utilizar-se-ão, inicialmente, conceitos baseados em Roque (2014) para Automação Industrial, Calarge (2001) para Sistemas de Qualidade e a Norma Regulamentadora N°12 (2010) para Segurança no Trabalho.

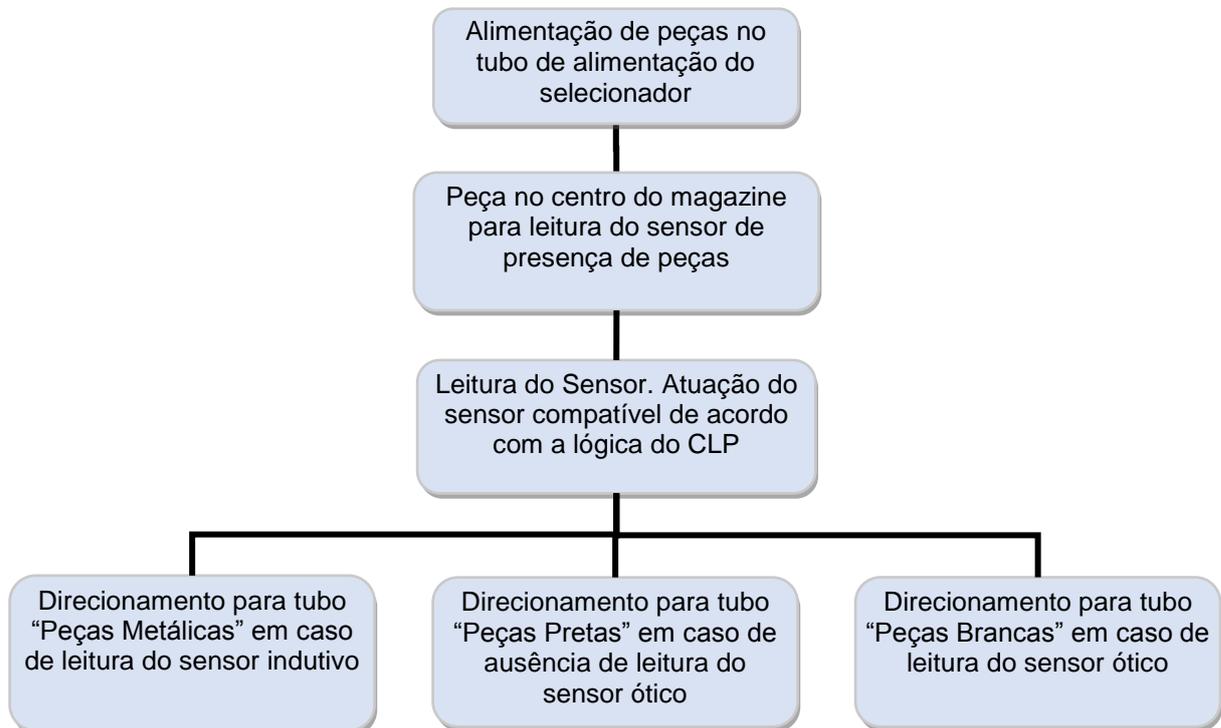


Figura 2.1 - Fluxo de Operação do Protótipo Seletor.

Fonte: Autoria Própria

No fluxo de operação têm-se os seguintes elementos considerados principais:

- ✓ Tubo de alimentação: conjunto do equipamento selecionador que irá alimentar o processo de seleção das peças.
- ✓ Sensor de presença de peças: sensor fotoelétrico óptico cujo feixe de luz está alinhado e direcionado para o centro do

magazine de seleção. A ruptura do feixe de luz indicará a presença de peças no magazine.

- ✓ Sensores de leitura de peças: sensor indutivo e sensor fotoelétrico óptico que irão realizar a leitura do tipo de peça que está presente no centro do magazine selecionador, enviando comando ao conjunto de válvulas de acordo com a peça lida.
- ✓ CLP: Controlador Lógico Programável. Equipamento onde a lógica do funcionamento do selecionador foi elaborada, em linguagem de programação *ladder*, e também de onde são enviados os comandos aos sensores e atuadores.

Na figura 2.2, pode-se observar o projeto estrutural do protótipo desenvolvido, de acordo com o fluxo de operação.

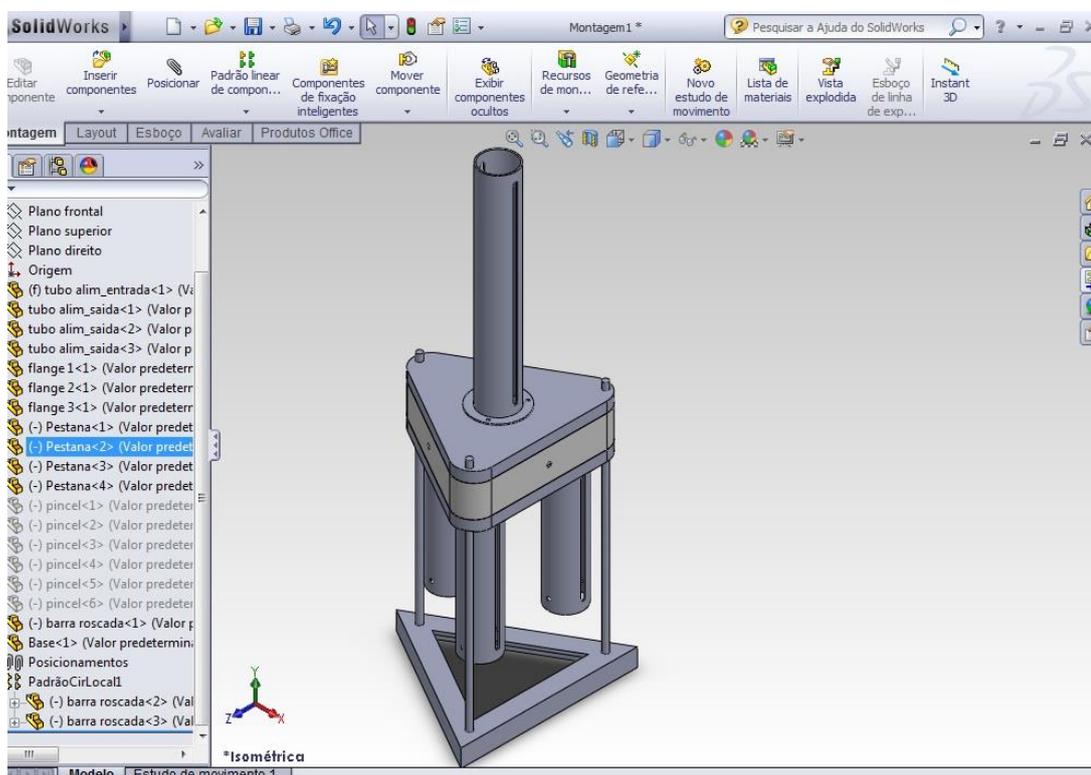


Figura 2.1 - Projeto estrutural do protótipo seletor.

Fonte: Autoria Própria

Tomando como base o fluxo de operação do equipamento, o trabalho a ser desenvolvido irá utilizar três tipos de sensores diferentes, sendo um sensor indutivo para identificação do elemento selecionável metalizado, um sensor para detecção de presença de objetos, um sensor óptico para leitura da cor da peça, realizando a

diferenciação entre peças brancas e pretas e um sensor fotoelétrico para detecção do nível máximo em cada uma das estações de separação de peças pós seleção; um controlador lógico programável para programação das rotinas de acordo com a ação necessária, um sistema de válvulas e atuadores pneumáticos para direcionamento das peças para suas respectivas estações de acordo com a leitura realizada, um módulo de comunicação via protocolo ethernet que será responsável pela comunicação com o sistema supervisório, sistema este que disponibilizará uma interface homem-máquina (IHM), facilitando a operação do protótipo seletor, bem como registrando a produção realizada, a partir da implementação de sistemas de alarmes e dispositivos de controle e monitoramento das condições operacionais durante seu funcionamento.

Para o perfeito entendimento do funcionamento do CLP o embasamento teórico sobre o mesmo será uma das fontes de estudo.

Segundo Roque(2014), A linguagem *ladder* é utilizada na programação dos controladores e constitui um dos pilares da Engenharia de Controle e Automação. Já os sistemas supervisórios permitem que sejam monitoradas informações de processos, enquanto os CLP são responsáveis pelo controle e aquisição de dados.

Dentro do CLP e da linguagem de programação *ladder* existem diversos conceitos que serão estudados, podendo-se citar alguns como:

- ✓ Contadores crescentes/decrescentes;
- ✓ Comandos autorretentivos (*latch, unlatch*);
- ✓ Temporizadores (TON / TOFF).

O princípio de funcionamento do selecionador é dividido em três partes: (i) alimentação de peças (que pode ser realizada de maneira individual, intermitente e/ou contínua), (ii) identificação de peças (passo responsável pela detecção de presença e leitura da peça inserida no tubo alimentador) e (iii) direcionamento (etapa onde a peça é direcionada para sua respectiva estação, de acordo com a leitura realizada no passo anterior). Com a utilização do CLP pode-se programar o selecionador para diversas funções, como selecionador de

peças de acordo com critérios de qualidade pré-estabelecidos e devidamente calibrados no equipamento, contador de peças conformes e não-conformes, atuando diretamente no controle estatístico do processo produtivo - possibilitando sua aplicação como um ponto crítico de controle, através de informações disponibilizadas pelo supervisor e até como um buscador de peças. Os sensores fazem a ligação entre este processo e os sinais elétricos que, depois de analisados pelo sistema de controle e supervisão, possibilitarão monitorar o funcionamento do equipamento no chão de fábrica.

O sistema de monitoramento dedicado é um equipamento responsável por aumentar a inteligência das máquinas. Ele é composto por um sensor e um circuito eletrônico que faz o tratamento do sinal de sensores. Ele fornece, então, um sinal tratado que pode ser lido por algum sistema externo (MEIRELES, 2000).

As informações sobre ciclo produtivo, número de peças processadas e peças não conformes encontradas são visualizadas no painel IHM da máquina, através do programa supervisor que utiliza as informações disponibilizadas pelo CLP, proporcionando informações suficientes para a análise do desenvolvimento da máquina em função de sua operação. Por esta razão é necessário a utilização do CLP. Logo, ainda serão incorporados à presente pesquisa conceitos de coleta de informação automatizada.

Nas subseções seguintes, uma breve revisão da literatura sobre processos de automação e seus conceitos, formas de controle e monitoramento de produção, bem como a caracterização dos processos de controle de qualidade.

2.1 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO

A utilização de equipamentos e máquinas nas indústrias teve início na Revolução Industrial, que iniciou-se na Inglaterra durante o século XVIII, expandindo-se pelo mundo a partir do século XIX. Anteriormente, toda produção era realizada de modo artesanal e rústica. A introdução de um maquinário específico para produção propiciou auxílio à mão de obra e um aumento de produtividade. Desde

então, as máquinas vêm sendo aperfeiçoadas com o objetivo principal de tornar a produção cada vez mais rápida, lucrativa e confiável.

Em meados do século XX, o controle e automação de processos se baseavam em elaborados circuitos lógicos acionados por dispositivos eletromecânicos magnéticos (relés), associados a dispositivos pneumáticos.

Atualmente, a automação é sinônimo de produtividade, qualidade, segurança e inovação. O que se caracteriza como um diferencial no mercado, possibilitando que determinadas empresas se destaquem. Pode-se dizer que, umas das demandas correntes do mercado de engenharia é a busca dos sistemas energeticamente eficientes. No caso da automação, grande parte da eficiência pode ser alcançada melhorando-se os sistemas de acionamento de máquinas e equipamentos que se encontram ultrapassados e obsoletos.

É conhecido como automação qualquer processo que use o computador substituindo o trabalho humano com objetivo de aumentar a qualidade, reduzir custos e diminuir o tempo de produção. A utilização do computador no controle automático industrial deu origem a palavra automação, que apareceu com o intuito de enfatizar esta prática.

De acordo com Rosário (2009, Pg. 38), a integração da automação nasceu, na prática, durante os anos 20, quando Henry Ford criou a linha de montagem do modelo T, com o intuito de aumentar a produtividade, de reduzir os custos de produção e de garantir a segurança dos operadores na realização de tarefas perigosas.

Na citação acima, fica clara a demonstração do aumento da produtividade, por evitar o processo repetitivo para o operário e por não necessitar de diversos intervalos, o que acarretaria também em um prolongamento do tempo de produção. Com o aumento da produtividade, encontra-se também a redução de custos obtida pelo alcance de um nível de qualidade maior e pelo crescimento do poder de venda. A preocupação com a segurança do operário também se torna importante, por evitar acidentes que pode torná-lo inválido, não sendo necessária a substituição constante destes trabalhadores.

De acordo com Rosário (2009, pg. 18), o conceito de automação é constantemente confundido com o de automatização. O conceito de automatização está ligado à realização de movimentos automáticos, repetitivos e mecânicos, sendo, portanto, sinônimo de mecanização, e mecanismo implica ação cega, sem correção. Já a automação possui um conceito que se baseia na aplicação de um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. Com base nas informações recebidas, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada, ou seja, um sistema de automação comporta-se como o operador humano, utilizando as informações sensoriais. Ele pensa e executa a ação mais apropriada.

Segundo Moraes e Castrucci (2012, pg. 12), é comum pensar que a automação resulta tão somente do objetivo de reduzir custos de produção. Isso não é verdade: ela decorre mais de necessidades tais como maior nível de qualidade, expressa por especificações numéricas de tolerância.

O que Castrucci quer deixar claro é que ao contrário da ideia inicial que se tem do conceito de automação, encontramos na verdade, além dos benefícios econômicos, benefícios que garantem maior precisão no produto solicitado.

Enquanto um operário está propício a cometer erros no desenvolvimento de um produto manufaturado, uma máquina programada para construção deste mesmo produto está mais próxima de alcançar o objetivo almejado pelo desenvolvedor do produto sem o aparecimento de falhas, pois este processo tem a vantagem de se adaptar.

Segundo Capelli (2008, pg. 13) “O único modo de fazer parte desse novo mercado de trabalho é através do investimento contínuo no perfil profissional. Na verdade, adquirir o que hoje é conhecido como “competência” profissional”.

Como citado, Capelli quis expressar que o investimento na competência profissional e na capacidade de solução de problemas diversos torna-se essencial com esta aplicação da automação.

Quanto à evolução do processo de automação visto atualmente, fica explícito que o progresso obtido nesse mesmo meio de desenvolvimento tornou-se irreversível, a ponto de que desde pequenas empresas com caráter de fabricação caseira até grandes montadoras, sintam necessidade de se fazer valer dessa prática revolucionária.

2.1.1 SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS

Sistemas de Supervisão e Aquisição de dados, ou abreviadamente SCADA (proveniente do seu nome em inglês para *Supervisory Control and Data Acquisition*), também chamado de software supervísório, são sistemas que se utilizam de um software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados através de controladores (drivers) específicos. Estes sistemas podem assumir topologia mono-posto, cliente-servidor e/ou múltiplos servidores-clientes.

De maneira genérica, um sistema de supervisão é um tipo de software que permite monitorar e controlar partes ou todo um processo industrial. Geralmente possuem dois módulos básicos: O desenvolvedor e o executável (*run-time*).

Atualmente, para desenvolver este tipo de projeto não é necessário o conhecimento de nenhuma linguagem de programação em específico. A maioria dos passos de programação é automatizada, suprimindo a maior parte das necessidades de um projeto. Em casos mais complexos e específicos, onde os passos não estão automatizados, alguns softwares incorporam módulos de programação em VBA (*Visual Basic For Applications*) ou VBS (*Visual Basic Script*). Em alguns casos encontram-se linguagem próprias, mas sempre similares com linguagens comerciais já difundidas no mercado.

Os principais objetivos para a aquisição e o desenvolvimento de um sistema supervísório são:

- ✓ Qualidade: Através do monitoramento das variáveis do processo produtivo (analógicas e digitais) é possível determinar níveis

ótimos de trabalho. Caso estes níveis extrapolem a faixa aceitável o software supervisorio pode gerar um alarme, alertando o operador do processo para um eventual problema. Desta forma, as intervenções no processo são feitas rapidamente, garantindo que o produto final sempre tenha as mesmas características.

- ✓ Redução dos custos operacionais: o software supervisorio possibilita a centralização de toda a leitura dos instrumentos de campo, gerando gráficos de tendência e gráficos históricos das variáveis do processo. São necessários poucos funcionários especializados para analisar os dados levantados e a informação está sempre acessível de maneira simples e objetiva.
- ✓ Melhor desempenho de produção: Problemas de parada de máquinas por defeitos podem ser diagnosticados pontualmente e com antecedência e os setups de máquina também são mais eficientes.
- ✓ Base para outros sistemas: O software supervisorio possibilita a coleta e armazenamento de dados do processo produtivo em banco de dados. Estes dados podem ser utilizados para gerar informações importantes, sendo integrados com sistemas MES, ERP, SAP e etc. Podem também fornecer dados em tempo real, para os sistemas que realizam cálculos de OEE, sistemas SFC, sistemas de PCP ou similares.

Este projeto contempla a utilização de um sistema supervisorio, mais especificamente a versão de demonstração do software E3, fornecido pela empresa Elipse. Serão elaboradas telas de sinóticos – tela que permite visualizar um conjunto de uma só vez e em que é dada uma visão geral do todo, com o objetivo de monitorar a operação e o processo produtivo do protótipo. Estas telas serão projetadas e desenhadas através de um desenvolvedor disponível dentro do software E3 – Studio, e depois executadas através do executável (*runtime*).

2.2 FORMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE PRODUÇÃO

Segundo Costa; A.F.B. et al. (2005), podem ser observadas grandes mudanças na gestão e organização da produção ao longo dos últimos 60 anos, porém dois pontos merecem destaque dentre os demais. O primeiro foi o avanço em tecnologia e o desenvolvimento tecnológico aplicado ao gerenciamento das informações através de sistemas, que contribuiu para um controle mais eficiente das operações. O segundo, porém não menos importante, e que caminha paralelamente, está relacionado aos novos conceitos e métodos de gestão da produção, que a partir da década de 80 ganharam destaque, mais especificamente com a difusão dos conceitos de gestão da qualidade nos Estados Unidos e Japão.

2.2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS - CEP

Embora seu desenvolvimento tenha surgido nos anos 20, o Controle Estatístico de Processo – CEP, passou a ser efetivamente aplicado em empresas ocidentais somente em meados da década de 80, quando se viram obrigadas a melhorar o seu nível de qualidade, atendendo melhor as exigências de seus consumidores.

Segundo Martins (2010), muitas empresas brasileiras ainda não identificaram as vantagens na utilização do CEP para o controle das variações em seus processos e conseqüentemente maior uniformidade de seus produtos e serviços.

Segundo Oliveira (2010), o monitoramento permanente dos processos se faz necessário, sobretudo, para a detecção da presença de causas especiais, que levam perturbação ao processo, servindo também como balizador para a tomada de decisão.

Ainda segundo Oliveira (2010), as perturbações menores, provocadas por variações naturais do processo, comumente

provenientes de causas comuns ou aleatórias, representam pequenos desvios que não comprometem ou são desprezíveis para o resultado.

As causas especiais, por outro lado, são perturbações maiores que podem deslocar a média de seu alvo, como também aumentar sua dispersão. Corrigíveis, as perturbações são normalmente oriundas de problemas ou operação anormal, ligadas em sua maioria às condições físicas ou de projeto e deficiências em padrão de trabalho, respectivamente.

Oliveira (2010) argumenta que o CEP possui uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas que podem ser aplicadas a qualquer processo, e suas sete principais ferramentas são: Histogramas ou ramo-e-folhas, Folha de controle, Gráfico de Pareto, Diagrama de causa e efeito, Diagrama de concentração de defeito, Diagrama de dispersão e Gráfico de controle.

2.2.2 APPCC – ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Anvisa, participa, conveniada ao Senai, do Projeto APPCC, sigla para Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle, desenvolvido para garantir a produção de alimentos seguros à saúde do consumidor.

Uma das ações do projeto é a criação do Sistema APPCC, que tem como pré-requisitos as Boas Práticas de Fabricação e a Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002 sobre Procedimentos Padrões de Higiene Operacional, PPHO. Esses pré-requisitos identificam os perigos potenciais à segurança do alimento desde a obtenção das matérias-primas até o consumo, estabelecendo em determinadas etapas os chamados Pontos Críticos de Controle ou “PCC”, medidas de controle e monitorização que garantam, ao final do processo, a obtenção de um alimento seguro e com qualidade.

O Sistema APPCC contribui para uma maior satisfação do consumidor, torna as empresas mais competitivas, amplia as possibilidades de conquista de novos mercados, nacionais e

internacionais, além de propiciar a redução de perdas de matérias-primas, embalagens e produto.

O Sistema é recomendado por organismos internacionais como a OMC, Organização Mundial do Comércio, FAO, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, OMS, Organização Mundial de Saúde, e pelo MERCOSUL e é exigido pela Comunidade Europeia e pelos Estados Unidos. No Brasil, o Ministério da Saúde e o Ministério da Agricultura e Abastecimento já têm ações com objetivo de adoção do Sistema APPCC pelas Indústrias Alimentícias.

Este projeto tem como objetivo fornecer dados que sirvam como instrumento de análise destes métodos de gestão de produção e qualidade, contribuindo para a implementação de um controle mais eficiente das operações.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo da realização deste projeto é implantar um sistema ágil e confiável capaz de garantir a qualidade, através do cumprimento das especificações projetadas para o protótipo, atendendo parâmetros pré-estabelecidos.

Durante a etapa de *brainstorming* de ideias para definição do escopo geral do projeto, algumas premissas foram estabelecidas a fim de auxiliar a tomada de decisões e definição da estrutura e características do sistema seletor. O equipamento visualizado pela equipe do projeto deve ser compacto, a fim de minimizar a utilização do espaço físico onde será utilizado, deve apresentar uma estrutura mecânica robusta e confiável pois poderá ser implementado em ambientes fabris, além de um conceito de elaboração de progressão vertical, pois a alimentação ocorrerá pela extremidade superior, alcançando assim um dos objetivos iniciais que é aprimorar a utilização do local de instalação.

Aproveitando a diversidade de conhecimento dos participantes da equipe do projeto, realizou-se a divisão das tarefas de acordo com a especialidade de cada participante, visando a execução de cada etapa do projeto da melhor maneira possível. Desta forma, as atividades relacionadas ao desenvolvimento do projeto mecânico e dos desenhos necessários para os processos de usinagem das peças, ficaram a cargo do integrante Octavio Ricardo Lustosa Neto, que possui certificação para utilização do software especialista, com experiência em empresas de engenharia em execução de projetos e instalações industriais voltadas ao armazenamento, controle e distribuição de fluídos e amplo conhecimento do software de CAD (*Computer Aided Design*) e *SolidWorks*, desenvolvido pela *SolidWorks Corporation*.

Já os desenvolvimentos específicos relacionados a área de elétrica e eletrônica foram capitaneadas pelo integrante Hevandro de Almeida Martins, que possui vasta experiência no setor de manutenção industrial, tendo atuado em grandes empresas como Denso do Brasil, Nutritional S/A, *Acker Solutions* e Grupo Boticário.

Hevandro é o responsável pelo desenvolvimento da programação em linguagem *ladder* utilizada no Controlador Lógico Programável para que o protótipo funcione adequadamente. Também atuou na montagem do protótipo, junto com os outros integrantes da equipe e facilitou a aquisição de componentes necessários para o desenvolvimento do projeto junto ao seu empregador atual, como empréstimo para fins acadêmicos.

Erton Lutz Junior é o responsável pela integração entre o Controlador Lógico Programável e o software supervisório. Utilizando um driver específico disponibilizado pelo fabricante Elipse, pôde-se comunicar as variáveis de entrada, saída e memória do CLP junto ao software supervisório, e as telas de sinóticos puderam ser projetadas de acordo com a necessidade do projeto, possibilitando o monitoramento das operações do equipamento e o registro de dados relacionados a produtividade, alarmes e registros gerais. Erton também é o responsável pela documentação do projeto e atuou como mediador da equipe, sendo o facilitador para realização das reuniões de trabalho e desenvolvimento do protótipo.

A usinagem das peças mecânicas projetadas pela equipe foi realizada por uma empresa terceirizada, devido a dificuldades em encontrar equipamentos onde o trabalho pudesse ser realizado pelos próprios integrantes da equipe e também pela otimização de recursos como tempo e matéria prima.

As reuniões para montagem do protótipo aconteceram na residência do integrante Erton e contaram com a participação de todos os integrantes de maneira ativa, atuando em conjunto na resolução de problemas encontrados ao longo do desenvolvimento do projeto. Estes problemas e as soluções encontradas serão abordados durante o capítulo de Execução do Projeto.

4 PROJETO ESTRUTURAL DO EQUIPAMENTO SELETOR

Formada a equipe do projeto e designadas as funções de cada integrante, iniciaram-se as reuniões para tecer o escopo do equipamento – levantamento de requisitos necessários para aprovação do projeto – e para confrontar as ideias de como seria o formato ideal do projeto, bem como suas características estruturais.

Durante essas reuniões, que ocorreram na biblioteca do câmpus centro da UTFPR, em Curitiba, confrontou-se as características básicas de uma linha de separação de peças, como por exemplo uma estrutura que sustenta uma linha de montagem ou esteira. Também foi discutida a motorização e gastos com energia elétrica para a movimentação de esteiras ou linha, entre outros tópicos, tanto para uma linha orientada na horizontal como orientada na vertical.

Para minimizar custos com componentes dispendiosos como motores de passo, por exemplo, optou-se por desenvolver o protótipo a partir de uma linha orientada na vertical, justamente visando o aproveitamento da ação da gravidade como força motriz para posicionar o elemento sujeito à separação em uma estação de separação propriamente dita, como pode ser verificado na figura 4.1.

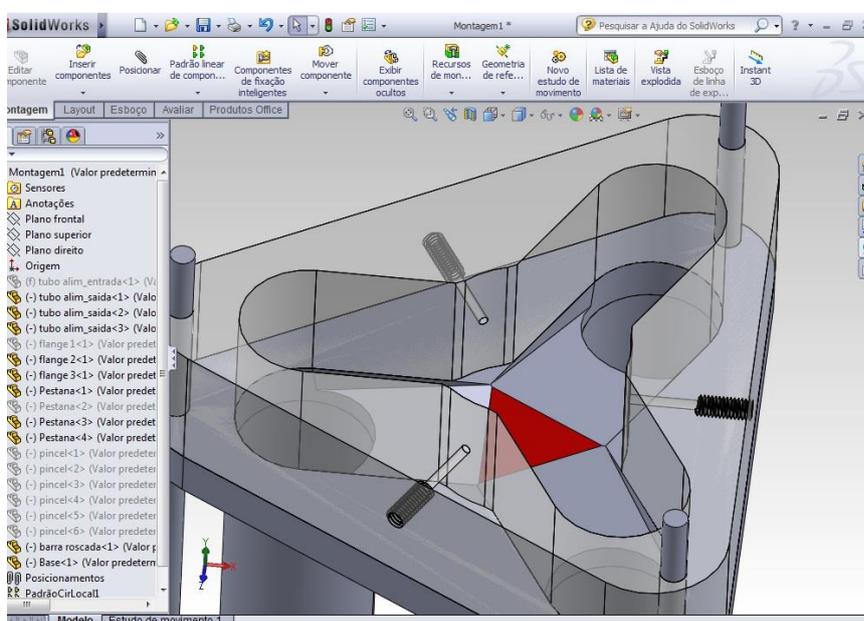


Figura 4.1 - Estação de Separação

Fonte: Autoria Própria

Com relação ao fator movimentação das peças - passo seguinte à etapa de leitura do elemento, visando minimizar gastos com atuadores pneumáticos, optou-se por utilizar o ar comprimido atuando diretamente sobre o elemento sujeito à separação, de uma forma rápida, direcionada e potente, através de orifícios usinados no corpo da placa intermediária. Esta configuração revelou-se forte o suficiente para movimentar a peça até fora da posição ideal, no sentido da estação de separação correta – conforme descrito na figura 4.2.

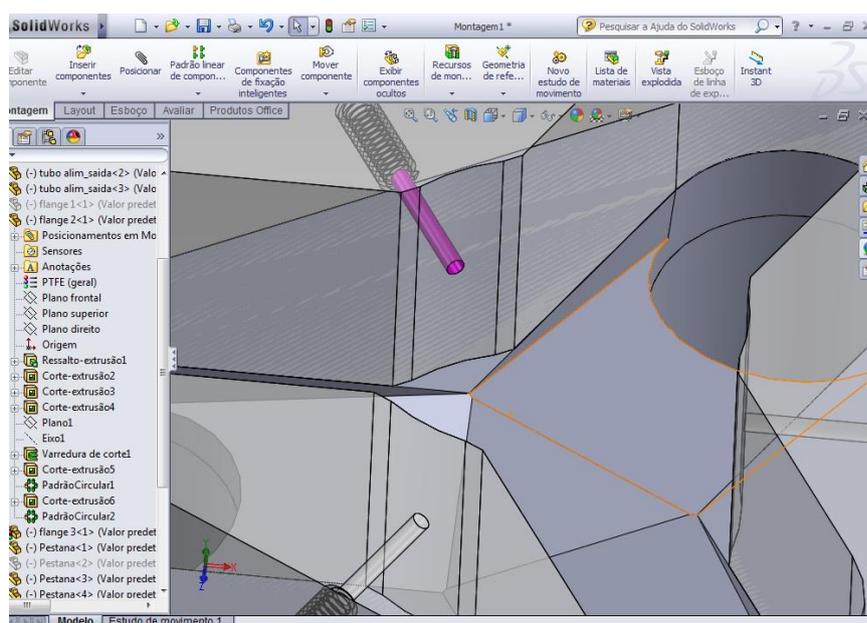


Figura 4.2 - Estação de Separação - Saída de Ar Comprimido

Fonte: Autoria Própria

Inicialmente o projeto teria como objeto de separação corpos de formato cilíndrico e achatado, pois a ideia inicial do protótipo seria realizar a separação por cor e tamanho das fichas utilizadas para apostas em jogos como o *Poker*. No entanto, nas primeiras horas de projeção e simulação com o software especialista, observou-se que por conta do atrito entre as peças e de cantos vivos presentes na forma construtiva da ficha, estes dificultariam de maneira sensível a ação da gravidade, comprometendo a ação do projeto – conforme a figura 4.3. Portanto, não havendo inclinação suficiente para mover a peça até a parte coletora das peças, optamos por mudar a forma geométrica da peça, assumindo assim um formato esférico, facilitando a movimentação após a seleção.

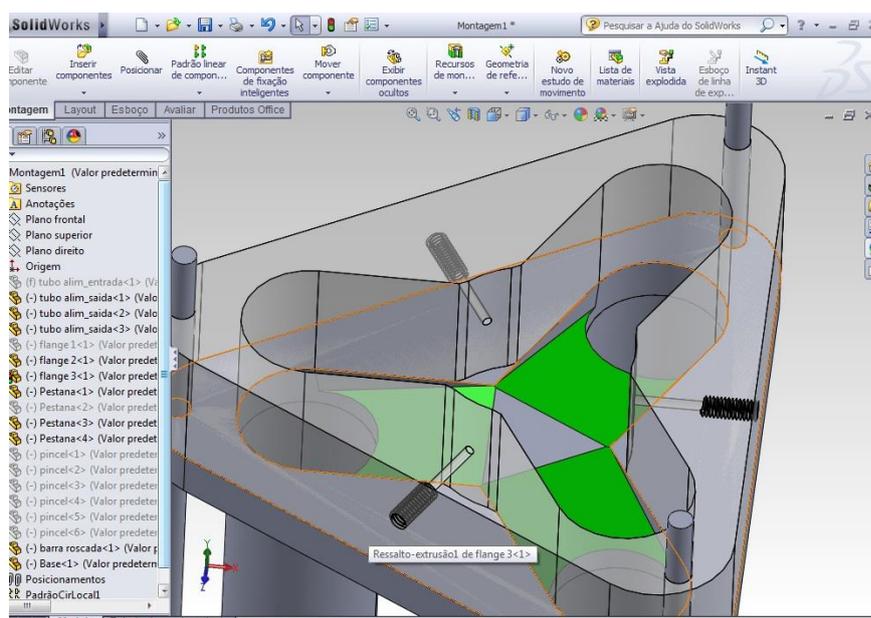


Figura 4.3 - Estação de Separação - Rampas Direcionadoras
 Fonte: Autoria Própria

Entretanto, com a aplicação de peças esféricas, superou-se uma deficiência e criou-se uma nova, pois a possibilidade da peça direcionar-se sem a ação do ar comprimido para qualquer das estações de separação, ou seja, cair sozinha pelas rampas - situação considerada inaceitável para a lógica condicional do projeto, era grande.

Desta forma, um novo desafio foi lançado aos integrantes da equipe, que precisaram pensar em uma solução prática para o problema.

Diante deste fato, iniciou-se então um estudo de anteparos físicos que pudessem garantir o posicionamento da peça sem comprometer o funcionamento e sem interferir na eficiência do sopro de ar comprimido.

A figura 4.4 apresenta o desenho da placa superior, elemento componente do magazine. Pode-se observar na imagem (figura 4.4), os sulcos criados para alocação de cerdas de pincéis novos, que seriam flexíveis o suficiente para permitir a passagem da peça durante o sopro e retilíneas o suficiente a ponto de não interferir na passagem da peça no exato momento da chegada da peça à estação de separação.

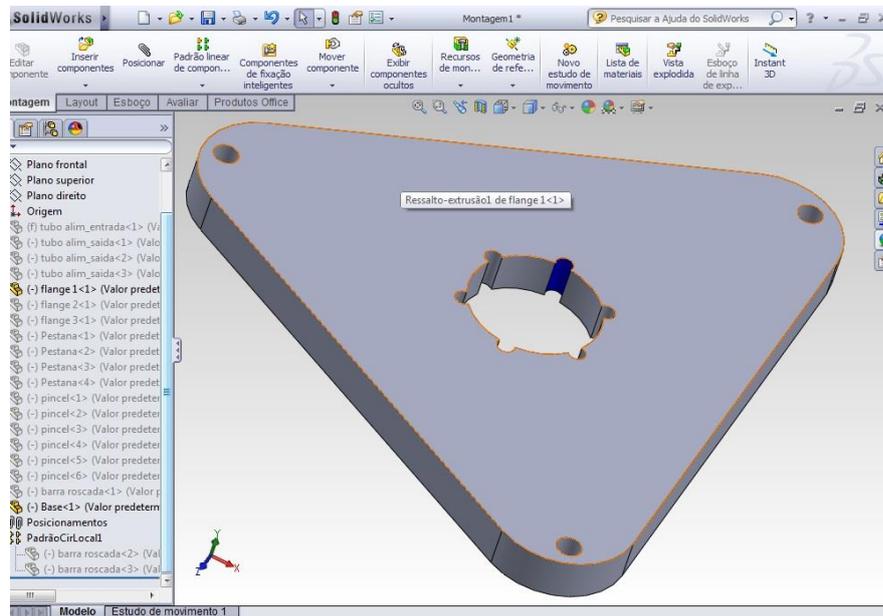


Figura 4.4 - Placa Superior – Sulco para alocação das cerdas
Fonte: Autoria Própria

Com a movimentação mecânica das peças escolhida, foi dado seguimento para o desenvolvimento estrutural do projeto, de forma que sua estrutura física se sustentasse por si só. Para tanto, optou-se por instalar barras roscadas que funcionariam como elemento de estrutura, bem como fixação para a placa superior, para a placa intermediária e também para a placa inferior ficarem sobrepostas, como pode ser observado na figura 4.5.

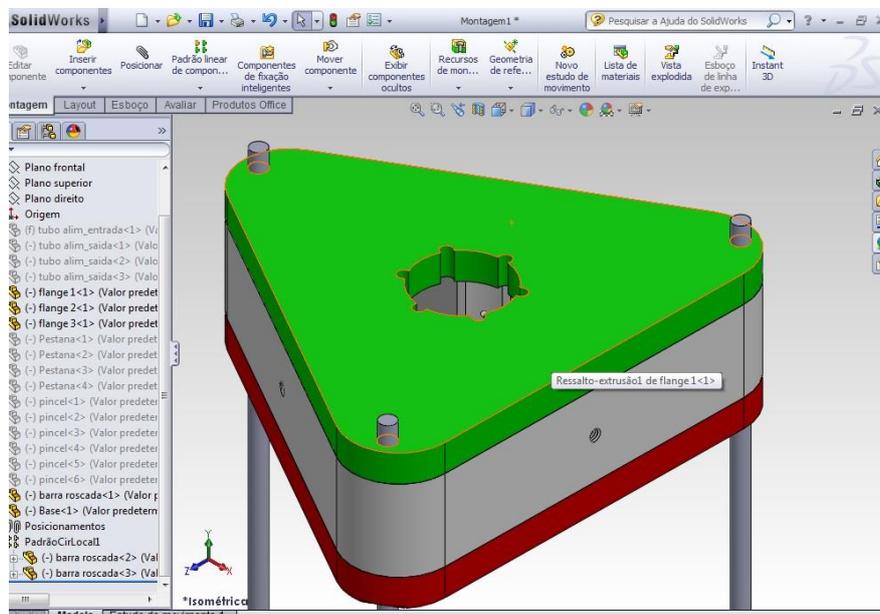


Figura 4.5 - Magazine – Placas superior, intermediária e inferior.
Fonte: Autoria Própria

Contudo, as barras roscadas não forneceriam a rigidez estrutural necessária para garantir o correto funcionamento do protótipo. Então, foi usinado e implementado um conjunto em formato triangular, confeccionado com cantoneiras de aço inox, soldadas e presas com porcas e contra-porcas. Essa associação pode ser melhor visualizada na figura 4.6.

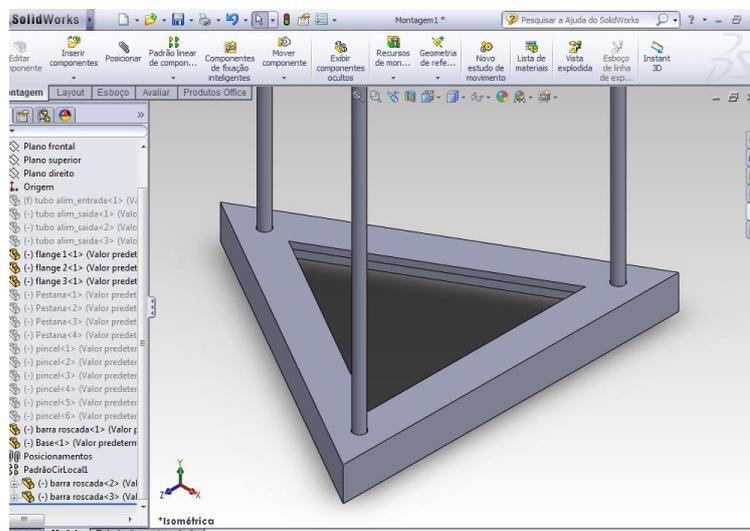


Figura 4.6 - Associação entre barras e cantoneiras.

Fonte: Autoria Própria

Por fim, a equipe do projeto decidiu utilizar tubos em aço inox tanto para a entrada quanto para as saídas das peças, visando o fácil abastecimento do magazine e mantendo o sentido vertical proposto, com rasgos oblongados em suas laterais para melhor visualização do funcionamento do processo de separação. Na figura 4.7, é apresentado o projeto finalizado.

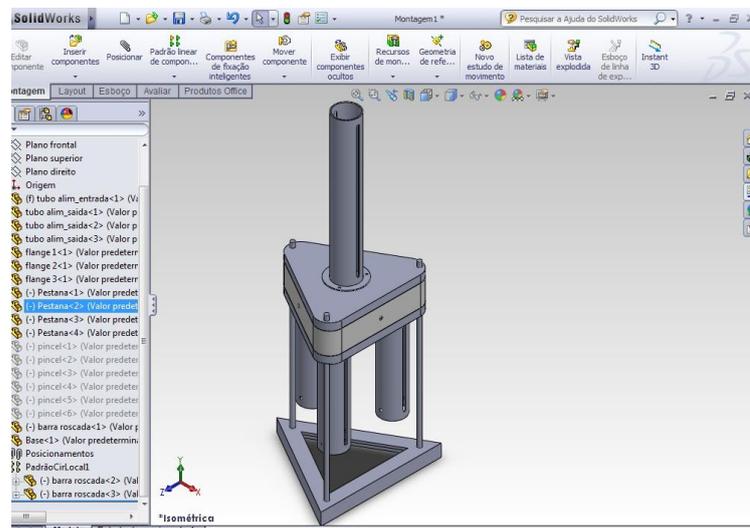


Figura 4.7 - Montagem - Implementação dos tubos no sentido vertical

Fonte: Autoria Própria

5 EXECUÇÃO DO PROJETO DO EQUIPAMENTO SELETOR

5.1 USINAGEM E CONFECÇÃO DA ESTRUTURA

Após a finalização do projeto estrutural do protótipo, os desenhos e croquis criados pela equipe do projeto foram encaminhados a uma empresa especializada em serviços de usinagem. Esta empresa foi responsável pela confecção da estrutura do protótipo como um todo, incluindo: tubo de alimentação, magazine central para detecção de peças e também as estações de separação.

É importante salientar que nesta etapa da construção do protótipo, assim como em todas as outras que serão detalhadas neste capítulo, não foi necessário investimento financeiro por parte dos integrantes da equipe. Grande parte do material necessário para realização da usinagem e confecção da estrutura foi doado por empresas e os componentes pneumáticos e eletroeletrônicos foram cedidos a título de empréstimo apenas durante a montagem e apresentação do protótipo. Logo, após a apresentação e validação do projeto junto à comissão avaliadora, este deverá ser desmontado para que suas peças e componentes principais sejam devolvidos.

O tubo de alimentação e as estações de separação foram confeccionados em material aço inox 314, com o diâmetro mais próximo possível do diâmetro do objeto alvo do estudo – bolas de tênis de mesa revestidas com tinta spray ou material metálico, principalmente devido à disponibilidade do material.

Já o magazine central para detecção de peças, originalmente projetado para ser confeccionado em material acrílico ou policarbonato, possibilitando a visualização da etapa de separação após a leitura dos sensores, teve sua usinagem realizada a partir do material nylon, também devido a disponibilidade do mesmo.

O tempo para execução da atividade solicitado pela empresa responsável pela realização do serviço foi de aproximadamente 07 dias úteis, prazo este que foi cumprido adequadamente, garantindo que as

próximas etapas de montagem pudessem ser desenvolvidas de acordo com o cronograma acordado entre os integrantes da equipe.

Na figura 5.1.1, pode-se visualizar a estrutura do protótipo já concluída após a etapa de usinagem.



Figura 5.1.1 - Estrutura do protótipo após etapa de usinagem.
Fonte: Autoria Própria

A estrutura do protótipo ainda contempla a utilização de uma base, também confeccionada em aço inox 314, a partir de cantoneiras soldadas em formato triangular, acompanhando o desenho do magazine, visando agregar maior rigidez estrutural ao conjunto.

A fixação e nivelamento do magazine de seleção pode ser ajustada devido a utilização de perfis de barra roscada, facilitando as etapas de início de operação, setup de máquina, ajustes e manutenções, aprimorando a manutenibilidade do protótipo.

Mantenabilidade pode ser definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos (NBR5462/1994).

A etapa de projeto estrutural não contemplou a instalação de componentes e acessórios periféricos, pois a esta altura do desenvolvimento a equipe do projeto ainda não tinha a informação de

quais tipos de sensores e atuadores estariam disponíveis para utilização. Estes componentes foram implementados nas etapas posteriores, conforme detalhamento a seguir.

5.2 MONTAGEM MECÂNICA

Com o protótipo usinado, iniciou-se o processo de montagem dos componentes periféricos e demais peças e acessórios. Após analisar a estrutura montada, a equipe do projeto teve que decidir como incorporar os equipamentos periféricos do protótipo, como componentes elétricos - CLP e fonte de alimentação, e também a parte pneumática necessária para dar movimentação às peças. Após um breve tempo de análise e sugestões, definiu-se que seria montada uma estrutura em madeira – material em madeira MDF disponível, o que não gerou custo de implementação, em formato “L”, o qual serviria para apoiar a estrutura do protótipo, criando uma base para sustentação e aumentando a rigidez estrutural do conjunto, e também como painel, possibilitando a instalação dos componentes elétricos e pneumáticos, facilitando a visualização e operação do equipamento.

Na figura 5.2.1 a seguir, o protótipo já se encontra suportado pela estrutura em madeira.



Figura 5.2.1 - Montagem mecânica e estrutural finalizada.
Fonte: Autoria Própria

5.2.1 PNEUMÁTICA

Desde a concepção original do protótipo, apesar das revisões em sua concepção estrutural e até mesmo no formato do produto selecionado, a utilização de ar comprimido para dar movimentação às peças sempre esteve presente, isto por que a pneumática é sem dúvida o elemento mais simples, com maior rendimento e de menor custo que pode ser utilizado na solução de muitos problemas de automatização, em comparação por exemplo com sistemas hidráulicos. Esta característica está ligada a uma série de características próprias de seu fluido de utilização, ou seja, ar.

O ar é comprimido por um compressor e armazenado em um reservatório, não sendo assim necessário que trabalhe continuamente, mas somente quando a pressão cair a um determinado valor mínimo, parametrizado previamente utilizando um pressostato.

O ar comprimido também não apresenta perigos de explosão ou incêndio, e mesmo que houvesse explosão por falha estrutural de um componente, tubulação, mangueira, ou mesmo do reservatório de ar comprimido, a pressão do ar utilizado em aplicações pneumáticas é relativamente baixa (3 a 12 bar), enquanto que em aplicações hidráulicas trabalha-se com pressões que podem chegar à ordem de 350 bar.

Válvula e bloco de segurança: componente conectado à máquina ou equipamento com a finalidade de permitir ou bloquear, quando acionado, a passagem de fluidos líquidos ou gasosos, como ar comprimido e fluidos hidráulicos, de modo a iniciar ou cessar as funções da máquina ou equipamento. Deve possuir monitoramento para a verificação de sua interligação, posição e funcionamento, impedindo a ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança (NR-12, 2013).

Os equipamentos pneumáticos utilizados no protótipo seletor vertical de peças foram: filtro regulador, válvulas simples solenoide e válvula duplo-solenoide, bloco de segurança, mangueiras.

Filtro regulador: Para este protótipo foi utilizado o filtro regulador da fabricante SMC, modelo AW20-F02BE. Sua principal função é liberar o ar comprimido que passa livre de todas as impurezas, bem como da água condensada. Também é utilizado para

manter constante, dentro do possível, a pressão de trabalho (pressão secundária), independente da oscilação da pressão da rede (pressão primária), bem como do consumo de ar. A indicação da pressão de trabalho é feita através de um manômetro.

Válvulas simples solenoide e duplo-solenoide: As válvulas são componentes do circuito pneumático cuja principal função é controlar a direção, pressão e/ou vazão do ar comprimido. Elas podem ser de controle direcional de 2, 3, 4 ou 5 vias, reguladores de vazão ou pressão e de bloqueio, com diversos tipos de atuadores. Para o desenvolvimento do protótipo utilizamos duas válvulas simples solenoide e uma válvula duplo-solenoide do fabricante SMC, modelo SY5220-5L-01.

Após analisar os componentes disponíveis, a equipe do projeto se concentrou em verificar a disposição dos componentes no painel, de modo a deixá-lo didático e de fácil acesso para possíveis ajustes e manutenções. Os componentes foram instalados de acordo com a imagem 5.2.1.1.



Figura 5.2.1.1 - Componentes pneumáticos instalados.
Fonte: Autoria Própria

5.3 MONTAGEM ELÉTRICA

A montagem elétrica do protótipo foi uma das etapas mais complexas, que consumiu maior tempo da equipe do projeto. Nesta fase, foram realizadas as atividades de fixação dos componentes elétricos no painel do equipamento, alimentação dos componentes elétricos através da fonte de alimentação, conexão dos cabos e definição das entradas e saídas do CLP utilizadas, instalação de terminais nos cabos, além de toda a programação lógica do protótipo. Na imagem 5.3.1, verifica-se a disposição dos componentes elétricos instalados no painel.



Figura 5.3.1 - Componentes elétricos instalados.
Fonte: Autoria Própria

5.3.1 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Para implementação deste protótipo faz-se necessário a utilização de uma fonte de alimentação cuja tensão de saída seja de 24Vdc, com o objetivo de fornecer corrente contínua para os

componentes elétricos. Desta forma, utilizou-se uma fonte de alimentação do fabricante Siemens, modelo PS 307, 5A, de acordo com as especificações da tabela 5.3.1.1.

CARACTERÍSTICAS DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO SIEMENS PS 307, 5A	
Tipo:	24 V / 5A
Modelo nº:	6ES7307-1EA01-0AA0
Tensão nominal de entrada:	AC 120/230 V
Corrente nominal (AC 120/230 V)	0,9 / 0,5 A 2,3 / 1,2 A 4,2 / 1,9 A
Tensão nominal de saída (V out):	DC 24 V

Tabela 5.3.1.1 - Características da fonte de alimentação Siemens PS307, 5A.

Fonte: Manual Siemens C98130-A7594-A001-04-6419

De acordo com os princípios gerais 12.14, 12.15, 12.21 e 12.36 da NR-12, 2013, as instalações elétricas das máquinas e equipamentos devem ser projetadas e mantidas de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto na NR-10.

Devem ser aterrados, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as instalações, carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão.

São proibidas nas máquinas e equipamentos:

- a) a utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada;
- b) a utilização de chaves tipo faca nos circuitos elétricos; e
- c) a existência de partes energizadas expostas de circuitos que utilizam energia elétrica.

Os componentes de partida, parada, acionamento e outros controles que compõem a interface de operação das máquinas devem:

- a) operar em extra baixa tensão de até 25V (vinte e cinco volts) em corrente alternada ou de até 60V (sessenta volts) em corrente contínua;
- b) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, conforme itens 12.56 a 12.63 e seus subitens.

Todas estas recomendações foram levadas em consideração nas etapas de projeto estrutural e execução do protótipo seletor vertical de peças.

Na figura 5.3.1.1, pode-se visualizar a forma construtiva e as dimensões da fonte de alimentação.

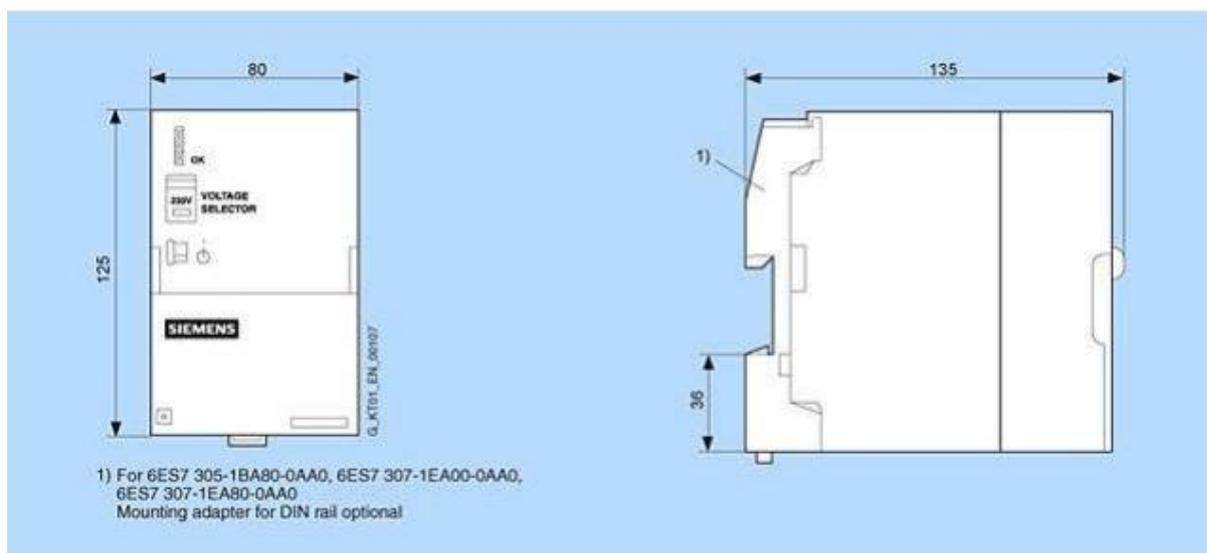


Figura 5.3.1.1 - Forma construtiva e dimensional da fonte de alimentação.

Fonte: Manual Siemens C98130-A7594-A001-04-6419

5.3.2 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Um Controlador Lógico Programável ou Controlador Programável, conhecido também por suas siglas CLP ou CP e pela sigla de expressão inglesa PLC (*Programmable Logic Controller*), é um computador especializado, baseado num microprocessador que desempenha funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade. Geralmente as famílias de Controladores Lógicos Programáveis são definidas pela capacidade de processamento e de um determinado número de pontos de Entradas e/ou Saídas (E/S), também chamadas de I/O (IOs).

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

Segundo a NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*), é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Um CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas caracterizados por eventos discretos (SEDs), ou seja, com processos em que as variáveis assumem valores zero ou um (ou variáveis ditas digitais, ou seja, que só assumem valores dentro de um conjunto finito). Podem ainda lidar com variáveis analógicas definidas por intervalos de valores de corrente ou tensão elétrica. As entradas e/ou saídas digitais são os elementos discretos, as entradas e/ou saídas analógicas são os elementos variáveis entre valores conhecidos de tensão ou corrente.

Neste protótipo a equipe optou por utilizar o CLP SIMATIC S7-200, do fabricante Siemens, devido a disponibilidade do mesmo para empréstimo e também devido ao conhecimento e familiaridade dos integrantes da equipe com o software SIMATIC STEP 7 MicroWIN SP1 V4.0, também do fabricante Siemens, utilizado para elaboração da programação do equipamento.

Na figura 5.3.2.1, pode-se visualizar em detalhes a forma construtiva e topologia do CLP, suas portas de comunicação, slots de entrada e saída.

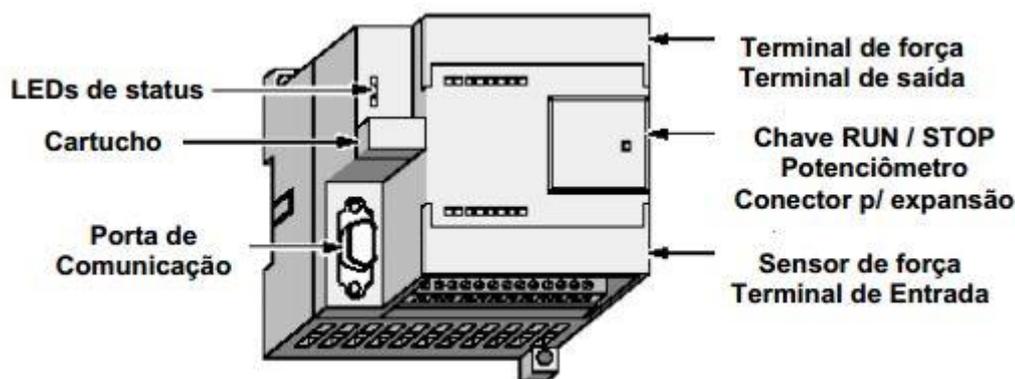


Figura 5.3.2.1 - CLP Siemens S7-200

Fonte: S7-200 Programmable Controller System Manual

5.3.2.1 COMUNICAÇÃO SERIAL

Em um primeiro momento, a intenção da equipe do projeto era utilizar o módulo de comunicação ethernet CP243-1, módulo de expansão do CLP cuja principal função é realizar a comunicação entre o CLP e outros dispositivos através do protocolo ethernet, TCP/IP e ISOTCP. Contudo, devido a problemas de comunicação entre o CLP S7-200 e a CP 243-1, não foi possível configurá-lo.

Desta forma, a comunicação entre o CLP e os softwares utilizados para sua programação e operação foram realizadas via cabo de comunicação PC/PPI e a comunicação com o software de programação SIMATIC STEP 7 MicroWIN SP1 V4.0 foi realizada utilizando o protocolo de comunicação profibus (PPI). O esquema de comunicação utilizado para integrar o CLP S7-200 ao software MicroWIN para desenvolvimento da lógica de programação e ao software supervisor pode ser visualizado na figura 5.3.2.1.1.

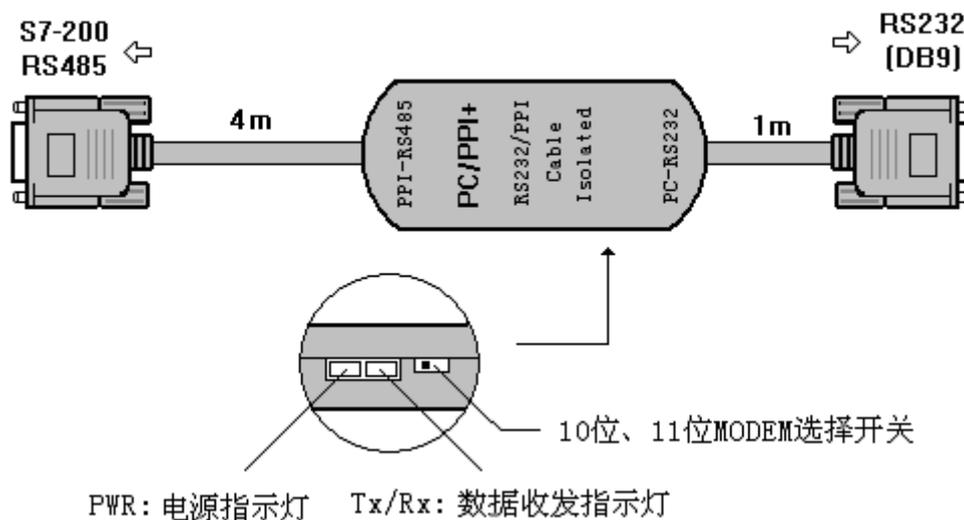


Figura 5.3.2.1.1 - Cabo de comunicação PC/PPI
 Fonte: S7-200 Programmable Controller System Manual

Ao longo de todo o processo de comunicação do dispositivo com o *software*, foram encontrados diversos problemas de comunicação,

principalmente devido ao cabo conversor Serial/USB utilizado. O diagnóstico fornecido pela equipe do projeto para tal situação é de que o driver do cabo conversor utilizado não é o mais atualizado, o que gerou o problema de não comunicação. Como o driver atualizado não foi encontrado, para solucionar o problema, a equipe deixou de utilizar o cabo conversor e a comunicação foi realizada através de um computador desktop com entrada serial DB-9 disponível.

5.3.2.2 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO EM LADDER

A programação do protótipo foi realizada através do software SIMATIC STEP 7 MicroWIN SP1 V4.0, fornecido pela empresa Siemens. O primeiro passo para elaboração do bloco de programação é a comunicação entre o meio físico, ou seja, o CLP instalado no protótipo e o software. Esta etapa foi vencida utilizando o cabo serial DB-9 PC/PPI. Abaixo, a figura 5.3.2.2.1 permite a visualização da tela de comunicação do software, onde podemos inserir a CPU 221, referente ao CLP S7-200.

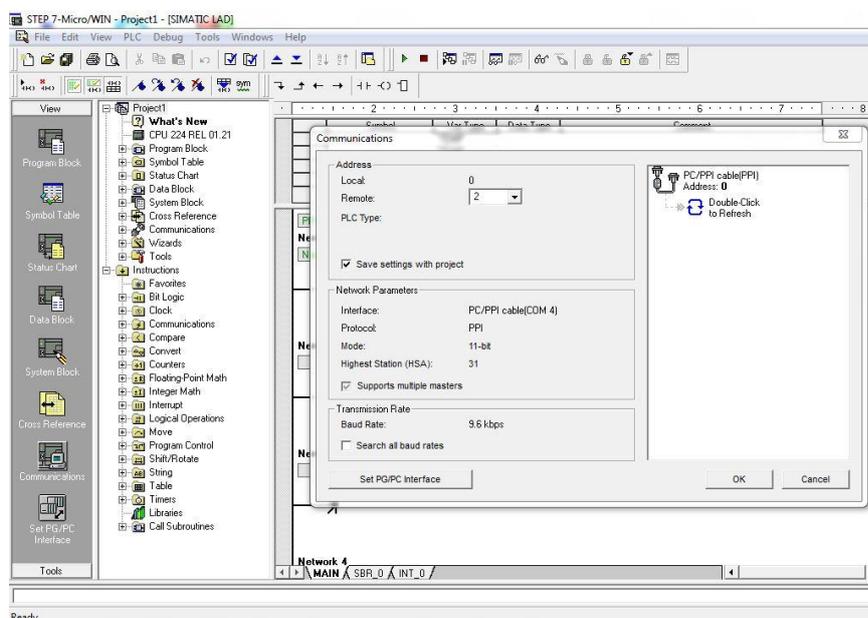


Figura 5.3.2.2.1 - Cabo de comunicação PC/PPI
Fonte: STEP 7 MicroWin

Em um primeiro momento, a programação foi desenvolvida utilizando-se de entradas digitais, as quais seriam integradas com o software supervisor, permitindo a visualização e a permutação do estado lógico das mesmas ao longo da operação do protótipo. Porém, devido a uma limitação da versão do software utilizado, que é uma versão de demonstração, não foi possível executar a leitura dos sinais de entrada do CLP. Para solucionar este impasse, a programação foi redesenhada utilizando memórias dentro do programa, para que o sistema supervisor pudesse efetuar a leitura. De maneira prática, esta alteração não apresenta nenhuma modificação significativa do funcionamento do programa ou da operação do protótipo. Na tabela 5.3.2.2 se encontra a lógica de programação desenvolvida no software em formato STL - *Standard Template Library* (STL; em português, Biblioteca Padrão de Gabaritos) é uma biblioteca de rotinas, que parte da biblioteca padrão do C++, que descreve *containers*, iteradores, algoritmos e *functores*.¹, bem como a lista de variáveis declaradas e utilizadas.

Block: MAIN
 Author: EQUIPE DO PROJETO – TCC – SELETOR VERTICAL
 CLP Type: CPU 224 REL 01.21
 Created: 10/30/2014 02:56:17 pm
 Last Modified: 11/12/2014 12:12:34 am

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
M0.0	TEMP	BYTE	SELO
M0.1	TEMP	BYTE	BOTÃO_LIGA
M0.2	TEMP	BYTE	BOTÃO_DESLIGA
M0.3	TEMP	BYTE	BOTÃO_EMERGÊNCIA
M0.4	TEMP	BYTE	MEMÓRIA_Q0.2
M0.5	TEMP	BYTE	MEMÓRIA_I1.0
M0.6	TEMP	BYTE	MEMÓRIA_I1.1
M0.7	TEMP	BYTE	MEMÓRIA_I0.7
I0.0	TEMP	BYTE	LIGA

I0.1	TEMP	BYTE	DESLIGA
I0.2	TEMP	BYTE	PRESSOSTATO
I0.3	TEMP	BYTE	BOTÃO_EMERGÊNCIA
I0.4	TEMP	BYTE	SENSOR_COR
I0.5	TEMP	BYTE	SENSOR_PRESENCA
I0.6	TEMP	BYTE	SENSOR_INDUTIVO
I0.7	TEMP	BYTE	SET_TON36
I1.0	TEMP	BYTE	SET_TON37
I1.1	TEMP	BYTE	SET TON38
Q0.1	TEMP	BYTE	BOLA_METAL
Q0.2	TEMP	BYTE	BOLA_PRETA
Q0.3	TEMP	BYTE	BOLA_BRANCA
T32	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR_T32
T33	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR_T33
T34	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR_T34
T35	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR T35
T36	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR T36
T37	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR T37
T38	TEMP	BYTE	TEMPORIZADOR T38

Tabela 5.3.2.2.1 – Declaração de variáveis no CLP.
 Fonte: STEP 7 MicroWin

Network 1

LD M0.1
 O M0.0
 AN M0.2
 AN M0.3
 AN I0.3
 = M0.0

Network 2

LD M0.3
 R M0.1, 1

Network 3

LD M0.0
 A I0.5
 TON T32, +1000

Network 4

LD T32

A I0.4

AN I0.6

AN T38

TOF T33, +1

Network 5

LD M0.0

AN T33

= Q0.3

Network 6

LD T33

= Q0.2

Network 7

LD T32

AN I0.4

AN T37

TOF T34, +1

Network 8

LD T34

= Q0.0

Network 9

LD T32

A I0.6

AN T36

TOF T35, +1

Network 10

LD T35

= Q0.1

Network 11

LD I0.7 TON T36, +20

Network 12

LD I0.7 INCW MW10

Network 13

LD I1.0 TON T37, +2

Network 14

LD I1.1 TON T38, +2

Network 15

LD I1.0 = M0.5

Network 16

LD I1.1 = M0.6

Network 17

LD I0.7 = M0.7

Network 18

LD Q0.2

= M0.4

Network 19

LD Q0.1

= M1.0

Ports		
	Port 0	Port 1
PLC Address:	2	-
Highest Address:	31	-
Baud Rate:	9.6 kbps	-
Retry Count:	3	-
Gap Update Factor:	10	-

Tabela 5.3.2.2.2 - Configuração das portas de comunicação do CLP

Fonte: STEP 7 MicroWin

Element	Block	Location	Context
I0.3	MAIN (OB1)	Network 1, Line 5	AN
I0.4	MAIN (OB1)	Network 4, Line 2	A
I0.4	MAIN (OB1)	Network 7, Line 2	AN
I0.5	MAIN (OB1)	Network 3, Line 2	A
I0.6	MAIN (OB1)	Network 4, Line 3	AN
I0.6	MAIN (OB1)	Network 9, Line 2	A
I0.7	MAIN (OB1)	Network 11, Line 1	LD
I0.7	MAIN (OB1)	Network 13, Line 1	LD

I0.7	MAIN (OB1)	Network 18, Line 1	LD
I1.0	MAIN (OB1)	Network 14, Line 1	LD
I1.0	MAIN (OB1)	Network 16, Line 1	LD
I1.1	MAIN (OB1)	Network 15, Line 1	LD
I1.1	MAIN (OB1)	Network 17, Line 1	LD
Q0.0	MAIN (OB1)	Network 8, Line 2	=
Q0.1	MAIN (OB1)	Network 10, Line 2	=
Q0.1	MAIN (OB1)	Network 20, Line 1	LD
Q0.2	MAIN (OB1)	Network 6, Line 2	=
Q0.2	MAIN (OB1)	Network 19, Line 1	LD
Q0.3	MAIN (OB1)	Network 5, Line 3	=
MW10	MAIN (OB1)	Network 13, Line 2	INCW
M0.0	MAIN (OB1)	Network 1, Line 2	O
M0.0	MAIN (OB1)	Network 1, Line 6	=
M0.0	MAIN (OB1)	Network 3, Line 1	LD
M0.0	MAIN (OB1)	Network 5, Line 1	LD
M0.1	MAIN (OB1)	Network 1, Line 1	LD
M0.1	MAIN (OB1)	Network 2, Line 2	R
M0.2	MAIN (OB1)	Network 1, Line 3	AN
M0.3	MAIN (OB1)	Network 1, Line 4	AN
M0.3	MAIN (OB1)	Network 2, Line 1	LD
M0.4	MAIN (OB1)	Network 19, Line 2	=
M0.5	MAIN (OB1)	Network 16, Line 2	=
M0.6	MAIN (OB1)	Network 17, Line 2	=
M0.7	MAIN (OB1)	Network 18, Line 2	=
M1.0	MAIN (OB1)	Network 20, Line 2	=
T32	MAIN (OB1)	Network 3, Line 3	TON
T32	MAIN (OB1)	Network 4, Line 1	LD
T32	MAIN (OB1)	Network 7, Line 1	LD
T32	MAIN (OB1)	Network 9, Line 1	LD
T33	MAIN (OB1)	Network 4, Line 5	TOF
T33	MAIN (OB1)	Network 5, Line 2	AN
T33	MAIN (OB1)	Network 6, Line 1	LD
T34	MAIN (OB1)	Network 7, Line 4	TOF
T34	MAIN (OB1)	Network 8, Line 1	LD

T35	MAIN (OB1)	Network 9, Line 4	TOF
T35	MAIN (OB1)	Network 10, Line 1	LD
T36	MAIN (OB1)	Network 9, Line 3	AN
T36	MAIN (OB1)	Network 11, Line 2	TON
T37	MAIN (OB1)	Network 7, Line 3	AN

Tabela 5.3.2.2.3 – Referências cruzadas das variáveis no CLP.
 Fonte: STEP 7 MicroWin

Como o funcionamento do protótipo é relativamente simples e diversas funcionalidades foram implementadas utilizando o software supervisor, o bloco de programação em linguagem *ladder* e STL é compacto e simples. Abaixo, entre as figuras 5.3.2.2.2 e 5.3.2.2.5, pode ser visualizado o detalhamento do bloco de programação em linguagem *ladder*.

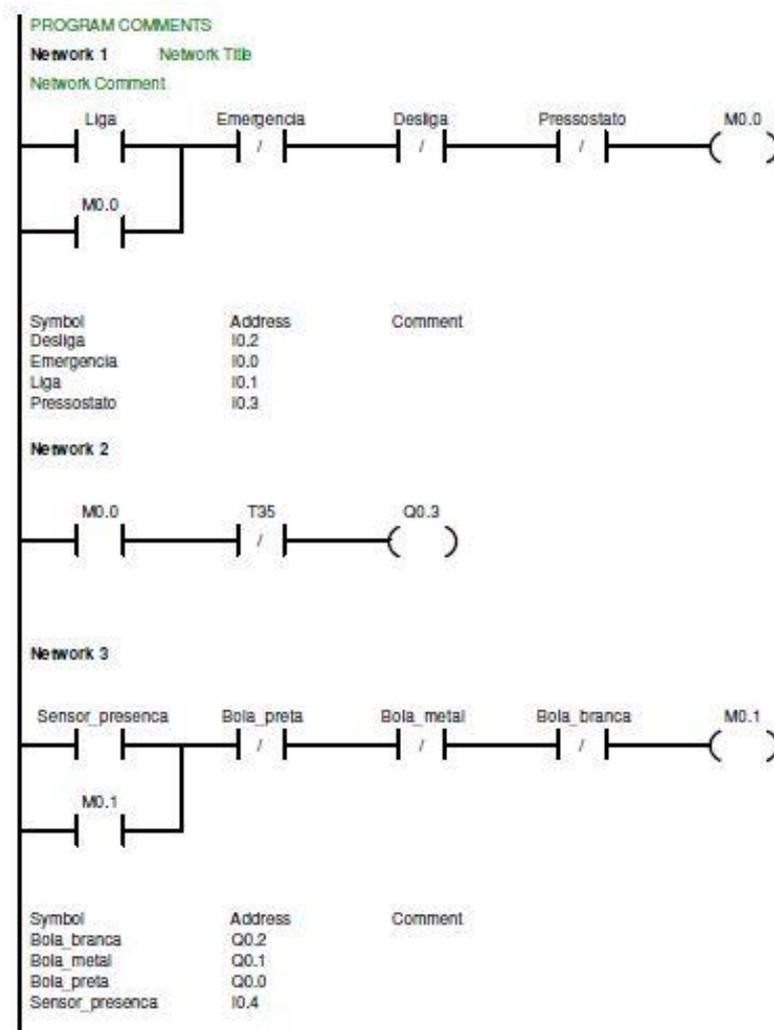


Figura 5.3.2.2.2 – Programação em linguagem ladder (1 de 4).
 Fonte: Autoria Própria

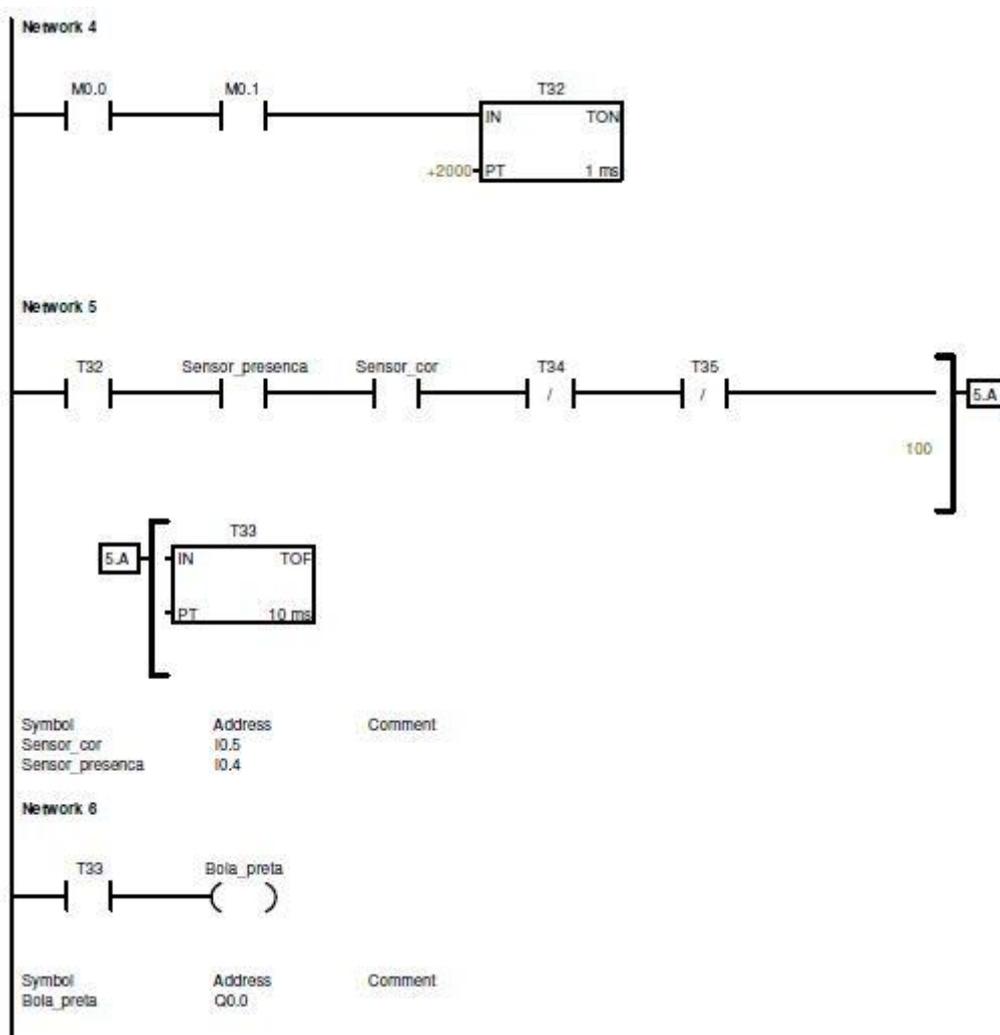


Figura 5.3.2.2.3 - Programação em linguagem ladder (2 de 4).
Fonte: Autoria Própria

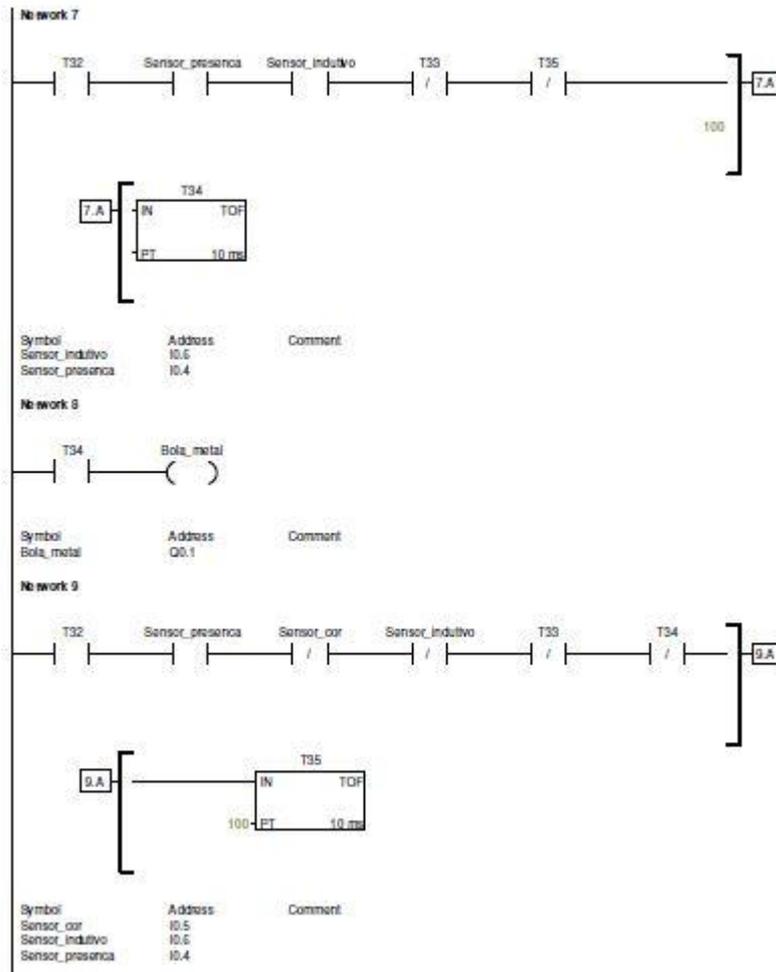


Figura 5.3.2.2.4 – Programação em linguagem ladder (3 de 4).
 Fonte: Autoria Própria

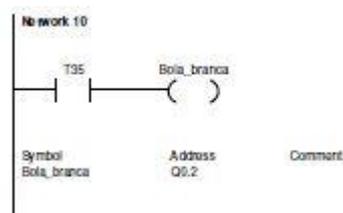


Figura 5.3.2.2.5 – Programação em linguagem ladder (4 de 4).
 Fonte: Autoria Própria

5.3.3 SENSORES E ATUADORES

De acordo com os objetivos do protótipo e com os pré-requisitos impostos para realização do protótipo, a equipe se reuniu para estudar as opções de sensores e atuadores disponíveis para implementação no sistema.

Após alguns testes e ensaios práticos com os objetos selecionáveis, optou-se pela utilização de um sensor indutivo, responsável pela leitura das peças metálicas, dois sensores fotoelétricos de fibra-óptica, cuidadosamente instaladas em locais chave do magazine de seleção, responsáveis pela leitura da presença da peça no centro do magazine e também pela análise de sua coloração, definindo então para qual estação de separação deveria ser enviada. Também foram utilizados sensores fotoelétricos difusos, que possuem a função de avisar o operador quando as estações de separação estão com a capacidade de armazenamento comprometida.

Os sensores implementados no protótipo, a fim de garantir o funcionamento do mesmo da maneira mais confiável possível foram:

Sensor indutivo: dispositivo eletrônico capaz de medir a proximidade de objetos metálicos que entram em seu campo magnético. Este sensor foi instalado na face inferior do magazine de seleção, garantindo que a peça metalizada fique o mais próximo possível de sua face, para que a leitura ocorra de maneira ágil e correta. A figura 5.3.3.1 mostra um exemplo de sensor indutivo, similar ao instalado no protótipo.



Figura 5.3.3.1 - Sensor indutivo.
Fonte: Catálogo Sick

Sensor fotoelétrico de fibra-óptica: A equipe do projeto optou por utilizar o sensor fotoelétrico de fibra-óptica com sinal amplificado pois este sensor com amplificador combinado com cabo de fibra ótica é ideal para detecção de pequenos objetos que requerem repostas

rápidas. Além disso, a flexibilidade do cabo óptico permite a instalação em praticamente qualquer lugar, facilitando a etapa de montagem. Na figura 5.3.3.2 abaixo, podemos observar o detalhe do sensor fotoelétrico de fibra-óptica, cujo conjunto é composto do cabo, do conector e amplificador de sinal.



Figura 5.3.3.2 - Sensor fotoelétrico de fibra-óptica amplificada.

Fonte: Catálogo Sick

Sensor fotoelétrico: Para controle do nível de enchimento das estações de separação do protótipo, a equipe optou por utilizar sensores fotoelétricos, mais precisamente os sensores da fabricante Schneider, modelo XUM0ANSAL2. Este sensor foi escolhido por ser pequeno, ou seja, sua instalação seria relativamente simples, e seu range de trabalho era adequado para realizar a leitura de presença dos elementos de separação nas estações. A equipe do projeto confeccionou os suportes e fixou de acordo com o nível esperado de peças. Porém, ao realizar os testes de funcionamento, foi verificado que este sensor possuía um sinal de saída discreta do tipo NPN, o que não era adequado para os propósitos do protótipo. Para resolver este problema, os integrantes da equipe sugeriram a instalação de transistores, modelo BD136, para que a saída do sinal discreto fosse saturada e se torna PNP. Na figura 5.3.3.3 mostra o detalhamento do sensor fotoelétrico utilizado.



Figura 5.3.3.3 - Sensor fotoelétrico.
Fonte: Datasheet do componente

5.4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

Assim como durante o desenvolvimento da programação do CLP, o principal desafio encontrado durante o desenvolvimento das rotinas do sistema supervisório foi a comunicação entre o meio físico e o software. A equipe do projeto teve dificuldades para encontrar a razão do problema, e o processo de comunicação foi complexo. Após muitos testes e análises, foi diagnosticado que o cabo de comunicação serial PC/PPI utilizado não possibilitava comunicações paralelas, ou seja, apenas um software poderia ser acessado por vez, pois o cabo não foi desenvolvido para suportar comunicações simultâneas.

Com este problema resolvido, a equipe pôde se concentrar na configuração do driver MProt, driver desenvolvido pelo fabricante Eclipse que permite a comunicação entre o software supervisório E3 e os CLPs da linha SIMATIC S7, mais precisamente para os modelos S7-200, S7-300, S7-400 e S7-1200 da Siemens; Speed7 da Vipa e demais equipamentos compatíveis com algum protocolo do Driver. Para realizar a instalação do driver, basta realizar o download do arquivo “mprot.dll”, disponível no site do fabricante e inserir um driver de comunicação no E3 Studio. Após a inserção do driver no software, basta configurar os parâmetros de comunicação, ou seja, tipo de comunicação – este driver permite comunicações PPI e MPI (Serial); MPI encapsulado em *Ethernet* e ISO sobre TCP (RFC1006 ou S7-TCP/IP em interface *Ethernet*) e demais configurações de comunicação entre o meio físico e

o software. Abaixo, a figura 5.4.1 ilustra a tela de configuração do driver MProt.

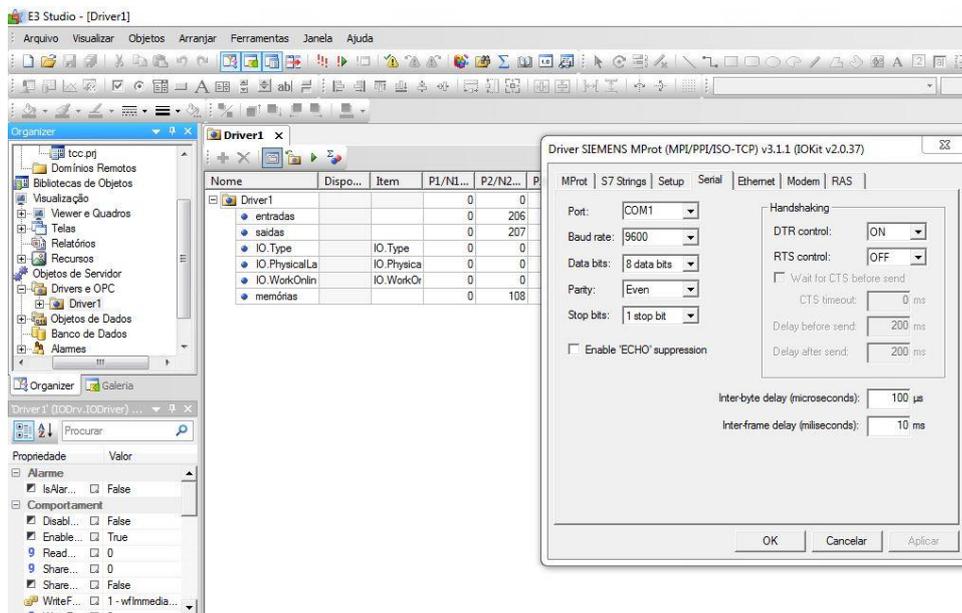


Figura 5.4.1 - Configuração do driver MProt

Fonte: E3 Studio

Após a configuração do driver, faz-se necessário declarar os tags de comunicação entre o meio físico e o E3 Studio. Para isto, na tela drivers, em Drivers e OPC, o tag de comunicação é adicionado e sua configuração é realizada de acordo com parâmetros pré-estabelecidos pelo fabricante. Na figura 5.4.2, pode-se verificar os parâmetros disponíveis para configuração do tipo de tag de comunicação, de acordo com o tipo de dado.

Endereçamento Padrão (Parâmetros N/B)

Use a sintaxe padrão descrita na tabela a seguir para todos os Tags e Blocos.

Sintaxe padrão para Tags e Blocos

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
N1/B1	Endereço do PLC. Se for igual a 0 (zero) e protocolo diferente de ISOTCP ou ISOTCP243, é substituído pelo Default Slave Address . Se for protocolo ISOTCP ou ISOTCP243, este valor deve ser deixado em 0 (zero).
N2/B2	Tipo de dado e Área (veja as tabelas a seguir). O valor deve ser composto pelo tipo de dado multiplicado por 100 mais a área (a fórmula é $N2/B2 = \text{TipoData} \times 100 + \text{Área}$).
N3/B3	Se a área selecionada for V (DB), preencha com o número do bloco DB. Caso contrário, deixe em 0 (zero). Caso a memória contenha um bloco DB único ou não especificado, preencha com o valor 1 (um).
N4/B4	Endereço na área ou <i>offset</i> do bloco DB. Para usar tipos de dados que ocupam mais de um byte, devem ser colocados endereços múltiplos de dois para tipos de dois bytes (16 bits com e sem sinal) e múltiplos de quatro para tipos de quatro bytes (32 bits com e sem sinal e ponto flutuante de 32 bits).

Figura 5.4.2 - Tabela de endereçamento padrão do driver MProt

Fonte: Manual de configuração do driver MProt

Seguindo as instruções do manual Driver Siemens MProt.dll, fornecido pela empresa Elipse, a configuração dos tags de comunicação das entradas, saídas e memórias do meio físico foram realizadas de acordo com a tabela 5.4.1 mostrada:

Tag de Comunicação	N1/B1	N2/B2	N3/B3	N4/B4
Entrada	0	206	0	0
Saídas	0	207	0	0
Memórias	0	108	0	0

Tabela 5.4.1 - Endereçamento de TAGs de comunicação

Fonte: Autoria Própria

Como as variáveis utilizadas no programa são do tipo Byte, para que se possa configurar a comunicação deve-se seguir uma fórmula prevista no manual do equipamento. A fórmula é:

$$\mathbf{N2/B2 = TipoData \times 100 + \acute{A}rea}$$

Com a etapa de comunicação e integração de variáveis vencida, iniciou-se a etapa de desenvolvimento das telas e quadros do sistema supervisor, onde seriam projetadas as telas de *menu*, telas de sinóticos, telas de *login*, telas de gráficos e telas de eventos e históricos. A figura 5.4.3 ilustra a tela de *login* criada para acesso às demais telas do sistema pela equipe de operação. Nesta tela, é necessário informar o nome de usuário e senha para que o acesso é permitido, ou seja, a segurança da informação e da operação do protótipo é garantida através da atribuição de um nome de usuário para cada operador, assim é garantida a rastreabilidade da informação e das operações realizadas durante o processo produtivo.



Figura 5.4.3 - Tela de *login* ao sistema supervisório.

Fonte: Autoria Própria

Ao efetuar o *login*, o operador terá acesso aos botões de comando Liga/Desliga do equipamento, bem como ao botão de emergência do protótipo, para caso de defeitos durante a operação ou existência de riscos de acidentes de trabalho.

O operador também poderá monitorar todos os sensores instalados no protótipo, tendo reconhecimento imediato da situação do protótipo. Na figura 5.4.4, a tela principal do sistema supervisório é mostrada. Nela, é possível visualizar de maneira rápida o status do protótipo e a ação dos sensores.

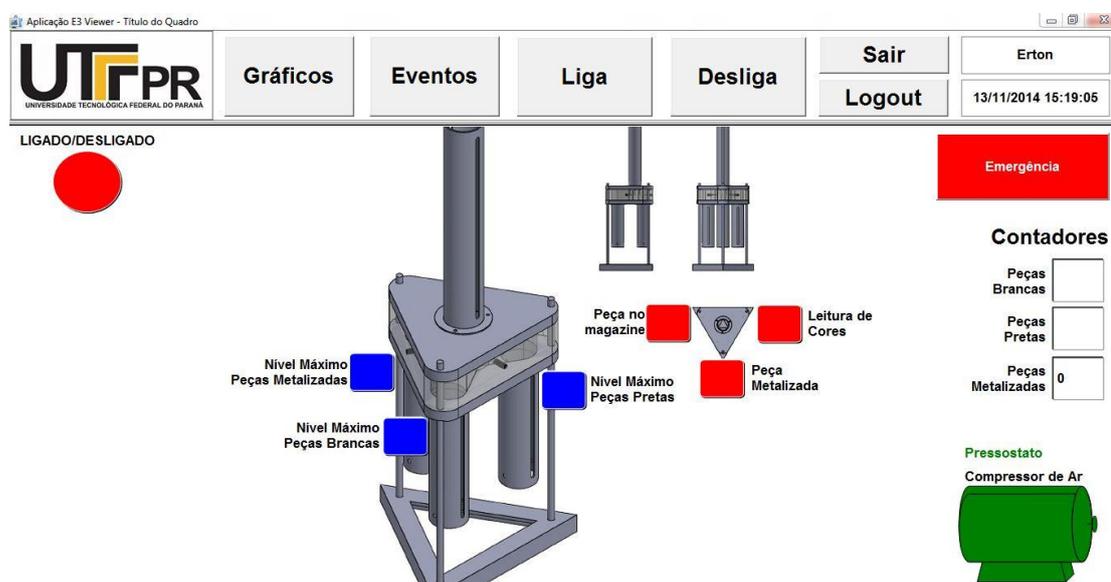


Figura 5.4.4 - Tela de monitoramento do protótipo.

Fonte: Autoria Própria

Também foram desenvolvidas as telas para captação de informações que possibilitarão a análise quantitativa e qualitativa do processo produtivo, fornecendo informações importantes para outros sistemas de gestão da qualidade, como o Controle Estatístico de Processo, CEP e o APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle. A figura 5.4.5 demonstra uma tela com gráficos, que mostra de maneira simples o número de peças que foram processadas pelo protótipo e qual o tipo de cada um dos elementos.

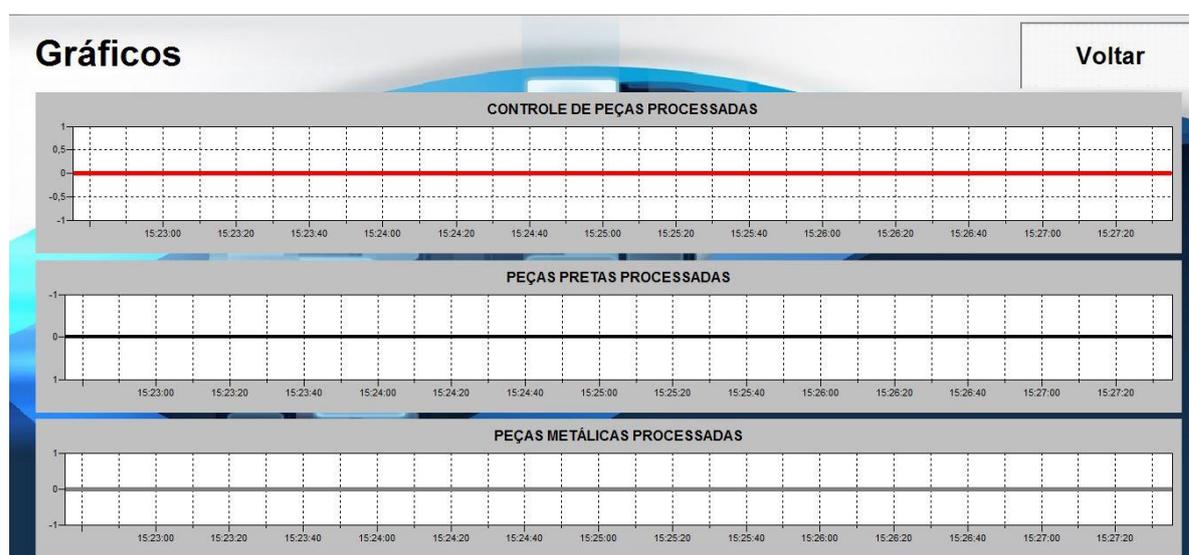


Figura 5.4.5 - Gráfico de controle de peças processadas no período
Fonte: Autoria Própria

Como os gráficos foram desenvolvidos no domínio do tempo, é possível estabelecer uma análise produtiva ao longo do período, subdividindo as operações em turnos, realizando um estudo comparativo, evidenciando discrepâncias de padronização de processos e outros tipos de análises.

5.5 TESTES E VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

Ao se aproximar das etapas finais do projeto, a equipe precisou se organizar dentro do tempo livre de cada integrante para garantir que nenhuma etapa seria deixada de lado e que o cronograma seria

Como pôde ser visto nas etapas de projeto estrutural e execução do protótipo, vários problemas – previstos e não previstos, surgiram ao longo de todo o desenvolvimento do projeto. A tabela 5.5.1 detalha os problemas evidenciados ao longo das etapas e as soluções praticadas pela equipe para solucioná-los.

PROBLEMAS ENCONTRADOS E SOLUÇÕES PROPOSTAS		
ETAPA	PROBLEMA	SOLUÇÃO
Projeto estrutural do equipamento	Excesso de atrito para movimentação dos objetos em formato cilíndrico achatado.	Alteração da forma geométrica do objeto para esférico, facilitando a movimentação.
Projeto estrutural do equipamento	Objeto esférico se movimenta no magazine sem a ação do atuador pneumático.	Implementação de cerdas de pincéis para imprimir resistência mecânica ao objeto.
Usinagem das partes estruturais do protótipo	Equipe do projeto não dispõe de local adequado para usinagem das peças	Terceirização do serviço de usinagem.
Montagem elétrica	Módulo de comunicação Ethernet CP243-1 não funciona	Como a causa do problema com o módulo não foi encontrada, optou-se pela comunicação serial.
Montagem elétrica	Comunicação serial (Cabo PC/PPI) não funciona	O diagnóstico do problema foi a incompatibilidade do cabo conversor Serial/USB, provavelmente devido ao driver do mesmo. Desta forma, optou-se por utilizar um PC com entrada serial DB9 nativa.

PROBLEMAS ENCONTRADOS E SOLUÇÕES PROPOSTAS		
ETAPA	PROBLEMA	SOLUÇÃO
Montagem elétrica	Impossível ler entradas através do driver de comunicação MProt, devido a utilização da versão de demonstração do software supervisor E3.	Alteração do programa do CLP, para que os sinais de entradas utilizadas acionassem um espaço de memória.
Montagem elétrica	Sensor indutivo não indica a presença de peça metalizada	O primeiro modelo de sensor indutivo testado era não faceado, ou seja, realizava leituras laterais, o que comprometia o funcionamento do protótipo, já que o mesmo possui alimentação vertical. Como solução, trocou-se o modelo de sensor para um sensor indutivo faceado.
Montagem elétrica	Sensor de presença de peça não diferencia a alimentação dos objetos no magazine.	Devido a sua alimentação vertical, cria-se uma coluna de objetos dispostos um acima do outro, aguardando seu posicionamento no centro do magazine. Em um primeiro momento, os sensores instalados não conseguiam distinguir esta troca de posições. Como solução, foi implementado um contador na lógica do CLP, além da alteração do posicionamento do sensor.

PROBLEMAS ENCONTRADOS E SOLUÇÕES PROPOSTAS		
ETAPA	PROBLEMA	SOLUÇÃO
Montagem elétrica	Sensor de nível máximo das estações de separação com sinal de saída NPN.	Os sensores fotoelétricos disponíveis possuíam tipo de saída discreta NPN, o que gerava um sinal negativo. Como solução, foi implementado um transistor BD136, fornecendo um sinal de saída discreta PNP.
Sistema supervisor	Após configuração do driver MProt, o mesmo não encontra os tags de comunicação inseridos em Drivers.	Após análise do arquivo “log” do driver MProt, constatado que a porta utilizada para comunicação entre o driver e o CLP estava em uso pelo software MicroWIN. Ao fechar o MicroWIN, a comunicação ocorreu perfeitamente.
Montagem mecânica	Objetos se prendem às cerdas após o sopro do atuador.	Constatado que a falha acontecia devido ao não direcionamento do jato de ar comprimido diretamente sobre a peça. Confecção e instalação de bicos direcionadores de ar.

Tabela 5.5.1 - Problemas e soluções do projeto

Fonte: Autoria Própria

5.5.1 ESTATÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO

Devido a ocorrência de vários problemas durante a montagem do protótipo, faz-se necessário a realização de testes operacionais, simulando alguns cenários específicos de funcionamento, inclusive o ritmo normal de produção, para garantir que o desempenho do

equipamento esteja de acordo com o especificado nos objetivos gerais do projeto.

Para realização destes testes, definiu-se um procedimento padrão para contabilizar as falhas, tanto qualitativa quanto quantitativamente. Foram realizadas diversas baterias de testes, com a quantidade de 30 (trinta) objetos por bateria, de acordo com a característica do objeto – peça preta, peça branca e peça metalizada, e também com o método de alimentação: intermitente, onde um objeto é lançado no tubo de alimentação por vez, e contínuo, onde o tubo de alimentação é mantido sempre alimentado, simulando uma condição de produção constante.

De acordo com o procedimento definido, a primeira etapa do teste foi com o método de abastecimento intermitente, seguindo a sequência de abastecimento de 30 (trinta) peças brancas, uma a uma, e analisando o funcionamento do equipamento quanto a possíveis falhas. Nesta etapa, nenhum problema foi encontrado e o equipamento funcionou perfeitamente, realizando a leitura da peça corretamente e encaminhando a mesma à sua respectiva estação.

Já com a peça de cor preta, o teste seguiu o mesmo método de abastecimento. Porém, do universo de trinta peças, uma apresentou problema, sendo direcionada para a estação errada. O diagnóstico do problema é que possivelmente o sensor de diferenciação de cor não atuou adequadamente, provavelmente devido a algum defeito na pintura da peça.

O mesmo teste realizado com a peça metalizada, que assim como a peça preta, apresentou uma falha dentro da amostragem de 30 objetos. Contudo, a falha ocorrida foi diferente, pois após a caracterização do tipo da peça feita pelo sensor, a saída de ar comprimido foi acionada corretamente, mas a peça se prendeu entre as cerdas que servem de anteparo mecânico para evitar a movimentação involuntária do objeto.

O último teste realizado com alimentação intermitente foi o teste geral, onde peças de todas as características disponíveis foram inseridas no equipamento. Nesta etapa, não foram registrados problemas de operação.

O mesmo procedimento foi adotado para realizar o teste com o método de abastecimento contínuo e resultados iguais foram obtidos: Uma falha devido ao encaminhamento à estação errada e uma falha causada pela peça, que se prendeu nas cerdas após ser direcionada à sua estação.

Desta forma, podemos concluir que, independentemente do tipo de abastecimento do equipamento, contínuo ou intermitente, o equipamento apresentou uma performance de 98,3% de eficiência, pois dentro de um universo de 240 acionamentos, apenas quatro falhas foram identificadas, com dois modos de falha apenas.

As tabelas 5.5.1.1 e 5.5.1.2 ilustram as planilhas criadas para realização dos testes de funcionamento do protótipo.

TESTE DE FUNCIONAMENTO – ABASTECIMENTO INTERMITENTE			
TIPO DE PEÇA	OK	NÃO OK	MOTIVO
PEÇA BRANCA	30	0	
PEÇA PRETA	29	1	ESTAÇÃO ERRADA
PEÇA METALIZADA	29	1	PEÇA TRAVADA
TODOS	30	0	

Tabela 5.5.1 1 - Testes de funcionamento - Abastecimento intermitente
Fonte: Autoria Própria

TESTE DE FUNCIONAMENTO – ABASTECIMENTO CONTÍNUO			
TIPO DE PEÇA	OK	NÃO OK	MOTIVO
PEÇA BRANCA	30	0	
PEÇA PRETA	30	0	
PEÇA METALIZADA	29	1	PEÇA TRAVADA
TODOS	29	1	ESTAÇÃO ERRADA

Tabela 5.5.1 2 - Testes de funcionamento - Abastecimento contínuo
Fonte: Autoria Própria

5.6 CUSTO ESTIMATIVO DO PROTÓTIPO

Conforme comentado no início do capítulo de execução do projeto seletor, a equipe do projeto não necessitou de investimentos para confeccionar o protótipo, uma vez que os componentes foram doados por empresas parceiras, para fins acadêmicos.

Com tudo, no intuito de se realizar uma estimativa de custos e também levantar questões referentes a viabilidade do protótipo, realizou-se uma tomada de preço dos componentes principais utilizados no projeto, que pode ser visto na tabela 5.6.1, a seguir.

Descrição do Componente	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Amplificador de fibra-óptica	2	R\$ 472,88	R\$ 945,76
Fonte Siemens PS307, 5A	1	R\$ 668,13	R\$ 668,13
PLC S7-200 CP224	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
Fibra óptica	2	R\$ 150,00	R\$ 300,00
Sensor fotoelétrico Schneider	3	R\$ 280,00	R\$ 840,00
Sensor indutivo	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Pressostato SMC	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Cabos	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Válvula 5/2 vias SMC	3	R\$ 250,00	R\$ 750,00
Usinagem e matéria-prima	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Unidade de conservação de ar	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Conexões pneumáticas	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
TOTAL			R\$ 7.453,89

Tabela 5.6 1 - Custo estimativo do protótipo

Fonte: Tabela de preços de fornecedores especializados

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A equipe do projeto, junto ao orientador, estabeleceu como objetivo principal deste projeto a automação de um sistema de controle de uma linha produtiva, com foco na seleção e contagem de peças produzidas, possibilitando a segregação de peças não conformes, gerando assim qualidade a qualquer tipo de processo produtivo.

Este objetivo principal deveria ser alcançado através da criação de um protótipo eficiente, que permite diminuir a utilização de espaço físico para sua instalação, garantindo velocidade e confiabilidade aos processos de verificação de qualidade em geral.

Durante todo o projeto, iniciando pela etapa de brainstorming de ideias para materializar um protótipo que atingisse o grau de simplicidade e eficiência estabelecido pelo grupo e também por todo o processo de execução do projeto, passando pelas etapas de montagem estrutural, montagem mecânica, montagem elétrica e montagem eletrônica, vários desafios - planejados e não planejados, foram impostos à equipe. Dentre todos estes desafios, alguns se mostraram mais complexos que outros e até chegaram a atrasar o cronograma estabelecido, ameaçando inclusive a conclusão do projeto e o sucesso do trabalho. Porém, com o comprometimento dos integrantes da equipe e a grande capacidade de análise e resolução de problemas mostrada por todos, foi possível finalizar e operacionalizar o protótipo, alcançando os objetivos estabelecidos no início da atividade. Desta forma, foi projetado um equipamento seletor de peças com inovações em sua construção física, garantindo melhor aproveitamento do espaço físico, devido a sua disposição vertical, através da identificação de ferramentas para confeccionar e operacionalizar a máquina. As etapas de testes de funcionamento do equipamento desenvolvido foram suficientes para verificar que a operação do mesmo ocorre de maneira eficiente.

A equipe do projeto apenas não pôde analisar a produtividade do equipamento para estabelecer um comparativo com equipamentos

similares existentes no mercado, justamente por não encontrar nenhum dispositivo que reúna todas as características implementadas no protótipo.

Como proposta para trabalhos futuros, no que se refere a complementação do protótipo, podemos listar a criação de um manual de uso e manutenção do mesmo, que contenha orientações para sua correta operação e manutenção, através de planos de manutenção periódica e identificação de itens cujo monitoramento de suas condições operacionais deva ser constante. Também pode-se criar uma lista de peças sobressalentes sugerida, a partir do estudo de confiabilidade do equipamento.

Outro ponto que merece um estudo mais aprofundado futuramente é a aplicação de um módulo de abastecimento automático. Devido a configuração vertical do equipamento, este módulo de abastecimento poderia ter um formato similar ao de um funil, porém a definição das características estruturais e funcionais deste módulo dependem de uma análise detalhada tanto do funcionamento do protótipo quanto da linha de produção a qual este será inserido.

Por fim, também se faz necessário investigar os modos de falhas encontrados durante os testes de funcionamento do protótipo, através da ferramenta de análise dos modos e efeitos das falhas (FMEA), com o objetivo de promover melhorias na concepção do projeto.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Paulo Eugênio Cavalcanti de. **Garantia de qualidade no desenvolvimento de sistemas**. In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 18, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: SUCESU, 1985. p. 623-630

ALVES, Murilo Maia. **Uma metodologia para unir qualidade e produtividade**. Data News, Rio de Janeiro, v. 13, n. 447, p. 27-28, mar. 1989.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. 2. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2012. xii, 460 p.

CAETANO, André G.L.S. **Sistemas de Supervisão de Chão-de-Fábrica: Uma Contribuição para Implantação em Indústrias de Usinagem**. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2000.

CALARGE, Felipe Araújo. **Visão sistêmica da qualidade**. São Paulo: Artliber, 2001.

CAMPOS, Mario Massa de; TEIXEIRA, Herbert C. G.. **Controles típicos de equipamentos e processos industriais**. São Paulo: E. Blücher, 2006. 396 p.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 2. ed. São Paulo: Érica, c2006. 236 p

CARVALHO, Telismar Cardoso de. **Fundamentos da qualidade: conceitos básicos para introdução na ciência da qualidade e, por**

conseguinte, no Sistema ISO 9000. 1. ed. Belo Horizonte: Literal, 1997. 237 p. (Coleção: Ciência da Qualidade)

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

COSTA, A. F. B; EPPRECHT, E. K. & CARPINETTI, L.C.R. **Controle Estatístico de Qualidade.** 2º Ed. São Paulo: Atlas, 2005.

FRANCHI, Claiton Moro. **Controle de processos industriais: princípios e aplicações.** 1. ed. São Paulo, SP: Érica, 2013. 255 p.

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura.** 3.ed. São Paulo: Pearson, 2011. 581p

HRADESKY, John L.; SANTOS, Maria Cláudia de Oliveira (Trad.). **Aperfeiçoamento da qualidade e da produtividade: guia prático para a implementação do controle estatístico de processos - CEP.** São Paulo: McGraw-Hill, 1989. x, 301 p.

LOURENÇO FILHO, Ruy de C. B. **Controle estatístico de qualidade.** Rio de Janeiro, RJ: Ao Livro Técnico, 1964. 223 p.

MANUFATURA classe mundial: conceitos, estratégias e aplicações. São Paulo: Atlas, 2001. 230 p.

MARTINS, R. A. **Conceitos básicos de controle estatístico da qualidade.** EDUFSCAR. São Carlos, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2004. xiv, 513 p.

PALADINI, Edson P. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços.** São Paulo: Atlas, 1995. 286 p.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial: PLC: teoria e aplicações: curso básico**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2007. 262 p

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial PLC: programação e instalação**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2010. xvi, 347 p.

REVISTA EXAME.com. **Brasil leva surra dos EUA em produtividade: como melhorar?** Disponível em:

<<http://exame.abril.com.br/revista-exame/noticias/agora-vem-a-parte-mais-dificil>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira Lima. **Automação de Processos com linguagem Ladder e sistemas supervisórios** – 1^o ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2014.

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 275 p.

TAGUCHI, Genichi; ELSAYED, Elsayed A.; HSIANG, Thomas C.. **Engenharia da qualidade em sistemas de produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 235 p.

VALOR ECONÔMICO. **Economia brasileira deve crescer apenas 0,33% em 2014, aponta Focus**. Disponível em:

<<http://www.valor.com.br/brasil/3694934/economia-brasileira-deve-crescer-apenas-033-em-2014-aponta-focus>>. Acesso em: 07 nov. 2014.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. 6. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995. 108 p.