

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

ACIR EVERTON DE OLIVEIRA
FELIPE CALEGARI DE AMARAL
GIOVANNI GADELHA DA CONCEIÇÃO
VITOR CAVALCANTE DE MACEDO

ANALISADOR AUTOMÁTICO DE PEÇAS EM LINHA DE PRODUÇÃO

São Bernardo do Campo - SP
Junho/2024

**ACIR EVERTON DE OLIVEIRA
FELIPE CALEGARI DE AMARAL
GIOVANNI GADELHA DA CONCEIÇÃO
VITOR CAVALCANTE DE MACEDO**

ANALISADOR AUTOMÁTICO DE PEÇAS EM LINHA DE PRODUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Marco Antônio Baptista de Sousa

São Bernardo do Campo - SP
Junho/2024

**ACIR EVERTON DE OLIVEIRA
FELIPE CALEGARI DE AMARAL
GIOVANNI GADELHA DA CONCEIÇÃO
VITOR CAVALCANTE DE MACEDO**

ANALISADOR AUTOMÁTICO DE PEÇAS EM LINHA DE PRODUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em:

_____/_____/2024

Banca Examinadora:

Prof. Me. Marco Antônio B. de Sousa, FATEC SBC - Orientador

Prof. Pedro Adolfo Gallani, FATEC SBC - Avaliador

Prof. Felipe Desiglo Ferrare, FATEC SBC - Avaliador

Dedicamos esse trabalho às nossas amadas famílias, que têm sido nossa inspiração e apoio. “Vocês são nossas luzes, lares e base. Cada um de vocês trouxe cor às nossas vidas. Mesmo enquanto explorávamos novos horizontes, nossos corações sempre estiveram em casa, onde nossa conexão é inigualável. Este trabalho é uma pequena forma de agradecer pelo amor e inspiração que vocês nos proporcionaram ao longo dos anos. Vocês são os personagens mais amados em nossas histórias, e nossas famílias são as mais preciosas de todas”. Dedicamos também *in memoriam* de Célia Regina Silva de Oliveira, mãe amorosa de nosso colega Acir Everton de Oliveira, falecida durante o período de desenvolvimento do trabalho. “Que papai do céu à receba de braços abertos”.

Agradecemos a empresa Equip Automatiza pelo empréstimo dos materiais utilizados para confeccionar o projeto. Agradecemos também ao prof. Me. Marco Antônio Baptista de Sousa pela orientação durante a elaboração deste trabalho.

“A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada”

ALBERT EINSTEIN

RESUMO

O tema-problema abordado no trabalho é a automatização de um sistema de conferência de peças em linha de produção, com a finalidade de encontrar um recurso que permita realizar uma conferência de peças mais eficiente e com qualidade, eliminando a probabilidade de envio de um modelo incorreto para os clientes. O projeto intitulado “Analisador Automático de Peças em Linha de Produção”, explora criar um modelo automático de checagem de peças, no qual será possível identificar a largura, altura, comprimento e o peso, e ainda selecionar as peças dentro das especificações e as que estão em desacordo, separando cada peça de acordo com o seu defeito para futuros indicadores, tudo isso vai ser mostrado por meio de um sistema supervisório onde o operador acompanhara todo o processo de verificação.

O sistema supervisório concede informações sobre as dimensões e peso da peça que está sendo analisada. Para a elaboração e desenvolvimento do projeto, serão utilizados motores DC, sensores, CLP, IHM, componentes elétricos, pneumáticos e uma estrutura mecânica.

A razão para implementação desse projeto reside na necessidade de aprimorar a eficiência nas verificações de peças produzidas. A automação trará benefícios como uma garantia da qualidade maior para o produto enviado ao cliente, redução de devoluções de produtos e maior confiabilidade no processo.

O projeto representa uma marcha significativa em direção a eficiência e qualidade no âmbito industrial, ao automatizar o processo, não só visamos eliminar os erros humanos, mas proporcionar uma garantia superior dos produtos enviados ao cliente.

Palavras-chave: Confiabilidade. Padronização. CLP. Qualidade. Verificação.

ABSTRACT

The problem topic addressed in the work is the automation of a parts checking system in a production line, with the aim of finding a resource that allows for a more efficient and quality checking of parts, eliminating the probability of sending a model incorrect for customers. The project entitled “Automatic Parts Analyzer in Production Line”, explores creating an automatic model for checking parts, in which it will be possible to identify the width, height, length and weight, and also select the parts within specifications and those that are in disagreement, separating each part according to its defect for future indicators, all of this will be shown through a supervisory system where the operator will monitor the entire verification process.

The supervisory system provides information about the dimensions and weight of the part being analyzed. For the elaboration and development of the project, DC motors, sensors, PLC, HMI, electrical and pneumatic components and a mechanical structure will be used.

The reason for implementing this project lies in the need to improve efficiency in checking produced parts. Automation will bring benefits such as greater quality assurance for the product sent to the customer, reduced product returns and greater process reliability.

The project represents a significant step towards efficiency and quality in the industrial sphere, by automating the process, we not only aim to eliminate human errors, but also provide a superior guarantee of the products sent to the customer.

Keywords: Reliability. Standardization. CLP. Quality. Verification.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Logico Programavel
OSI	Interconexão de Sistemas Abertos
IHM	Interface Homem Máquina
CC	Corrente Continua
CA	Corrente Alternada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Diagrama de pareto	18
Figura 1.2 - Gráfico de colunas.....	19
Figura 1.3 - Diagrama de ishikawa ou diagrama de peixe.....	19
Figura 1.4 - Exemplos de fluxograma.....	20
Figura 1.5 - Diagrama de dispersão.....	21
Figura 1.6 - Diagrama do 5S	21
Figura 1.7 - Poka yoke	22
Figura 1.8 - Linha de produção na Ford	23
Figura 1.9 - CLP Delta.....	24
Figura 1.10 - CLP e seus periféricos	25
Figura 1.11 - CLP compacto logo Siemens	26
Figura 1.12 - CLP Modular delta AS332T	27
Figura 1.13 - CLP Siemens S7-300	28
Figura 1.14 - CLP especial para ambientes extremos	28
Figura 1.15 - Tela de programação em ladder	29
Figura 1.16 - Esquemático da comunicação mestre escravo	30
Figura 1.17 - Modelo OSI	31
Figura 1.18 - IHM Delta	35
Figura 1.19 - Esquemática parte de trás IHM Delta	35
Figura 1.20 - IHM Delta tela de tratamento de entradas e saídas.....	36
Figura 1.21 - IHM tela de sistema supervisório	36
Figura 1.22 - Sensor do tipo indutivo	37
Figura 1.23 - Sensor fotoelétrico laser	38
Figura 1.24 - Medidor de tensão.....	39
Figura 1.25 - Ponte de wheatstone	40
Figura 1.26 - Anatomia de célula de carga	41
Figura 1.27 - Célula de carga para compressão.....	41
Figura 1.28 - Célula de carga tipo beam/flexão	42
Figura 1.29 - Atuadores diversos.....	43
Figura 1.30 - Exemplo de ligação pneumática.....	44
Figura 1.31 - Exemplo de válvula de 2/2 vias.....	44

Figura 1.32 - Exemplo de válvula de 3/2 vias.....	45
Figura 1.33 - Exemplo de válvula de 5/2 vias	45
Figura 1.34 - Exemplo de válvula de 5/3 vias.....	46
Figura 1.35 - Exemplo de válvula de alívio.....	46
Figura 1.36 - Exemplo de válvula de bloqueio.....	47
Figura 1.37 - Exemplo de válvula proporcional.....	47
Figura 1.38 - Exemplo de válvula solenoide	48
Figura 1.39 - Pólos, induzido e anéis (Princípio do motor elétrico).....	48
Figura 1.40 - Motor CC.....	49
Figura 1.41 – Motor CA	50
Figura 1.42 - Vista explodida do motor de indução trifásico	51
Figura 2.1 - Ideia de funcionamento do projeto	54
Figura 3.1 - Projeto Finalizado.....	57
Figura 3.2 - Projeto.....	58
Figura 3.3 - Painel elétrico.....	60
Figura 3.4 - Painel elétrico.....	60
Figura 3.5 - Painel elétrico.....	61
Figura 3.6 - Painel elétrico	62
Figura 3.7 - Painel elétrico.....	62
Figura 3.8 - Painel elétrico.....	63
Figura 3.9 - Painel elétrico.....	64
Figura 3.10 - CLP e IHM Delta.....	65
Figura 3.11 - Motor esteira	65
Figura 3.12 - Motor garra robótica	66
Figura 3.13 - Sensores para medição	66
Figura 3.14 - Atuadores auxiliares.....	67
Figura 3.15 - Atuador garra robótica.....	68
Figura 3.16 - Menu ou início da IHM	69
Figura 3.17 - Tela modo manual IHM.....	69
Figura 3.18 - Tela setup IHM.....	70
Figura 3.19 - Tela modo automático	71
Figura 3.20 - Tela tempos IHM.....	71

Figura 3.21 - Tela dados e estatística	72
Figura 3.22 - Tela de manutenção.....	73
Figura 3.23 - Fluxograma do projeto	74
Figura 3.24 - Configuração para início de processo.....	75
Figura 3.25 - Sensor de laser.....	75
Figura 3.26 - Tela automático.....	76
Figura 3.27 - Estação de dimensionamento	76
Figura 3.28 - Detecção de peça	77
Figura 3.29 - Aferição de largura	77
Figura 3.30 - Area de separação	78
Figura 3.31 - Aferição de altura	78
Figura 3.32 - Segunda estação de separação.....	79
Figura 3.33 - Aferição de comprimento	79
Figura 3.34 - Estação de pesagem	80
Figura 3.35 - Acionamento garra.....	80
Figura 3.36 - Movimento garra	81
Figura 3.37 - Tela de dados e estatística	81
Figura 3.38 - Tela de tempos	82
Figura 3.39 - Esteira adequada ao uso	82
Figura 3.40 - Sistema de mola com ponto padrão.....	83
Figura 3.41 - Linha prateada na esteira.....	84
Figura 3.42 - Sensores de medição.....	84
Figura 3.43 – Bloco manifold e válvula pneumática para atuar a garra.....	85
Figura 3.44 – Dispositivo para controle de alinhamento da esteira	85
Figura 3.45 – Célula de carga e transdutor	86
Figura 3.46 - Painel	87
Figura 3.47 - Cilindro antigo e novo.....	87

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
1.1 Conceitos da qualidade.....	17
1.1.1 Controle de qualidade.....	17
1.1.2 Ferramentas da qualidade.....	18
1.1.3 Sistema toyota.....	22
1.1.4 Fordismo.....	23
1.2 Controlador lógico programável (CLP).....	24
1.2.1 Modelos de CLP existentes no mercado.....	26
1.2.2 Linguagens de programação.....	29
1.3 Redes industriais.....	30
1.3.1 Tipos de rede e endereçamento.....	31
1.3.2 PROFIBUS.....	32
1.3.3 Modbus.....	32
1.3.4 DeviceNet.....	33
1.4 Interface homem máquina (IHM).....	34
1.5 Sensores e alguns tipos.....	36
1.6 Medidor de tensão.....	38
1.6.1 Circuito ponte de <i>wheatstone</i>	39
1.6.2 Célula de carga.....	40
1.7 Atuadores.....	42
1.8 Válvulas pneumáticas.....	43
1.9 Motores elétricos.....	48
1.9.1 Modelos de motores.....	49
2 METODOLOGIA.....	52
2.1 Tema-problema com justificativa e o fluxograma do projeto.....	53
2.2 Etapas teóricas e práticas para elaboração do projeto.....	55
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	57
3.1 Desenvolvimento estrutural e mecânico.....	58
3.2 Painel elétrico.....	59

3.3	Dispositivos de acionamento, medição, CLP e IHM.....	64
3.4	Programação do software CLP e IHM.....	68
3.5	Funcionamento do projeto e eventuais ajustes.....	73
3.6	Dificuldades e soluções encontradas.....	82
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICES	94

INTRODUÇÃO

Desde o século passado as indústrias vêm realizando a checagem de peças em uma linha de produção, feitas por operadores com auxílios de ferramentas de medição manuais como paquímetro, micrômetro, trenas entre outros.

Em situações em que é exigido o acréscimo de um novo produto é necessário que seja alterado toda uma estrutura de equipamentos para que seja possível atender as necessidades para aquele item fabricado. Outro problema que se observa é a dificuldade de acesso aos dados referente ao desempenho, sendo que era necessário a coleta dos dados anotados em folha pelos funcionários nesses postos de qualidade e depois realizar manipulações e cálculos desses dados, para obter tendências e os resultados da linha.

Nesse contexto, o tempo gasto com a adequação da estação de qualidade pode gerar grandes prejuízos por falta de produção e conduzir o foco da indústria para o equipamento e não para o produto em desenvolvimento. Com o equipamento certo e o acesso facilitado à informação, a espera pode ser diminuída drasticamente, atendendo diversos tipos de produtos, com apenas uma troca simples de ferramenta e o acesso à informação, sendo disposta em uma tela na frente do dispositivo com tudo o que é necessário para uma tomada de decisão.

Dos esclarecimentos dados, o objetivo deste trabalho que se intitula: Analisador Automático de Peças em Linhas de Produção é realizar medições automáticas de peças em linha de produção contínua. Justifica-se a praticidade para realizar conferência em peças, aumentando a confiabilidade do processo com um custo menor e redução de tempo. Este projeto utiliza uma garra guiada por um fuso, controlado por um CLP e sensores a laser, junto com uma célula de carga. Esses componentes são adaptáveis a diferentes produtos com uma simples troca ou deslocamento.

Esta iniciativa se torna crucial devido à elevada produção da indústria e à crescente importância da qualidade. Surge, assim, a necessidade de uma ferramenta

que possa diagnosticar as condições do produto ao término da linha de produção.

Para o desenvolvimento e construção do projeto faz-se uso de: motor de corrente contínua ou CC, esteira transportadora, sensores indutivos e ópticos, CLP, IHM, estrutura mecânica e cilindros pneumáticos.

O projeto é dividido em três partes:

Capítulo 1 – Fundamentação teórica: encontram as teorias que dão sustentação do desenvolvimento do projeto;

Capítulo 2 – Metodologia: é o caminho necessário a ser percorrido para o desenvolvimento de uma pesquisa. Fornece técnica e métodos mediante o emprego de instrumentos e ferramentas utilizados;

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto: encontram-se o passo a passo da construção e desenvolvimento do projeto. Estabelece uma ligação com a fundamentação teórica, assim como ilustrações;

E por último, as Considerações finais: são descritos os objetivos e as justificativas do projeto, trazendo à tona as relações entre os fatos verificados, teorias e objetivos alcançados, pontos a serem destacados e possíveis sugestões para melhorias futuras.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são descritos os conceitos e teorias que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto intitulado Analisador automático de peças em linha de produção.

1.1 Conceitos da qualidade

Werkema (1995) enfatiza que a qualidade se refere à medida em que um produto ou serviço atende ou excede as expectativas e requisitos estabelecidos pelos clientes, também envolve a implementação de processos e procedimentos para garantir que os produtos ou serviços atendam aos padrões de qualidade especificados.

O controle de qualidade pode incluir inspeções, testes, análise de dados, uso de técnicas estatísticas e outras medidas para garantir que a qualidade seja mantida, reduzindo defeitos e garantindo a consistência ao longo do tempo.

1.1.1 Controle de qualidade

Martins (2006) destacam que o conceito de qualidade apresenta três fases que são: inspeção, controle estatístico da qualidade e garantia da qualidade.

Inspeção: representa o estágio inicial no desenvolvimento do controle de qualidade nas industriais.

Controle estatístico da qualidade: faz uma abordagem fundamental na gestão da qualidade que se concentra na utilização de técnicas estatísticas para monitorar e controlar a qualidade de produtos e processos industriais, é a evolução do controle de qualidade em relação à inspeção.

Garantia da qualidade: explica que todos os membros envolvidos na produção, em uma abordagem sistêmica, onde ela se estende a todos os aspectos

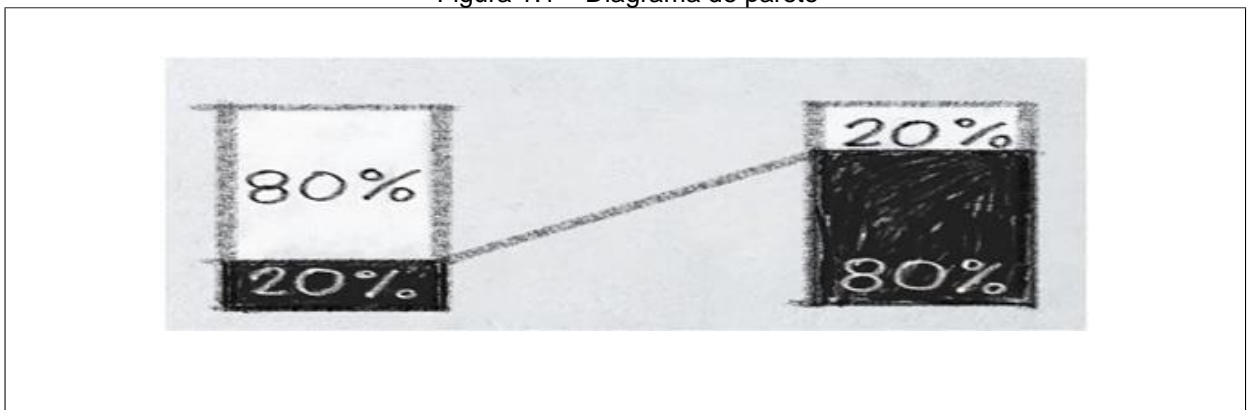
da organização, incluindo processos, gestão, comunicação interna e externa, relacionamento com fornecedores, entre outros, têm ênfase na prevenção de problemas, em vez de apenas detecção de problemas.

Martins (2006) também destaca que durante essa fase, uma série de métodos e ferramentas são desenvolvidos e aplicados para garantir a qualidade. Isso inclui a quantificação dos custos da qualidade, o controle total da qualidade, a engenharia da confiabilidade e o conceito de "zero defeito". Promove-se a integração da qualidade em todos os aspectos da organização e é caracterizada por métodos e ferramentas avançados para aprimorar a qualidade e a satisfação do cliente.

1.1.2 Ferramentas da qualidade

Giocondo (2011) destaca que o diagrama de pareto é usado para identificar e priorizar problemas ou causas de problemas, classificando-os em ordem de importância. Ele se baseia no princípio de pareto, que afirma que a maioria dos problemas é causada por um pequeno número de causas. Fundamentada no conceito do princípio 80/20, afirma que a maioria dos desafios de uma empresa é atribuída a apenas um quinto das origens, conforme ilustra a Figura 1.1.

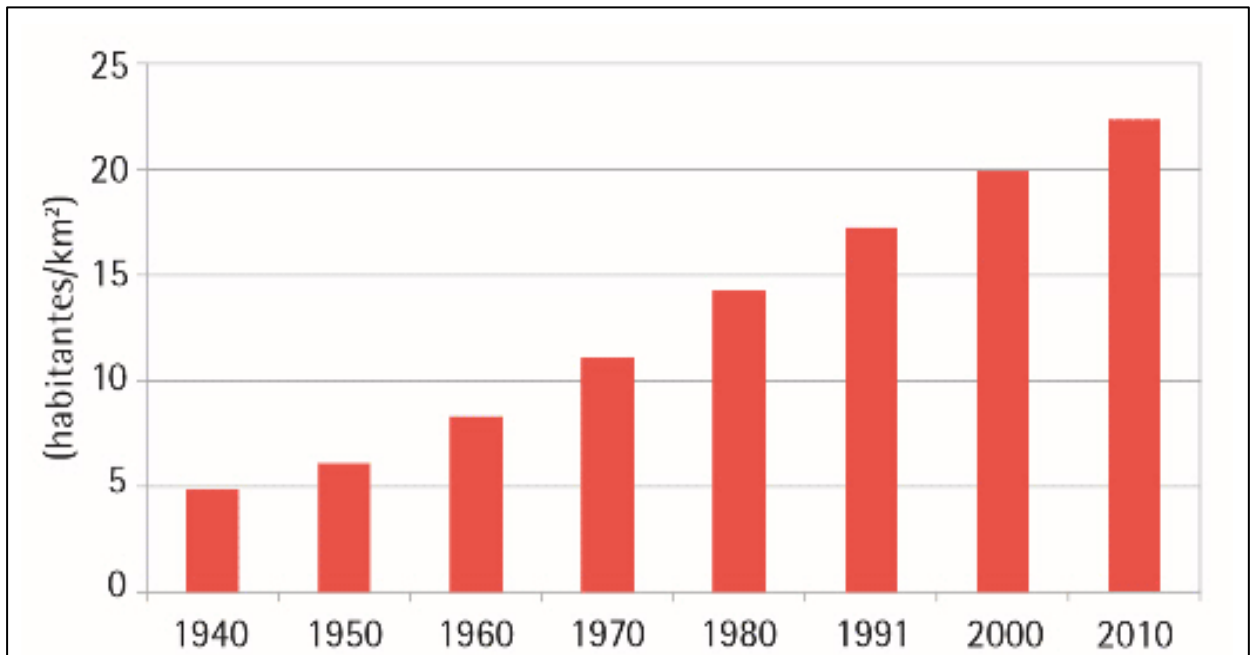
Figura 1.1 – Diagrama de pareto



Fonte: zeev.it/blog/diagrama-de-pareto,2022

Chamon (2008) enfatiza que o gráfico de colunas mostra a distribuição de dados, ele ajuda a entender a variação nos dados e identificar tendências ou padrões e informações sobre como os dados estão distribuídos, conforme ilustra a Figura 1.2.

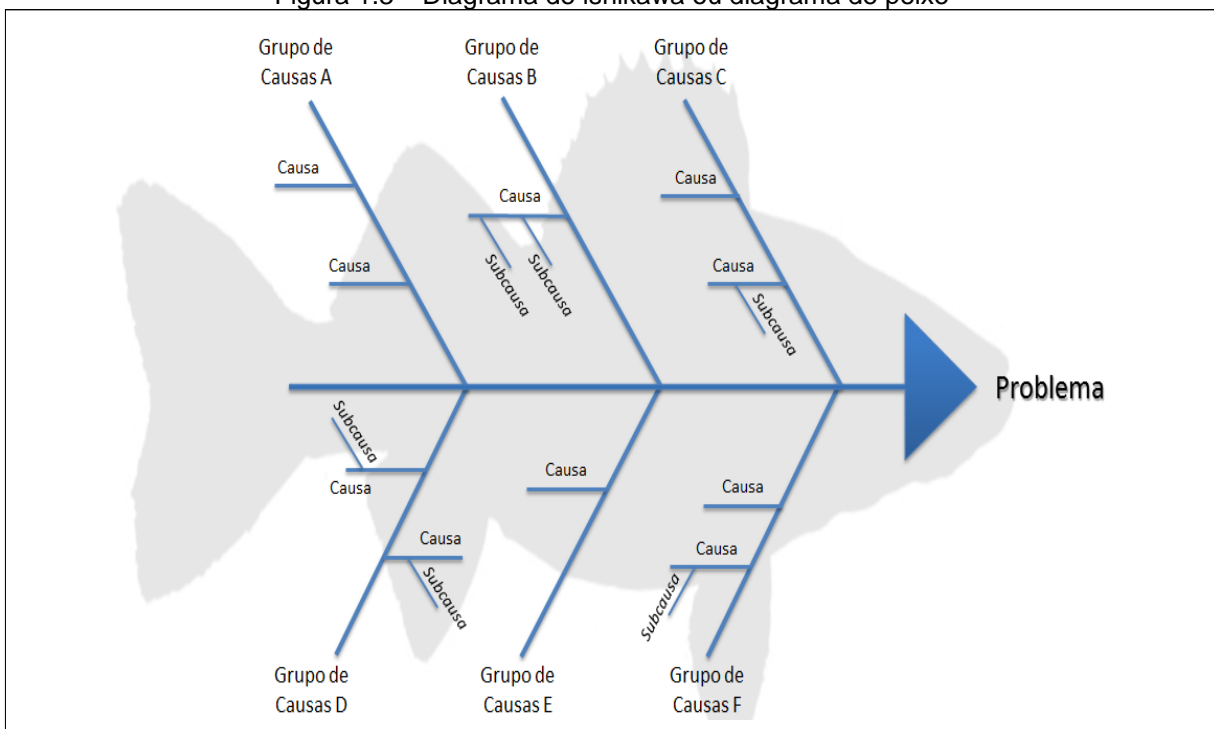
Figura 1.2 – Gráfico de colunas



Fonte: <https://educa.ibge.gov.br,2024>

Diagrama de Ishikawa (Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito), essa ferramenta ajuda a identificar as possíveis causas de um problema, organizando-as em categorias. É útil para analisar a relação entre as causas e os efeitos, conforme ilustra a Figura 1.3.

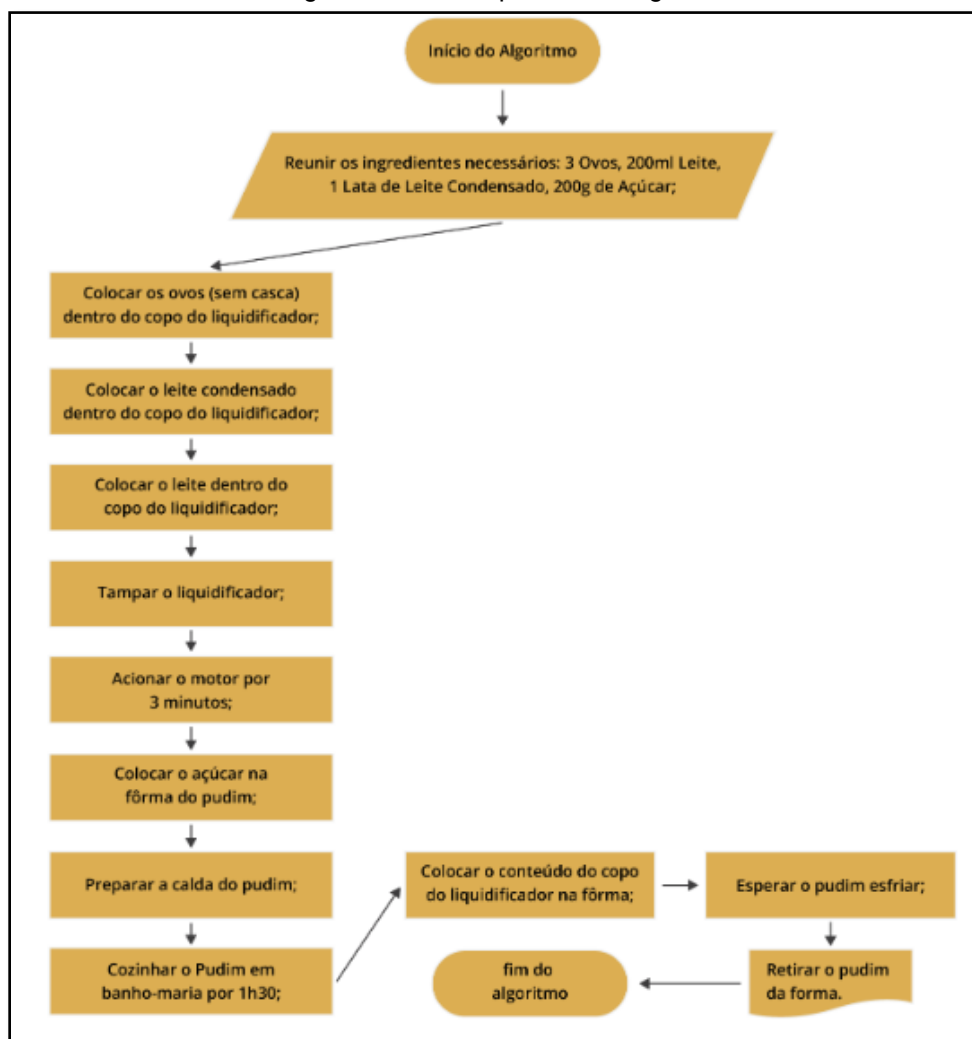
Figura 1.3 – Diagrama de ishikawa ou diagrama de peixe



Fonte: www.pt.linkedin.com/pulse/diagrama-de-ishikawa-walney-costa,2024

Andrade (2012) enfatiza que o fluxograma é uma representação gráfica que descreve sequencialmente um processo, procedimento ou sistema. Geralmente, é composto por formas geométricas, como retângulos, círculos ou losangos, representam etapas ou ações, e linhas conectando essas formas para indicar a ordem em que as etapas ocorrem, conforme ilustra a Figura 1.4.

Figura 1.4 – Exemplos de fluxograma



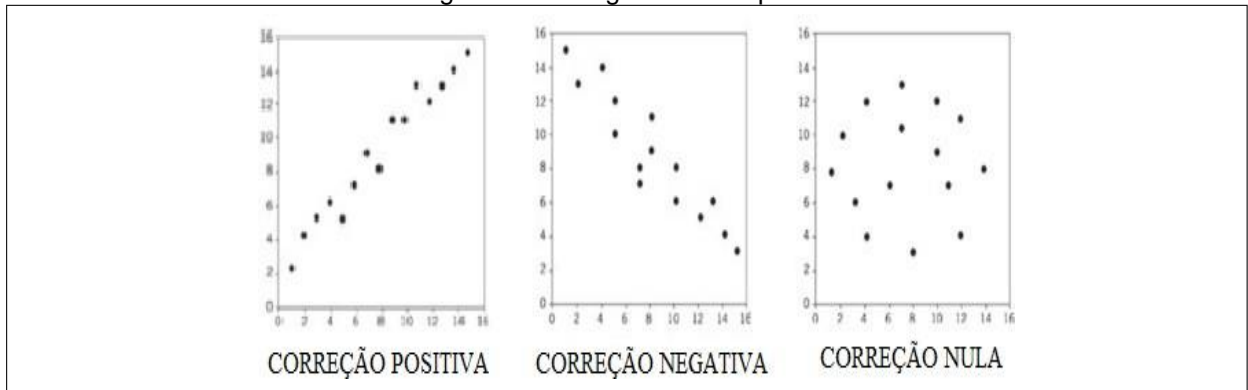
Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>, 2024

Fluxogramas são usados para visualizar e comunicar de forma clara como um processo funciona, identificar pontos de decisão, mostrar a sequência de atividades e destacar interações entre elementos do processo.

Coutinho (2019) destaca que os diagramas de dispersão ou gráficos de dispersão são representações de dados de duas (tipicamente) ou mais variáveis que são organizadas em um gráfico.

O gráfico de dispersão utiliza coordenadas cartesianas para exibir valores de um conjunto de dados. Os dados são exibidos como uma coleção de pontos, cada um com o valor de uma variável determinando a posição no eixo horizontal e o valor da outra variável determinando a posição no eixo vertical, conforme ilustra a Figura 1.5.

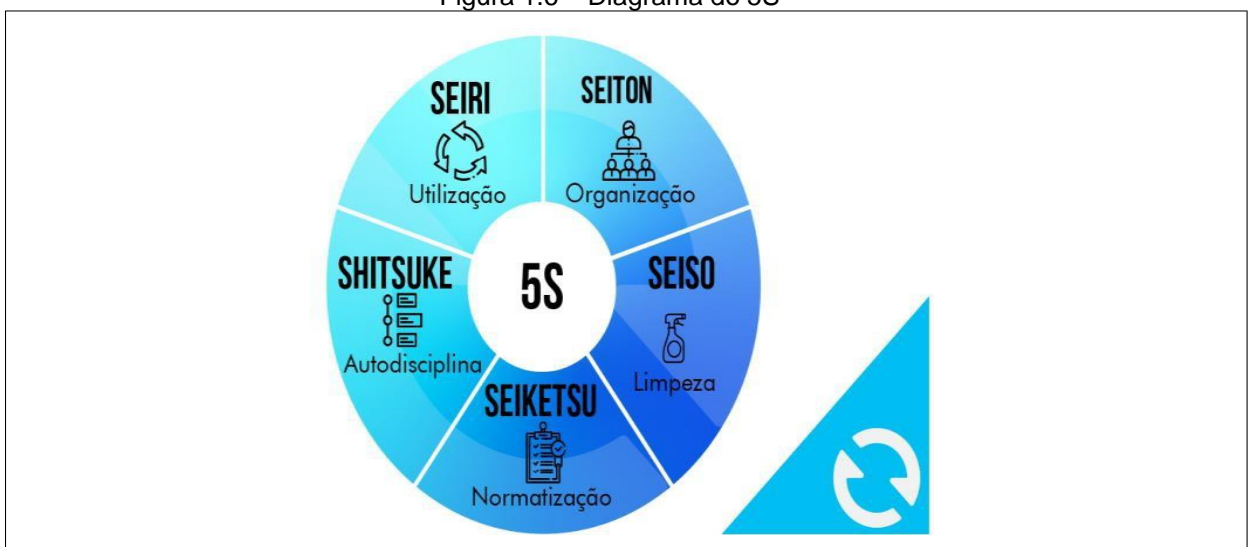
Figura 1.5 – Diagrama de dispersão



Fonte: www.ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-dispersao, 2023

Chiavenato (2014) destaca que o 5S é outra ferramenta de qualidade, que envolve fazer repetidas perguntas "por quê" para identificar a causa raiz de um problema. Ajuda a ir além dos sintomas e encontrar a causa subjacente, o método 5S significam 5 palavras japonesas que indicam cada fase do programa, que são: organização (*Seiri*), arrumação (*Seiton*), limpeza (*Seiso*), saúde e padronização (*Seiketsu*) e autodisciplina (*Shitsuke*), conforme ilustra a Figura 1.6.

Figura 1.6 – Diagrama do 5S



Fonte: www.pt.linkedin.com/pulse/metodologia-5s, 2023

1.1.3 Sistema toyota

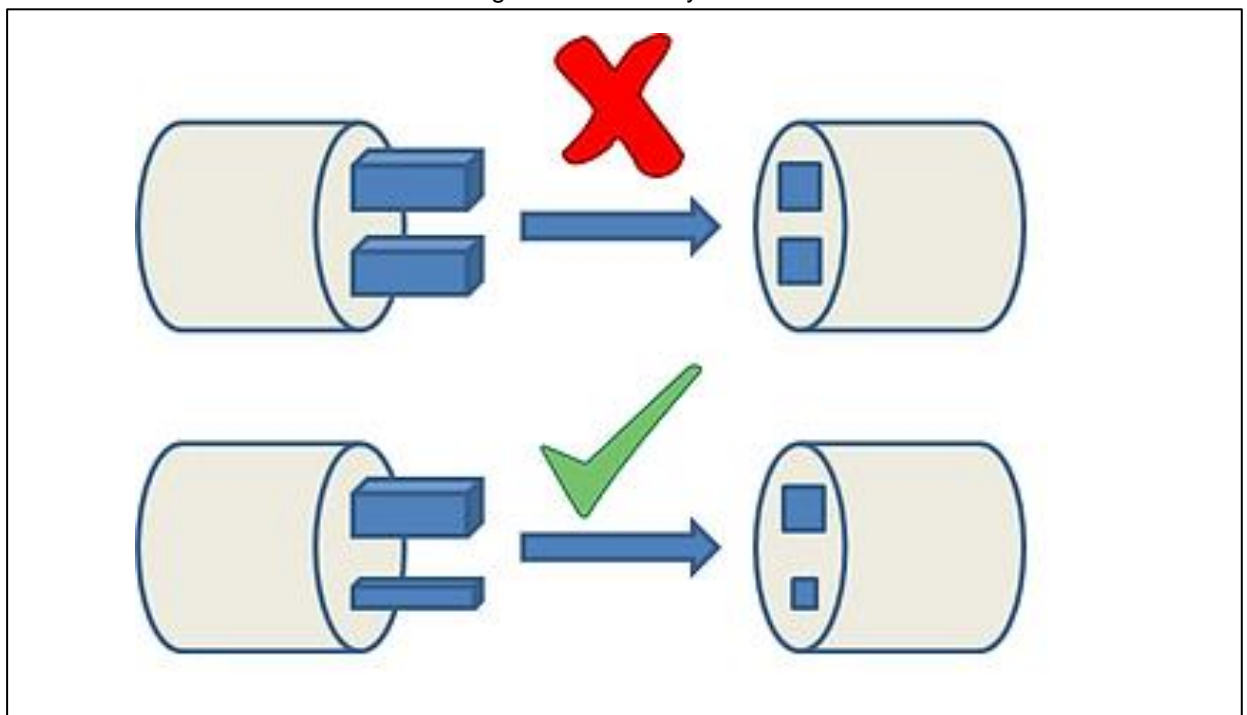
Ohno (1997) destaca que o processo *Just in Time* (JIT) é uma filosofia de gestão de produção e estoque que visa reduzir desperdícios, eliminar estoques desnecessários e produzir produtos quando há demanda do cliente. Ele enfatiza a qualidade, flexibilidade na produção e parcerias com fornecedores confiáveis.

O JIT usa o sistema *Kanban* para controlar a produção e promove a melhoria contínua. Embora tenha benefícios, como redução de custos e sua implementação requer cuidadosa gestão de riscos e adaptação às condições de negócios.

O *toyotismo* trouxe também, como ferramenta o sistema *jidoka* que investe em processos automatizados com relação a sabedoria humana, assim impedindo o erro humano, podendo evitar o problema antes que aconteça, melhorando a qualidade dos produtos produzidos.

Utilizando estratégias como *poka yoke* que nada mais é métodos para evitarem erros em linhas produtivas, montagem de equipamentos e manutenções, conforme ilustra a Figura 1.7.

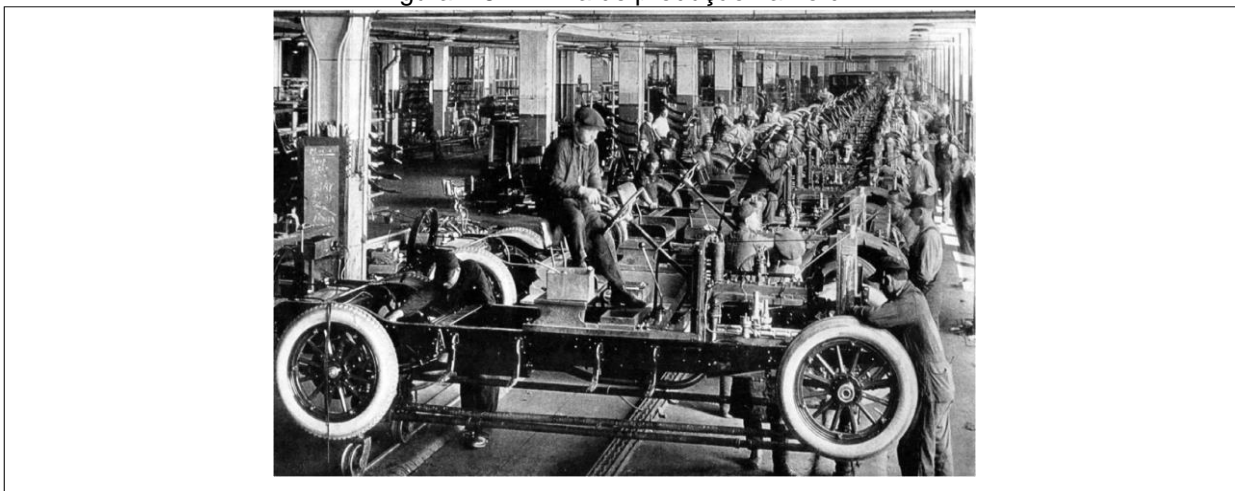
Figura 1.7 – Poka yoke



1.1.4 Fordismo

Matias (2023) explica que o Fordismo é famoso por introduzir a ideia de produção em massa, que envolve a produção de grandes quantidades de produtos padronizados em uma linha de montagem. Isso permitiu uma produção mais eficiente e uma redução significativa nos custos de fabricação. A Figura 1.8 ilustra a linha de produção da Ford.

Figura 1.8 – Linha de produção na Ford



Fonte: www.pt.linkedin.com/pulse/semana-com-4-dias-de-trabalho, 2023

A inovação central do fordismo foi a implementação da linha de montagem. Nesse sistema, os trabalhadores ficavam em posições fixas e as peças e componentes eram transportados ao longo de uma esteira rolante. Cada trabalhador era responsável por uma tarefa específica, o que aumentava a eficiência e a produtividade.

Para viabilizar a produção em massa, o fordismo enfatizava a padronização dos produtos. Isso significa que os produtos eram projetados para serem idênticos, simplificando a produção, manutenção e trabalhando a qualidade.

Com o amparo das estratégias houve uma redução do tempo de produção de veículos. Antes da introdução da linha de montagem, um automóvel podia levar várias semanas para ser construído, mas com o fordismo, esse tempo foi reduzido para poucas horas.

1.2 Controlador lógico programável (CLP)

Franchi e Camargo (2020) explicam que um controlador lógico programável (CLP) é um dispositivo eletrônico utilizado para controlar máquinas e processos industriais. Ele é projetado para automatizar tarefas e processos repetitivos, permitindo que sejam programados para executar uma ampla gama de funções lógicas e sequenciais. A Figura 1.9 ilustra um CLP da fabricante Delta.

Figura 1.9 – CLP Delta



Fonte: Delta, 2023, p.07

Franchi e Camargo (2020) também destaca que a principal característica de um CLP é a sua capacidade de ser programado de forma flexível e reprogramável para atender às necessidades específicas de controle de uma aplicação industrial.

Os CLPs têm entradas digitais para receber sinais de sensores e dispositivos externos, e saídas digitais para controlar dispositivos como motores, válvulas e solenoides.

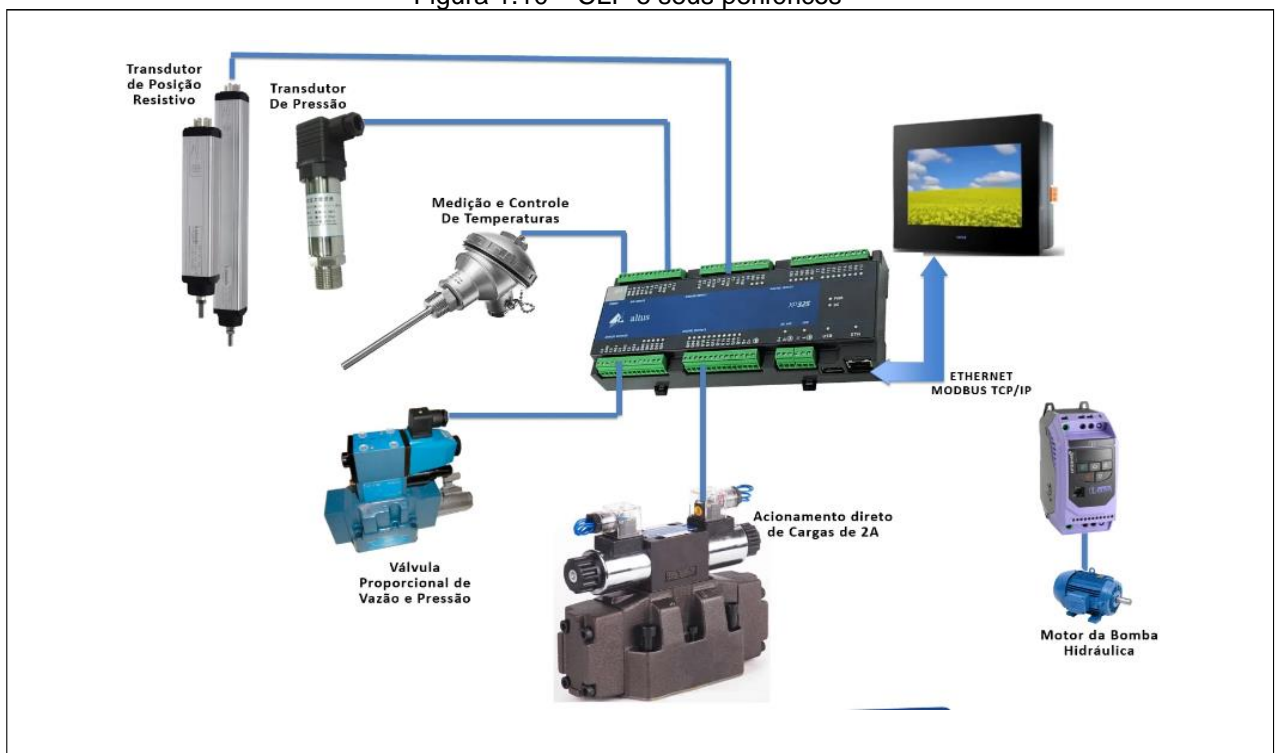
Permite que os engenheiros de controle programem a lógica de controle usando linguagens de programação como ladder, *Grafcet* (SFC), texto estruturado e blocos de função.

As vantagens desse método é que os programas podem ser facilmente modificados e adaptados às mudanças nas necessidades de controle da indústria.

São projetados para operação em ambientes industriais adversos, com alta resistência a choques e vibrações. A segurança é uma consideração importante e os CLPs muitas vezes incluem recursos de segurança para proteger contra falhas e situações perigosas, são exemplos desses recursos: as redundâncias de CPU, redundância de fontes de alimentação, optoacopladores, comunicação segura e redundante, *watchdog timer*.

Possuem a capacidade de se comunicar com outros dispositivos, utilizando protocolos que padronizam a mensagem e permitem trabalhar não só com outros dispositivos, mas também com CLPs de outras fabricantes. A Figura 1.10 ilustra um CLP e seus periféricos.

Figura 1.10 – CLP e seus periféricos



Fonte: ALTUS, 2024, p.11

1.2.1 Modelos de CLP existentes no mercado

Existem vários tipos de controladores lógicos programáveis (CLPs), cada um com suas características e aplicações específicas.

Franchi e Camargo (2020) destacam que os CLPs compactos são projetados para aplicações de controle de pequeno a médio porte. Eles são compactos e econômicos, adequados para tarefas simples de automação. A Figura 1.11 ilustra um CLP da fabricante Siemens.

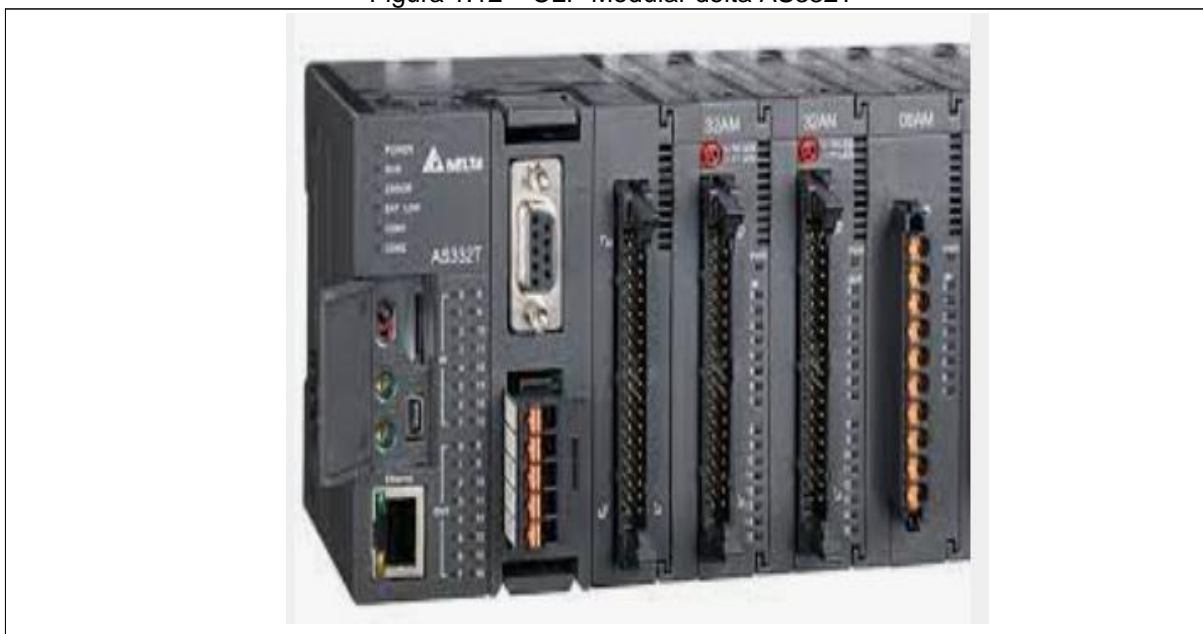
Figura 1.11 – CLP compacto logo Siemens



Fonte: <https://delta-electronics.com.br>, 2024

Freitas (2018) menciona que os CLPs modulares consistem em módulos que podem ser adicionados ou removidos conforme necessário. Esses módulos são de entradas e saídas, para aumentar o número de dispositivos conectados. Isso os torna altamente flexíveis e adequados para aplicações de médio a grande porte. A Figura 1.12 ilustra um CLP modular do fabricante delta, AS332T.

Figura 1.12 – CLP Modular delta AS332T



Fonte: Delta Electronics, 2023, p.26

Os CLPs de alta velocidade são projetados para aplicações que exigem controle rápido e de alta precisão. Eles são usados em sistemas de automação de alta velocidade, como máquinas de embalagem e robótica, utilizam materiais melhores e um isolamento mais robusto, conforme ilustra a Figura 1.13.

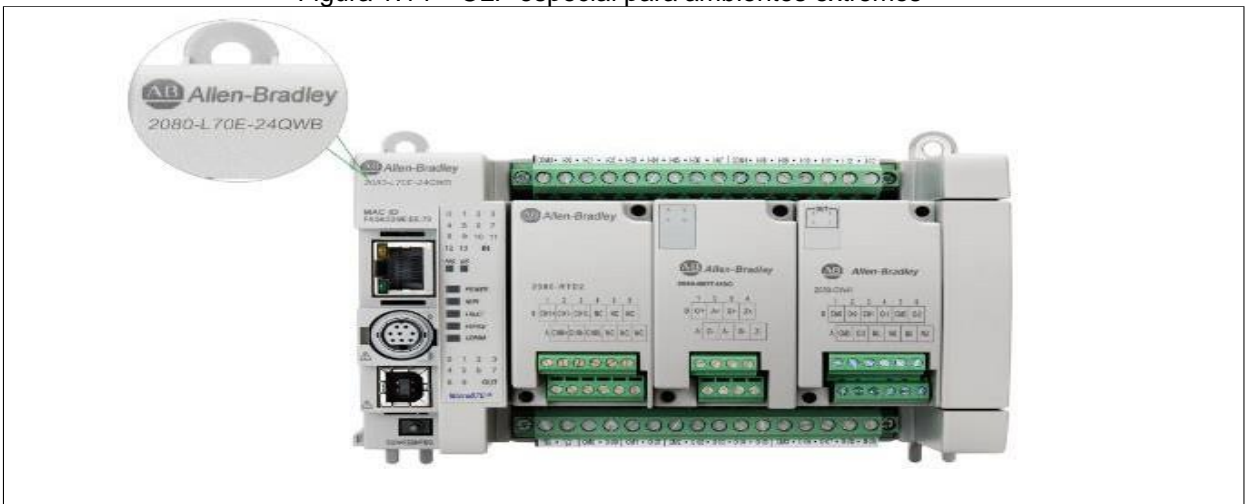
Figura 1.13 – CLP Siemens S7-300



Fonte: <https://www.altus.com.br>, 2024

Existe também modelos para ambientes extremos é projetado para funcionar em locais com altas temperaturas, umidade, poeira ou exposição a produtos químicos corrosivos. Como exemplo o modelo *allen bradley*, que a Figura 1.14 o ilustra.

Figura 1.14 – CLP especial para ambientes extremos

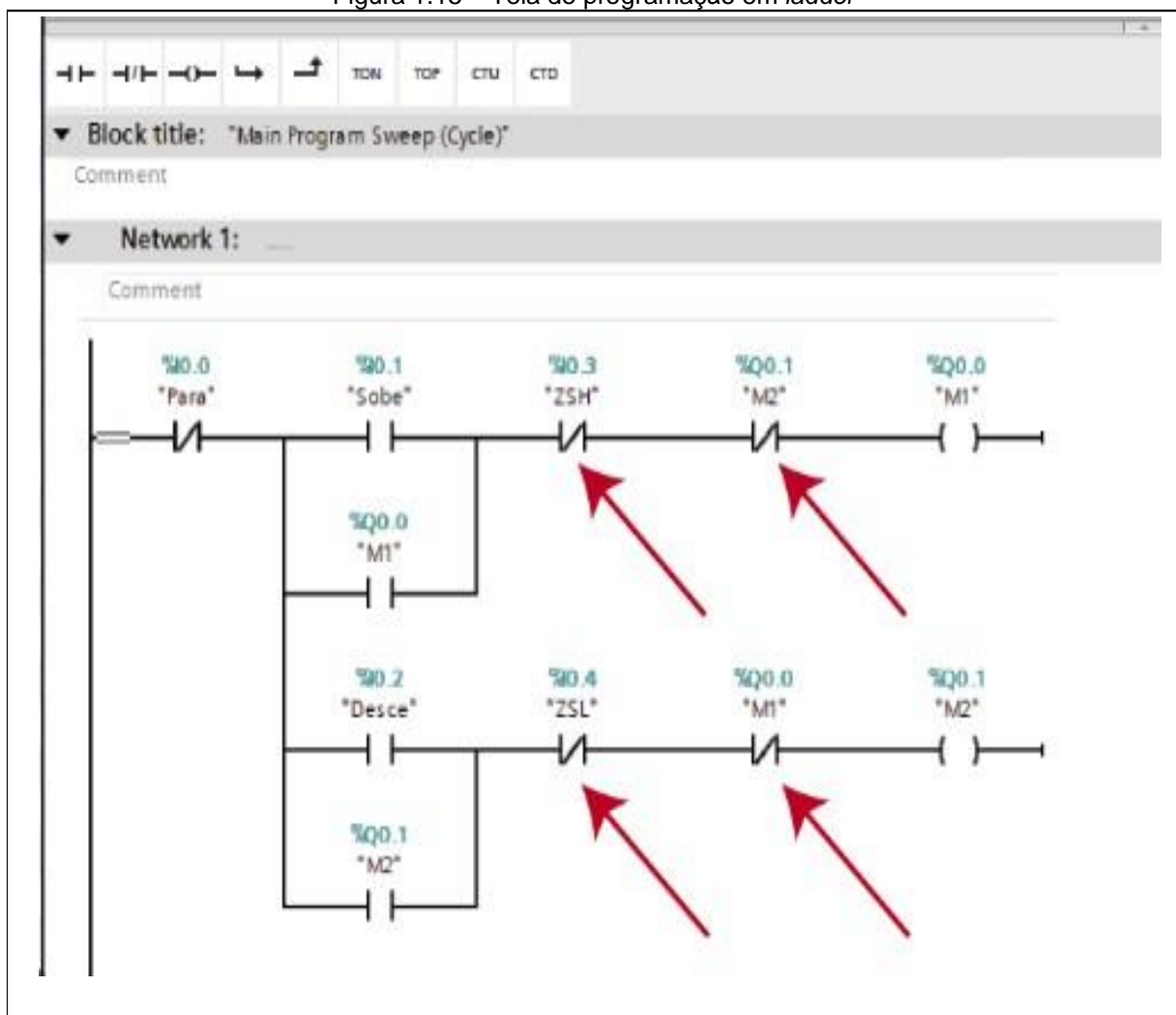


Fonte: www.produto.mercadolivre.com.br, 2023

1.2.2 Linguagens de programação

Franchi e Camargo (2020) enfatizam que os CLPs são programados utilizando uma linguagem especializada para automação industrial. A linguagem de programação mais comum e amplamente usada é a "*Ladder Logic*" (Lógica de Escada). A *Ladder Logic* é uma linguagem gráfica que representa a lógica de controle usando símbolos e diagramas semelhantes a uma escada. A Figura 1.15 ilustra uma tela de programação em *ladder*.

Figura 1.15 – Tela de programação em *ladder*

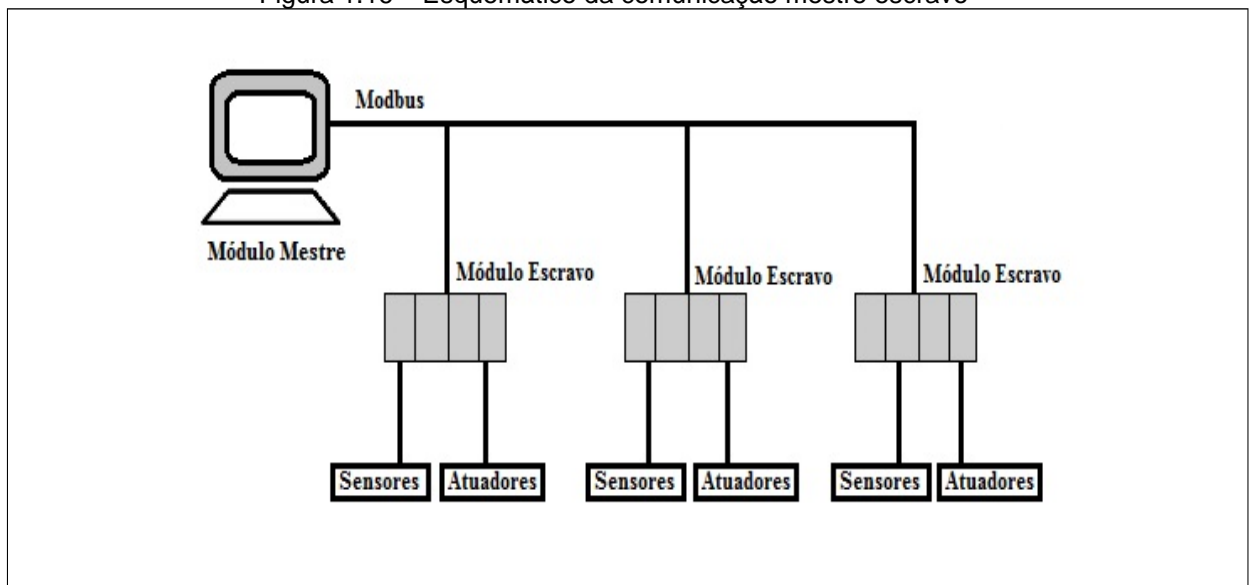


Fonte: www.materialpublic.imd.ufrn.br, 2023

1.3 Redes industriais

Zurawski (2005) destaca que as redes industriais são projetadas para suportar condições adversas, resistindo a ambientes industriais severos, que inclui temperaturas extremas, umidade, poeira e interferência eletromagnética, menciona também que deve possuir alta confiabilidade e disponibilidade, deve dispor a informação em tempo real, evitando atrasos e pode utilizar protocolos de comunicação específicos para a indústria, como por exemplo: Modbus, Profibus, DeviceNet e Ethernet/IP otimizados para transmissão de dados de controle de automação.

Figura 1.16 – Esquemático da comunicação mestre escravo



Fonte: www.researchgate.net, 2023

Também destaca que modelo OSI é um framework conceitual que padroniza as funções de um sistema de comunicação ou rede em sete camadas distintas, permitindo a interoperabilidade entre diversos sistemas de comunicação e tecnologias.

Camada Física (Physical Layer): define os meios físicos de transmissão de dados, incluindo cabos, conectores, sinais elétricos e óticos.

Camada de Enlace de Dados (Data Link Layer): fornece a transferência de dados entre nós na mesma rede e detecta e corrige erros que podem ocorrer na camada física.

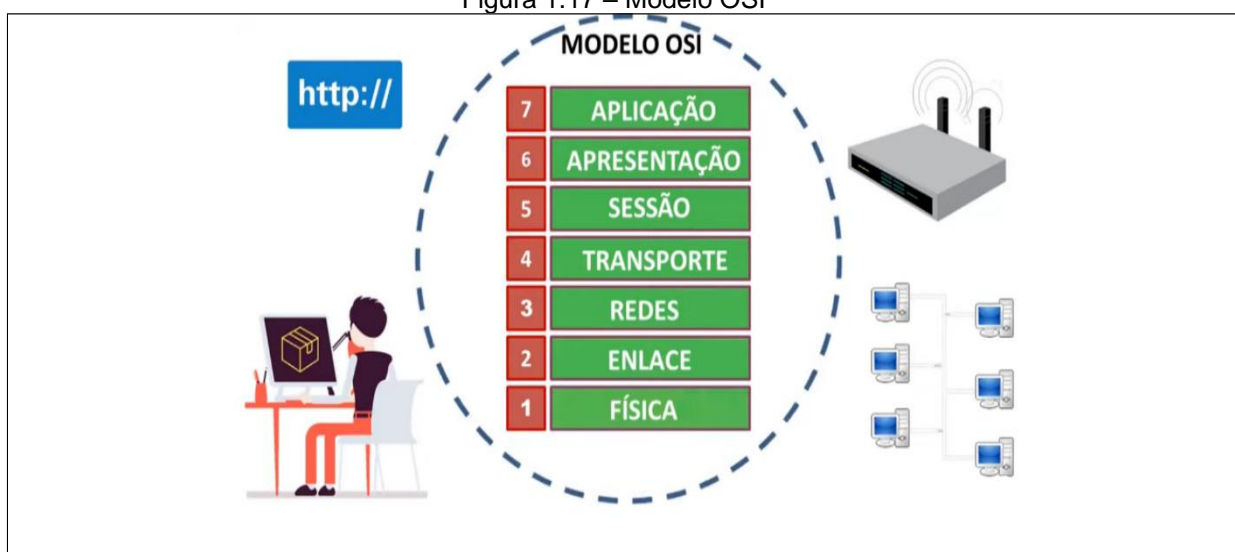
Camada de Rede (Network Layer): gerencia o roteamento dos dados entre diferentes redes e determina o melhor caminho para a transmissão dos pacotes.

Camada de Transporte (Transport Layer): garante a entrega confiável de dados end-to-end, gerenciando a segmentação, transferência e controle de erro.

Camada de Sessão (Session Layer): gerencia as sessões de comunicação, estabelecendo, mantendo e terminando as conexões entre aplicações.

Camada de Apresentação (Presentation Layer): transforma os dados em um formato compreensível para a camada de aplicação, incluindo criptografia e compressão de dados, conforme ilustra a Figura 1.17.

Figura 1.17 – Modelo OSI



Fonte: www.linkedin.com/pulse/o-modelo-de-rede-osi, 2023

1.3.1 Tipos de redes e endereçamento

Zurawski (2005) destaca que existem vários tipos de redes industriais cada uma possuindo uma característica e aplicação, menciona sobre as redes de campo (Fieldbus), como por exemplo: PROFIBUS, Modbus e DeviceNet, utilizada para conectar sensores e atuadores a controladores, como CLP em níveis baixos e menciona redes Ethernet industriais como: Ethernet/IP, PROFINET, EtherCAT, que oferecem maior velocidade.

1.3.2 PROFIBUS

É projetado para a automação industrial, possuindo duas versões sendo a primeira a PROFIBUS-DP (*Decentralized Peripherals*), focada em velocidade e eficiência na comunicação entre sistemas de controle e dispositivos periféricos e a segunda sendo a PROFIBUS-PA, adaptado para trabalhar especialmente em ambientes perigosos, permitindo que os dispositivos sejam alimentados pelo mesmo cabo de comunicação.

A topologia utilizada em sua instalação pode ser a de barramento, estrela ou árvore, sendo a barramento a mais comum de se encontrar, nesse caso todos os dispositivos são conectados em um único cabo, com limite de até 32 dispositivos por barramento.

Na modelagem PROFIBUS-DP utiliza-se um modelo de comunicação chamado mestre-escravo, onde um dispositivo mestre controla a comunicação no barramento e os dispositivos classificados como escravos apenas respondem às solicitações do mestre.

Na camada física é utilizado a comunicação serial RS-485 e para o modelo PROFIBUS-DP e o Manchester Bus Powered (MBP) para PROFIBUS-PA, na camada de enlace de dados, são definidos métodos de acesso ao barramento e a estrutura dos quadros de dados, utilizando o protocolo fieldbus data link (FDL) para gerenciar e na camada de aplicação implanta protocolos específicos para a troca de dados de aplicação.

1.3.3 Modbus

Freitas (2014) destaca que o protocolo modbus opera sobre diferentes meios de comunicação serial, como RS-232, RS-485 e Ethernet (Modbus TCP/IP). As versões mais comuns são baseadas em RS-232 e RS-485, adequadas para comunicação ponto a ponto ou em rede.

O protocolo Modbus utiliza uma estrutura simples de mensagens, com funções específicas para ler e escrever dados em dispositivos remotos. As mensagens são compostas por um endereço de dispositivo, uma função, dados e verificações de erro.

As principais funções suportadas pelo protocolo Modbus incluem leitura e escrita de registros, além de funções específicas para controle e diagnóstico. Ele opera no modelo mestre-escravo, possui endereçamento simples, cada dispositivo possui um endereço único que o identifica na rede.

1.3.4 DeviceNet

É uma rede baseada na rede CAN (*Controller Area Network*), projetada especialmente para conectar dispositivos de automação como sensores, atuadores e controladores, com o objetivo de facilitar a comunicação com robustez e eficiência.

Sua arquitetura suporta topologias de linha, estrela e árvore. Os são conectados a um barramento comum usando cabos de dois pares, sendo um para a alimentação e outro para dados.

Os componentes que o incluem são: os nós mestre (controladores) e os nós escravos (dispositivos de campo). O mestre gerencia a comunicação e os escravos respondem as solicitações.

Sobre a comunicação e protocolo, o DeviceNet utiliza o modelo mestre-escravo, no qual o mestre inicia a comunicação. Nos tipos de mensagens, é suportável vários incluindo as de entrada ou saída, mensagens explícitas (para configuração e diagnóstico) e mensagens de fragmentação.

Nas camadas do protocolo encontra-se na camada física o padrão baseado na rede CAN utilizando cabos de par trançado para a transmissão dos dados, na camada de enlace, são definidos os métodos de acesso ao barramento, controle de erro e recuperação e na camada de aplicação define como os dados são formatados e trocados entre os dispositivos.

Kurose e Ross (2017), diz que existe redes por escalas, que aborda os diferentes tipos de redes de acordo com a área geográfica que elas cobrem, que são elas:

PAN (*Personal Area Network*): redes de área pessoal, são utilizadas para comunicação entre dispositivos próximos, como fones de ouvido Bluetooth e *smartwatches*.

LAN (*Local Area Network*): redes de área local, são utilizadas em casas, escritórios ou campus universitários. Elas cobrem uma área limitada e usam tecnologias como Ethernet e Wi-Fi.

MAN (*Metropolitan Area Network*): cobrem uma área geográfica maior que uma LAN, mas menor que uma WAN, frequentemente usadas para conectar redes em uma cidade.

WAN (*Wide Area Network*): cobrem grandes distâncias geográficas, interligando cidades, países ou continentes. A internet é o maior exemplo de uma WAN.

1.4 Interface homem máquina (IHM)

Freitas (2018) diz que a IHM é um dispositivo que permite a interação entre seres humanos e máquinas. Uma de suas funções é acessar o CLP, ler os dados coletados e projetá-los de forma visual para que o operador possa tomar uma decisão com base na situação real da máquina. A Figura 1.18 ilustra uma IHM da fabricante Delta.

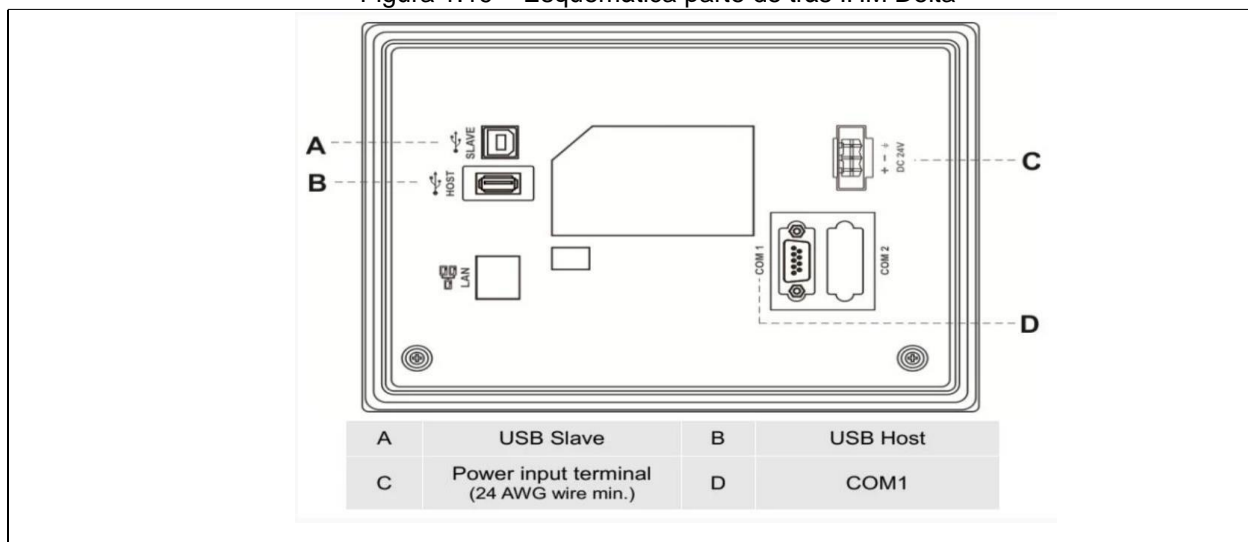
Figura 1.18 – IHM Delta



Fonte: Delta-electronics, 2022, p.30

As IHMs modernas incluem elementos como telas sensíveis ao toque, botões, teclados virtuais, gráficos e informações visuais que facilitam o controle e a supervisão de sistemas complexos. A Figura 1.19 ilustra a traseira de uma IHM do fabricante Delta.

Figura 1.19 – Esquemática parte de trás IHM Delta

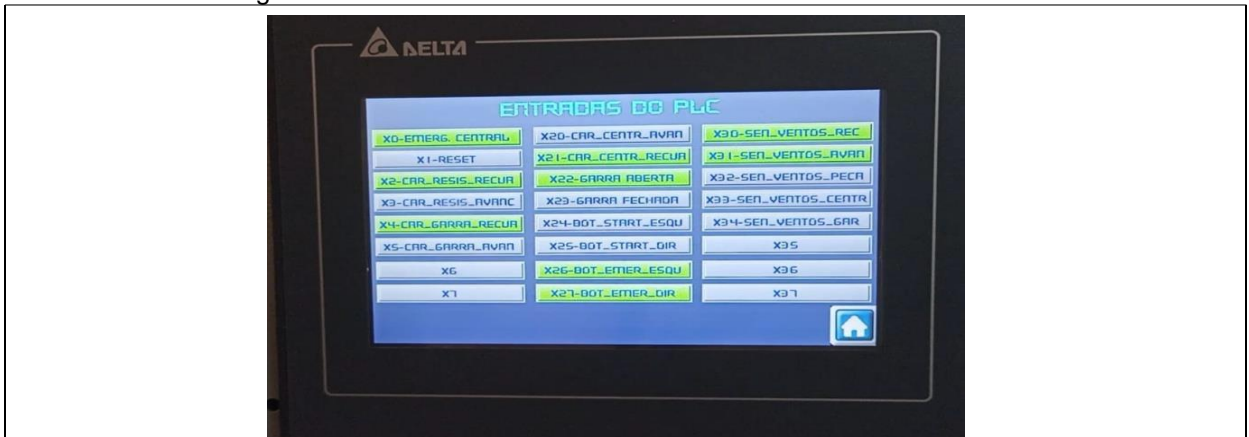


Fonte: Delta-electronics, 2022, p. 34

A IHM Delta de tratamento de dados é perfeita para aplicações que requerem *feedback* constante do sistema ou impressões de relatórios. Nele incluem funções como receitas, tendências, registro de dados e alarmes. A Figura 1.20 ilustra a tela

de uma IHM, com o tratamento de entradas e saídas.

Figura 1.20 – IHM Delta tela de tratamento de entradas e saídas



Fonte: Foto obtida pela Formtap, 2023, p.12

A IHM de supervisão é usada para sistemas complexos e grandes, as melhores são baseadas em computadores fornecem o melhor em conectividade, acesso remoto, gráficos e flexibilidade, sendo que se observa uma linha tênue entre este modelo e as *Embedded* (integrada) por apresentarem algumas características semelhantes, conforme ilustra a Figura 1.21.

Figura 1.21 – IHM tela de sistema supervisório



Fonte: Foto do monitor da aula na Fatec Adib Moises Dib, 2023

1.5 Sensores e alguns tipos

Silva (2004) destaca que os sensores são dispositivos que transformam variáveis físicas, como distância, velocidade, temperatura, nível, *pH*, em variáveis convenientes (unidades de engenharia).

A informação pode ser associada à tensão ou à corrente, sendo o segundo caso mais usual, pois implica em um receptor de baixa impedância e de maior imunidade à captação de ruídos eletromagnéticos. Em ambientes ruidosos e com distâncias maiores é amplamente utilizada a transmissão por fibras óticas.

Os sensores podem ser discretos por produzir sinais elétricos de saída que são binários, geralmente representados como 0 (desligado) ou 1 (ligado). Esses sensores são empregados para detecção de eventos, como a chegada de um objeto a uma determinada posição ou a manutenção de um nível específico de um fluido.

Thomazini e Albuquerque (2012) destacam que há vários tipos de sensores, dentre eles os ópticos, indutivos e capacitivos:

Ópticos: são sensores digitais que executam a detecção de quaisquer peças sem que haja contato físico com ela. O princípio de funcionamento desses sensores é um tipo de luz gerada por um dispositivo emissor que atinge um dispositivo receptor.

Indutivos: são sensores digitais que detectam materiais ferrosos. Seu funcionamento baseia-se na indução de um campo magnético de alta frequência na face sensora e interferência desse campo, conforme ilustra a Figura 1.22.

Figura 1.22 – Sensor do tipo indutivo



Fonte: www.ffonseca.com/pt/prod-sensor-de-proximidade-indutivo, 2023

Capacitivo: há dois tipos de sensores capacitivos, os blindados que são destinados a identificação de materiais, como papel, teflon e açúcar e os não blindados que são indicados na detecção de matérias como constantes dielétricas

mais altas como água, etanol e madeira. Geram um campo eletrostático e trabalham conforme a interferência desse campo.

Os sensores fotoelétricos do tipo laser que funcionam enviando uma onda luminosa modulada por *laser* em direção ao objeto a ser medido. Essa luz é refletida pelo objeto, e a posição de fase do sinal luminoso refletido é então comparada com a posição de fase da luz originalmente emitida. A Figura 1.23 ilustra um sensor fotoelétrico laser.

Figura 1.23 – Sensor fotoelétrico laser

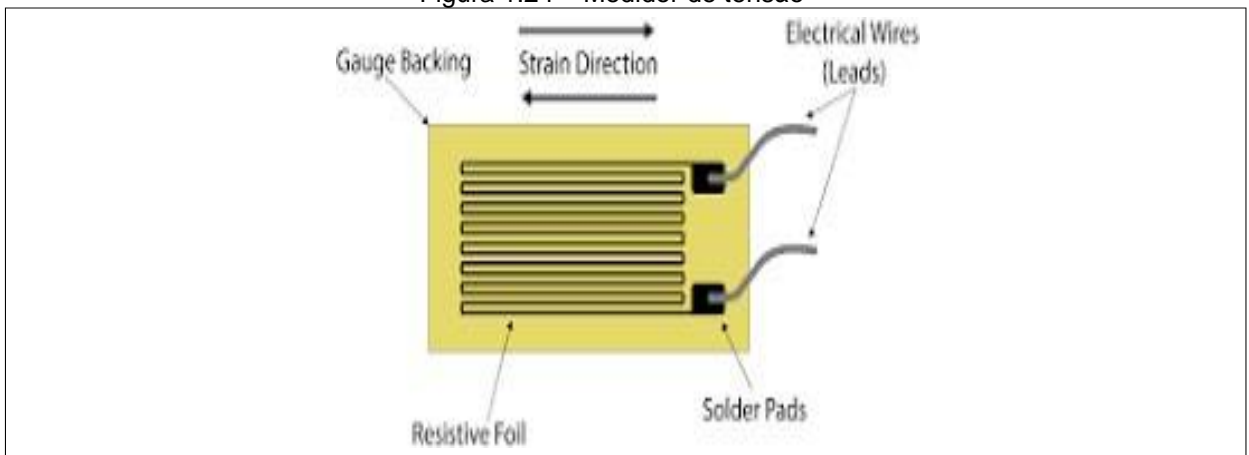


Fonte: www.scandobrasil.com.br, 2023

1.6 Medidor de tensão

Caldas (2015) destaca que um sensor medidor de tensão consiste em uma grade de fios condutores extremamente finos e flexíveis, normalmente feitos de ligas metálicas, como *Constantan* ou Ni-Cr. Essa grade é montada em uma base flexível, que é frequentemente feita de um material isolante, como polietileno tereftalato (PET), conforme ilustra a Figura 1.24.

Figura 1.24 – Medidor de tensão



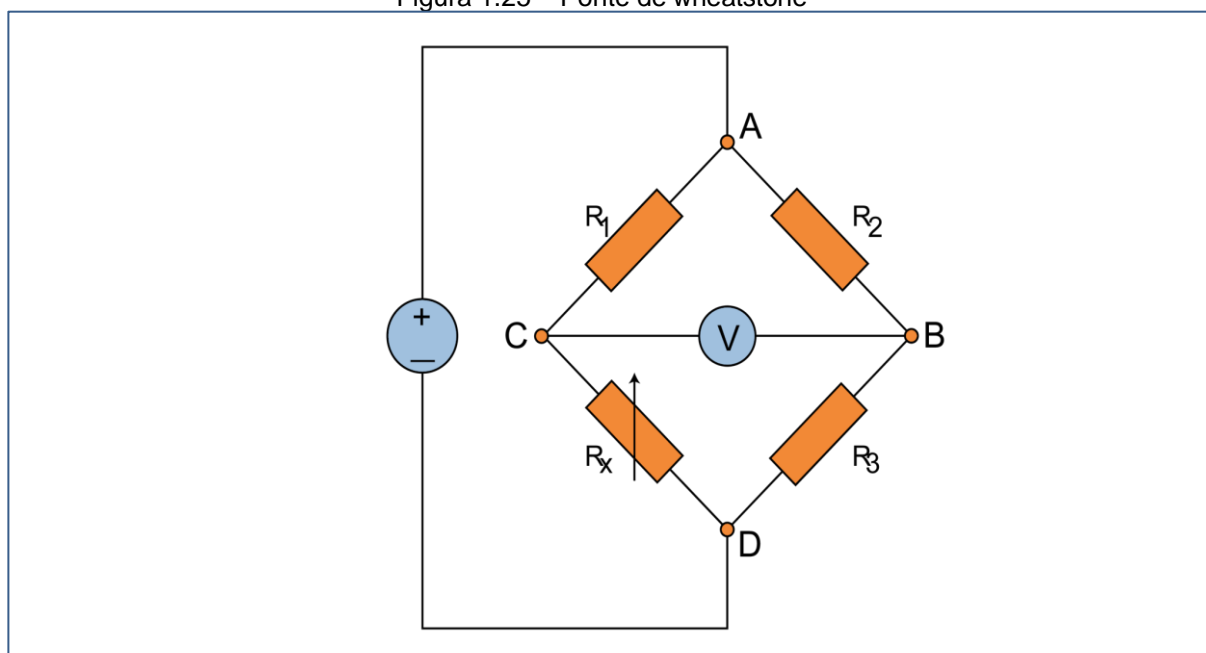
Fonte: HBM Strain Gauges, 2023

Para medir a mudança na resistência de um medidor de tensão faz-se uso de um circuito de medição adequado, como a ponte de *wheatstone*.

1.6.1 Circuito ponte de *wheatstone*

Carrasco (2001) destaca que a ponte de *wheatstone* consiste em quatro resistores, geralmente organizados em forma de diamante ou retângulo. Esses quatro resistores formam uma rede elétrica balanceada, onde uma fonte de tensão é aplicada às junções diagonais da ponte. A junção resultante, chamada de "nó central" ou "ponto médio", é onde a medição é realizada, conforme ilustra a Figura 1.25.

Figura 1.25 – Ponte de wheatstone



Fonte: www.dewesoft.com/pt/blog, 2023

O princípio de funcionamento da Ponte de *Wheatstone* é baseado na detecção de desequilíbrio na corrente elétrica que flui pelo circuito quando uma das resistências é alterada, e uma pequena corrente flui pelo circuito.

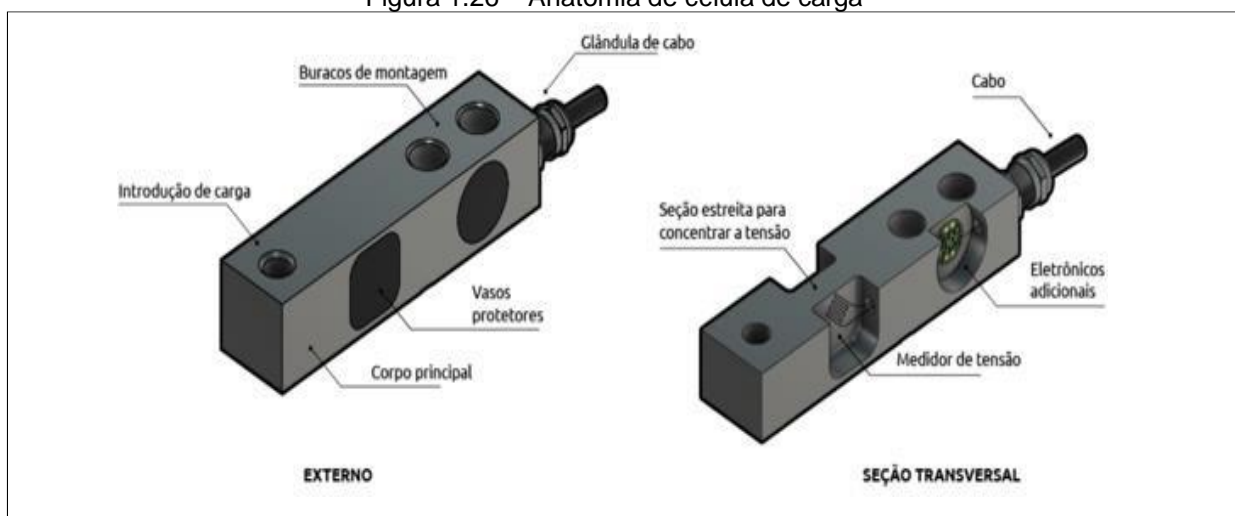
A corrente que flui pelo circuito é proporcional à mudança na resistência e pode ser medida com precisão. Qualquer desequilíbrio na corrente indica uma mudança na resistência desconhecida.

1.6.2 Célula de carga

Schmidt (2022) menciona que as células de carga consistem de um elemento de medição, onde os *strain gauges* são fixados, geralmente é feito de aço ou alumínio, é levemente deformado sob o efeito da carga, mas volta à sua posição inicial, com uma resposta elástica a cada carga.

A resistência aumenta com a deformação e diminui quando ocorre a contração. Se um objeto é colocado sobre a célula de carga ou suspenso a partir dela, o peso do objeto pode ser determinado. A Figura 1.26 ilustra a anatomia de uma célula de carga.

Figura 1.26 – Anatomia de célula de carga



Fonte: www.flintec.com/br/sensores-de-peso, 2023

Silva (2004) destaca que a célula de carga com extensômetro de folha é o tipo mais comum, que emprega extensômetros ou resistências acoplados em um circuito de ponte de *Wheatstone*.

Há também a Célula de carga para compressão que é projetada especificamente para medir a força ou a carga aplicada a si em uma direção perpendicular. Essas células são projetadas para suportar cargas de prensas, máquinas de teste de materiais, onde a força é predominante em uma direção de compressão conforme é ilustrado na Figura 1.27.

Figura 1.27 – Célula de carga para compressão



Fonte: www.lenox.ind.br/celula-carga, 2023

Quando uma força é aplicada à célula de carga na direção de compressão, ela deforma ligeiramente e essa deformação é medida por meio de sensores de tensão.

Outro modelo de célula de carga é a *beam* (viga) é um transdutor projetado para medir forças ou pesos em aplicações industriais. Ela é construída em torno de uma estrutura flexível em forma de viga, fabricada em materiais como aço inoxidável ou alumínio, é sensível às deformações induzidas por uma carga aplicada, conforme ilustra a Figura 1.28.

Figura 1.28 – Célula de carga tipo beam/flexão



Fonte: www.sensocar.com, 2023

1.7 Atuadores

Bueno (2018) define um atuador como um componente crucial em sistemas mecânicos, responsável pela movimentação e controle de cargas e mecanismos. Atuadores podem ser alimentados por diversas formas de energia, como fluidos pressurizados, ar comprimido ou eletricidade. Esses dispositivos transformam a energia recebida em movimento mecânico, permitindo a operação precisa de sistemas complexos. A Figura 1.29 ilustra diversos atuadores.

Figura 1.29 – Atuadores diversos



Fonte: FESTO, 2023, p.26

O funcionamento de um atuador elétrico, apesar das variações entre diferentes tipos, baseia-se fundamentalmente na conversão de energia elétrica em movimento mecânico. Esses atuadores geralmente incluem componentes essenciais como motores elétricos, que fornecem o movimento inicial, e sistemas de engrenagens, que ajustam a velocidade e amplificam a força do movimento. Além disso, mecanismos de acionamento são empregados para transferir o movimento de forma precisa e eficiente ao dispositivo-alvo, garantindo um desempenho otimizado em diversas aplicações industriais e tecnológicas.

1.8 Válvulas pneumáticas

Moreira (2012) diz que os dispositivos pneumáticos são acionados pelo ar comprimido. Um cilindro pneumático consiste em um tubo com um pistão móvel dentro dele. Quando o ar comprimido é direcionado para um lado do pistão, ele se move, realizando trabalho mecânico. Quando o ar é liberado do outro lado, o pistão retorna à sua posição original.

O fluxo de ar para os dispositivos pneumáticos é controlado por meio de válvulas pneumáticas. Estas válvulas podem ser operadas manualmente, eletricamente ou automaticamente por meio de sistemas de controle, como CLPs ou computadores. A Figura 1.30 ilustra uma ligação pneumática.

Figura 1.30 – Exemplo de ligação pneumática



Fonte: www.mtibrasil.com.br/blog/pneumatica, 2023

Existem vários tipos de válvulas pneumáticas, cada uma projetada para atender a diferentes necessidades e aplicações industriais. Alguns dos modelos mais comuns como:

Válvulas de 2/2 vias: são as válvulas mais simples e comuns. Elas têm duas portas, uma de entrada e uma de saída e dois estados abertos e fechadas. Quando acionadas, mudam entre dois estados, permitindo ou bloqueando o fluxo de ar.

Figura 1.31 – Exemplo de válvula de 2/2 vias



Fonte: www.valvutex.com.br, 2023

Válvulas de 3/2 vias: também conhecidas como válvulas de controle direcional, possuem três portas e dois estados. Elas são frequentemente utilizadas para controlar o movimento de cilindros pneumáticos, alternando entre o fornecimento de ar para avançar, recuar ou parar o cilindro.

Figura 1.32 – Exemplo de válvula de 3/2 vias



Fonte: www.mtibrasil.com.br, 2023

Válvulas de 5/2 vias: semelhantes às válvulas de 3/2 vias, mas com uma porta adicional. Elas são usadas para controlar cilindros de dupla ação, permitindo avanço, recuo e parada, assim como o controle da velocidade do cilindro.

Figura 1.33 – Exemplo de válvula de 5/2 vias



Fonte: www.airpresscompressores.com.br, 2023

Válvulas de 5/3 vias: possuem cinco portas e três posições de operação. São frequentemente usadas para controlar cilindros de dupla ação com um retorno centralizado.

Figura 1.34 – Exemplo de válvula de 5/3 vias



Fonte: www.rigelpneumaticos.com.br, 2023

Válvulas de alívio: conhecidas como válvulas de escape rápido, são utilizadas para liberar rapidamente o ar comprimido do sistema, interrompendo o fluxo e liberando a pressão.

Figura 1.35 – Exemplo de válvula de alívio



Fonte: www.cofermetahidraulica.com.br, 2023

Válvulas de bloqueio: são usadas para bloquear o fluxo de ar em uma linha pneumática, permitindo a manutenção ou reparo de componentes sem desligar todo o sistema.

Figura 1.36 – Exemplo de válvula de bloqueio



Fonte: www.vaportec.com.br, 2023

Válvulas proporcionais: permitem controlar a quantidade de ar que passa por elas de forma proporcional a um sinal de entrada, permitindo um controle mais preciso da pressão ou do fluxo.

Figura 1.37 – Exemplo de válvula proporcional



Fonte: www.oiltech.com.br, 2023

Válvulas de solenoide: essas válvulas operam abrindo ou fechando o fluxo de ar quando uma corrente elétrica é aplicada ao solenoide.

Figura 1.38 – Exemplo de válvula solenoide

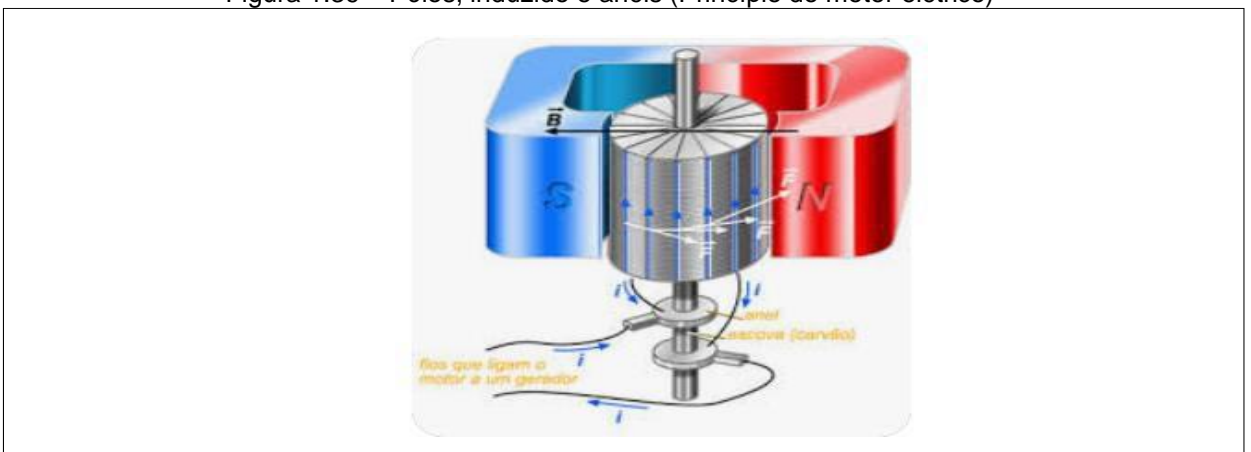


Fonte: www.valvutex.com.br, 2023

1.9 Motores elétricos

Melo (2023) explica que um motor elétrico opera de acordo com o princípio da indução eletromagnética. Quando uma corrente elétrica flui através de um condutor ela cria um campo magnético ao seu redor, produzido pelo motor, gerando forças que impulsionam o movimento do rotor, a parte giratória do motor, conforme ilustra a Figura 1.39 ilustra o princípio do motor elétrico.

Figura 1.39 – Pólos, induzido e anéis (Princípio do motor elétrico)



Fonte: www.brasilecola.com.br, 2022

1.9.1 Modelos de motores

Melo (2023) destaca que o motor de corrente contínua (CC) é composto por duas partes principais: o estator e o rotor. O estator, a parte fixa do motor, contém uma bobina de fio de cobre enrolada em torno de um núcleo ferromagnético. Quando uma corrente elétrica é aplicada à bobina, ela gera um campo magnético. O rotor, a parte giratória do motor, é composto por um ou mais ímãs permanentes, que produzem um campo magnético constante e interagem com o campo gerado pelo estator.

No motor CC, o rotor é montado em um eixo e possui segmentos de metal isolados entre si. As escovas são componentes de contato que tocam esses segmentos, permitindo a passagem da corrente elétrica para a bobina do estator. Esse contato contínuo assegura a conversão eficiente da energia elétrica em movimento mecânico rotativo. A Figura 1.40 ilustra o princípio de funcionamento do motor CC, destacando a interação entre os componentes mencionados.

Figura 1.40 – Motor CC



Fonte: www.yantaibonwaymanufacturer.com.br, 2023

O motor de corrente alternada (CA) funciona pela interação entre um campo magnético rotativo e um campo magnético fixo, gerando movimento rotacional. Ele é composto por uma série de bobinas ou enrolamentos de fio de cobre, que são alimentados por uma corrente alternada (CA). Essa corrente alternada cria um campo magnético rotativo ao redor das bobinas, que interage com o campo magnético fixo do motor, resultando em movimento rotacional. A Figura 1.41 ilustra

o princípio de funcionamento do motor CA, destacando a dinâmica entre os campos magnéticos e os componentes envolvidos.

Figura 1.41 – Motor CA



Fonte: www.avenca.eng.br/gaiola-de-esquilo, 2023

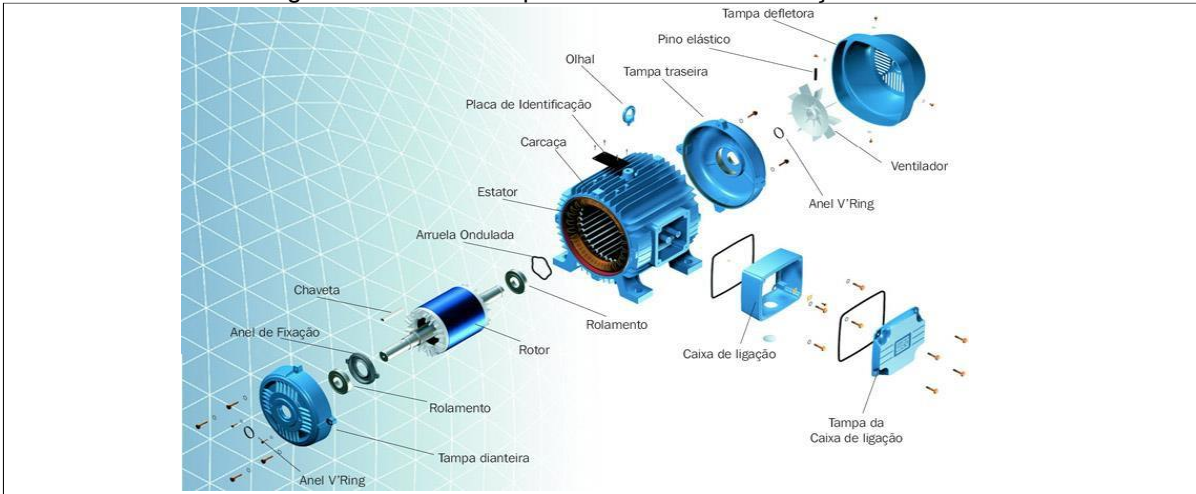
Ainda, Melo (2023) destaca que além dos motores CC e CA existem outras variações e *designs* especializados para atender a necessidades específicas, como: motores de passo, motores de indução com rotor em gaiola de esquilo e motores monofásicos. Cada um desses tipos possui características únicas e aplicações distintas. Dentre eles, destacam-se:

Motores monofásicos: operam com uma única fase de corrente alternada e são amplamente utilizados em aplicações residenciais e comerciais, como eletrodomésticos, ventiladores e pequenas máquinas.

Motores trifásicos: utilizam três fases de corrente alternada e são

predominantes em ambientes industriais e comerciais. São conhecidos por sua eficiência e robustez, sendo usados em uma ampla gama de aplicações, desde bombas e compressores até sistemas de transporte e maquinário pesado, conforme ilustra a Figura 1.42 ilustra uma vista explodida do motor de indução trifásico.

Figura 1.42 – Vista explodida do motor de indução trifásico



Fonte: www.comueller.com.br/category, 2023

2 METODOLOGIA

Neste capítulo, encontram-se as diretrizes para o desenvolvimento e construção do projeto intitulado Analisador Automático de Peças em Linhas de Produção. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da Fatec São Bernardo do Campo e nas residências dos integrantes do grupo.

A elaboração do projeto tem como base as normas da ABNT e o Manual de Normalização de TCC, S.B.Campo: FATEC (2023). Os textos são escritos em uma linguagem simples e concisas.

Dentre os vários autores que publicam teorias metodológicas científicas, Severino (2013), aponta que a estrutura de um trabalho científico é seguida de métodos, técnicas e procedimentos que orientam o estudo. O trabalho possui as seguintes etapas: o tema-problema e justificativa, levantamento bibliográfico, seleção dessa bibliografia, construção lógica do trabalho e redação do texto.

Realizar uma revisão bibliográfica pertinente para compreender o problema, identificar anteriores estudos relevantes e testar as teorias ou modelos já existentes que podem contribuir para o trabalho. Definir objetivos de pesquisa particularmente formulando soluções para questões qualitativas do estudo.

Planejar a metodologia de pesquisa mais apropriada para abordar o problema. Opções comuns incluem pesquisa tecnológica, estudos de caso, experimentos, pesquisas de campo, entre outras.

Coletar os dados e informações necessários de acordo com a metodologia selecionada, podendo conter entrevistas, questionários, observações, análise de documentos, coleta de dados experimentais e outras técnicas relevantes.

Realizar uma análise cuidadosa dos dados coletados para responder às questões de pesquisa. Utilizar técnicas estatísticas, análise de caso ou outras ferramentas apropriadas para interpretar os resultados.

Interpretar os resultados da análise de dados direcionados às bases teóricas pertinentes. Discutir consequências práticas dos resultados.

Elaborar uma discussão abrangente para entendimento dos resultados, definindo conexões intimamente ligadas ao problema e a pesquisa. Apresentar conclusões aplicáveis e utilizar práticas de identificação do problema.

Apresentar os resultados a públicos relevantes, como colegas, tomadores de decisão ou a comunidade afetada. Isso pode ser feito por meio de apresentações, artigos acadêmicos, relatórios técnicos ou outros formatos adequados.

Avaliar o impacto da pesquisa aplicada e estar disposto a revisar as conclusões e recomendações à medida que mais informações se tornarem disponíveis.

2.1 Tema-problema com justificativa e o fluxograma do projeto

O trabalho que se intitula Analisador Automático de Peças em Linhas de Produção tem como objetivo realizar medições automáticas de peças em linha de produção contínua. Justifica-se a praticidade para realizar conferência em peças, aumentando a confiabilidade do processo com um custo menor e redução de tempo.

Dando continuidade, para o entendimento do fluxograma conforme demonstrado na Figura 3.23 fluxograma do projeto, faz-se necessário algumas explicações. Para o processo de análise de peças é necessário programar as medidas de altura, largura, comprimento e peso dos produtos a serem analisados, assim:

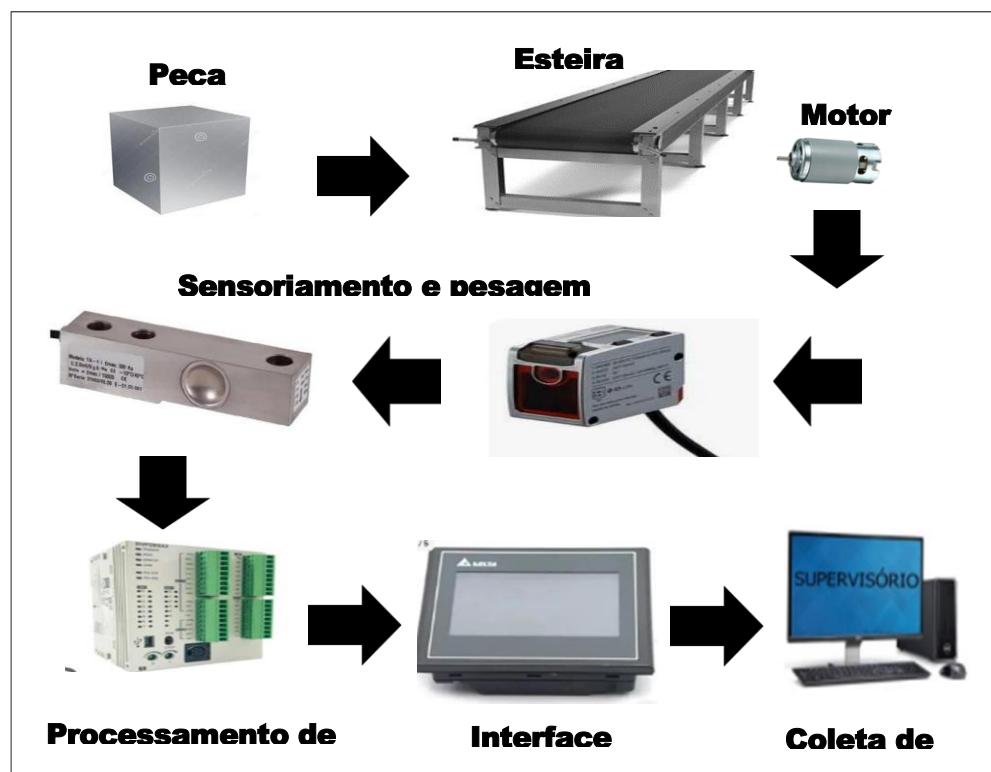
- Colocar uma peça de dimensões simples (exemplo: cubo) em cima da esteira transportadora;
- a esteira transportadora é acionada, direcionando o produto para a próxima estação;
- primeira estação é a de dimensionamento que é coletado as informações de

altura, comprimento e largura do produto;

- segunda estação é a de pesagem, que conta com o auxílio de uma célula de carga para coletar o peso do produto;
- as informações são enviadas a um CLP que processa os dados;
- os dados processados são enviados para a IHM para informação do processo;
- os dados são encaminhados para um sistema supervisorio que está monitorando o sistema;
- um braço robótico fica localizado ao final da estação de pesagem para coleta de peças;
- se o produto for aprovado, o braço coloca a peça no recipiente verde, caso reprovado ele o encaminha para o recipiente vermelho.

As explicações dadas são representadas pela Figura 2.1.

Figura 2.1 – Ideia de funcionamento do projeto



2.2 Etapas teóricas e práticas para a elaboração do projeto

Após delimitar o tema problema com justificativa e descrição do funcionamento do projeto através do fluxograma parte-se para as seguintes etapas:

Primeira etapa: reunião dos integrantes do grupo com o orientador para traçar as diretrizes e cronogramas para efetuar as pesquisas teóricas e sua seleção. O orientador fez uma breve explanação sobre o tema e colocou-se a disposição para atender o grupo quando solicitado e marcou, obrigatoriamente um dia por semana para lhe apresentar o andamento da pesquisa;

Segunda etapa: o levantamento bibliográfico se deu na biblioteca da Fatec São Bernardo do Campo, sites especializados, manuais, catálogos de empresas do ramo, e artigos publicados por empresas especializadas em linha de produção;

Terceira etapa: após a leitura e releitura das bibliografias fez-se uma seleção das mesmas para construir o capítulo 1 – Fundamentação teórica e referencias. A bibliografia tem por objetivo dar sustentação ao desenvolvimento do projeto;

Quarta etapa: levantamento dos materiais a serem usados na construção do projeto. Pesquisas de preços em *sites* especializados e lojas físicas. Aquisição dos mesmos conforme ilustra a Tabela 2.1, que se encontra no Apêndice A, e os desenhos dos materiais no Apêndice E;

Quinta etapa: na parte mecânica desenvolve-se a parte estrutural que compreende as bases dos componentes que são as esteiras de transporte, garra mecânica para movimentação, painéis elétricos, sensores de dimensões e peso;

Sexta etapa: na parte mecânica acrescenta-se os dispositivos de acionamento que são os motores, atuadores e relés de saída;

Sétima etapa: em seguida, na parte mecânica desenvolve-se o *hardware* dos dispositivos de controle e interface de operação;

Oitava etapa: programação do software do CLP, IHM e supervisor;

Nona etapa: teste de funcionamento e eventuais ajustes finais;

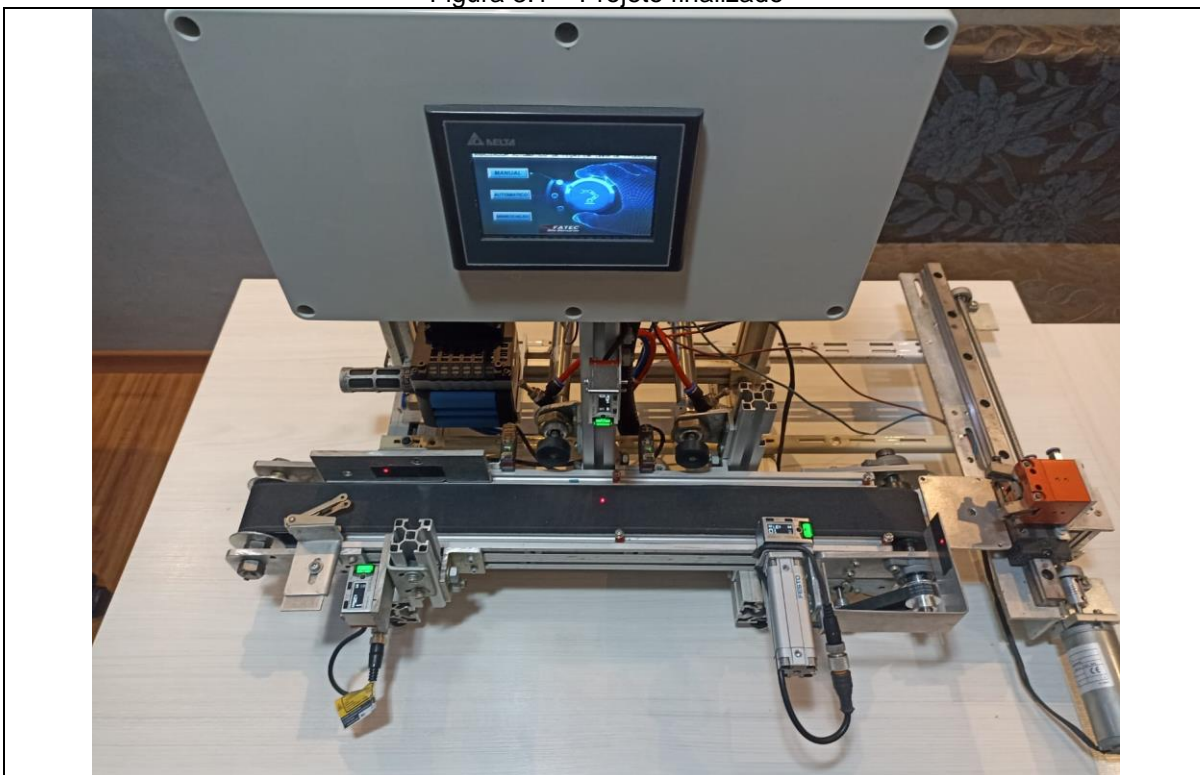
Décima etapa: relação dos possíveis erros encontrados no desenvolvimento e soluções;

Décima primeira etapa: elaboração da conclusão final, apontando os objetivos gerais do projeto e a elaboração de melhorias futuras, bem como o resumo e o *abstract*.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo encontra-se o desenvolvimento e construção do projeto denominado Analisador Automático de Peças em Linhas de Produção. Para melhor compreensão e visualização do projeto a Figura 3.1 ilustra-o finalizado.

Figura 3.1 – Projeto finalizado



Fonte: Autoria própria, 2024

O desenvolvimento e construção do projeto se encontra ancorado nos seguintes tópicos;

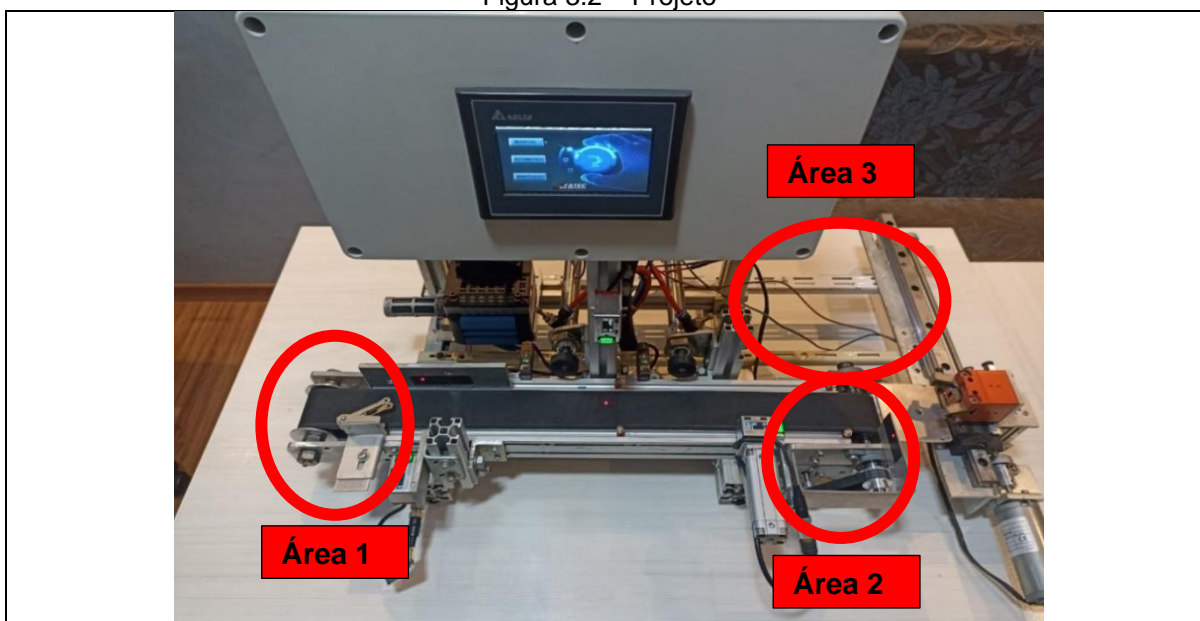
- Desenvolvimento estrutural e mecânico;
- Painel elétrico;
- Dispositivos de acionamento, medição, CLP e IHM;
- Programação do *software* CLP, IHM e supervisor;
- Funcionamento do projeto e eventuais ajustes;
- Dificuldades e soluções encontradas.

3.1 Desenvolvimento estrutural e mecânico

É confeccionado uma esteira transportadora com uma manta composta por uma camada de lona de 1mm e uma camada de borracha nitrílica de 1mm, ambas com comprimento 1300 mm largura 48 mm e espessura 2mm em um perfilado de alumínio de 500mm de comprimento, largura 80 mm e espessura 40 mm. Foram utilizados 4 rolamentos 6201z de 32 mm de diâmetro e interno de 12 mm no eixo, para deslizamento da manta transportadora, indicados na figura 3.2 como área 1, e um sistema de tração feita por um cilindro de poliuretano 90 shore de 32mm de diâmetro e 60mm de largura prensados com interferência em um eixo de 12mm de diâmetro e 100mm de comprimento.

Este sistema conta com 1 polia GT2 de 20 dentes com furação 5mm para o eixo do motor e 1 polia GT2 de 60 dentes com furação 12mm para o eixo, ligadas por uma correia fechada GT2 de 80 dentes e largura 10mm, fixadas nas aparas do perfilado de alumínio da esteira através de 2 mancais KFL001 de 12mm e 4 parafusos de M5 x 15mm indicados na figura 3.2 como área 2. Este sistema é acionado por um motor 24 V dc, que se encontra instalado na parte inferior da esteira próximo à área 2, conforme ilustra a Figura 3.2.

Figura 3.2 – Projeto



Fonte: Autoria própria, 2024

Após a esteira, fez-se necessário colocar uma estação de pesagem, fixada

após a área 2, integrando a base da estação de pesagem com uma chapa de alumínio de dimensões 70 x 60 mm.

Seguindo o processo ocorreu a necessidade de construir uma estrutura de deslocamento no eixo Y onde foi construído um sistema de garra pneumática dispostos sobre guia linear de 15mm de espessura e comprimento de 400mm, patins kRH15vl sem aba devidamente montado em atuador pneumático guiado SMC CDQMB10-20 atuando em conjunto com um fuso trapezoidal TR8 380mm e passo 8mm, apoiado em mancais Kp08mm impulsionando uma flange fixada ao bloco de sustentação principal, acoplado à um motor DC 24 volts com acoplamento flexível 19 x 25mm, para atenuar vibrações.

Dando sequência ao tópico, para a análise da medida de espessura se torna necessário que as peças passem pelo sensor laser responsável pela coleta das medidas de espessura, sempre na mesma posição, e para que isso seja possível foi construído um centralizador à base de molas, instalado na entrada da esteira, conforme mostrado na área 1 da Figura 3.2.

3.2 Painel elétrico

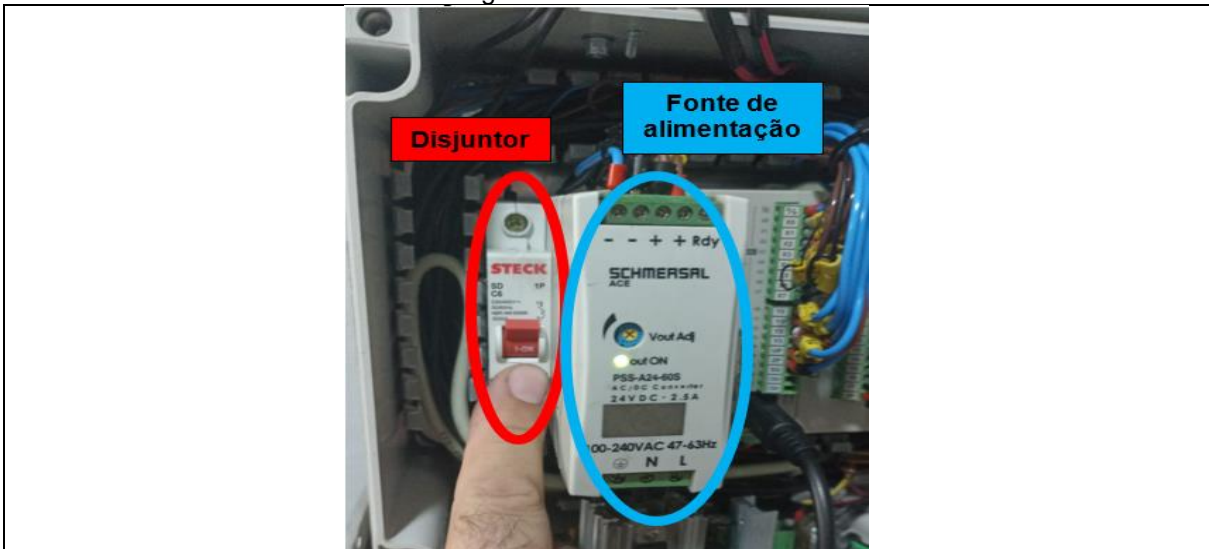
Para a montagem do painel elétrico, utilizamos um quadro de dimensões 500 x 300 x 200 mm de pvc, para acomodação dos componentes elétricos industriais, fornecendo acesso rápido e organização dos itens como disjuntor principal, a fonte de alimentação 24vdc, o CLP, a IHM, os relés de interface, os bornes de conexão, a ponte H e toda a fiação dos circuitos elétricos, devidamente alocados e centralizado no topo do dispositivo, conforme Ilustrado na Figura 3.3 painel elétrico.

A proteção do sistema e desativação para manutenção, faz-se necessário o acréscimo de um disjuntor unipolar de 6A curva c, fixado em trilho DIN 35mm perfurado, específico para montagem de componentes em painéis elétricos e cabo flexível 1,5mm² para a alimentação da fonte 24 Vdc.

Tendo em vista que o painel irá sustentar cargas como: CLP, IHM, motores e

atuadores pneumáticos, viu-se a necessidade da instalação de uma fonte de alimentação adequada, para isso, foi realizado a somatória das cargas do dispositivo e os cálculos entregaram uma potência mínima necessária de 60 Watts. Para atender essa demanda utilizou-se uma fonte 24 vdc de 2,5A da fabricante Schmersal.

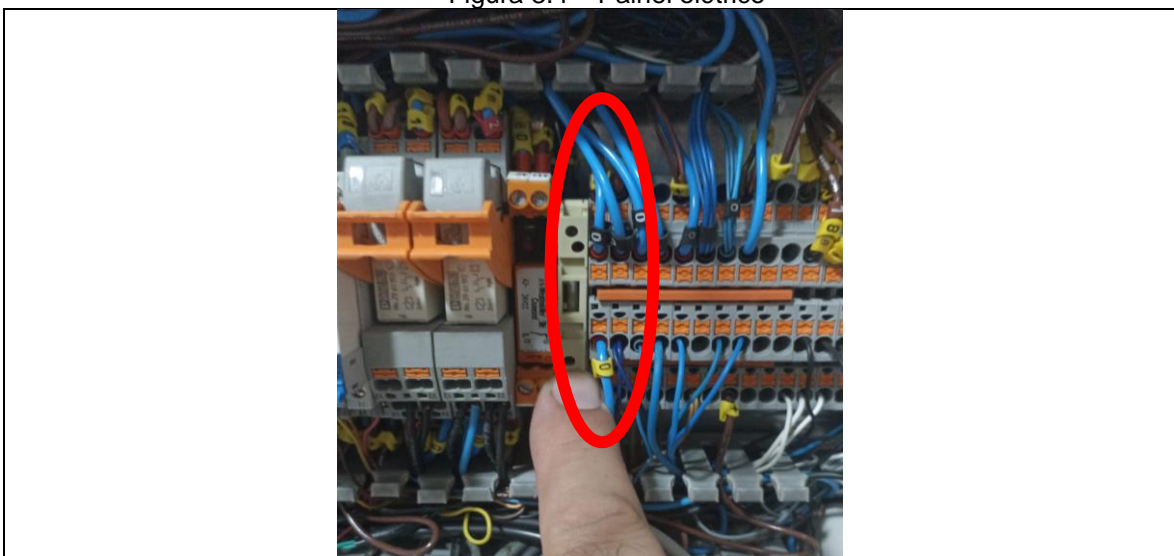
Figura 3.3 – Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2024

Para evitar danos por curto-circuito e realizar a proteção da fonte, fez-se necessário a instalação de um fusível de 3A, conectado à saída +VCC da fonte 24Vdc, conforme ilustra a figura 3.4.

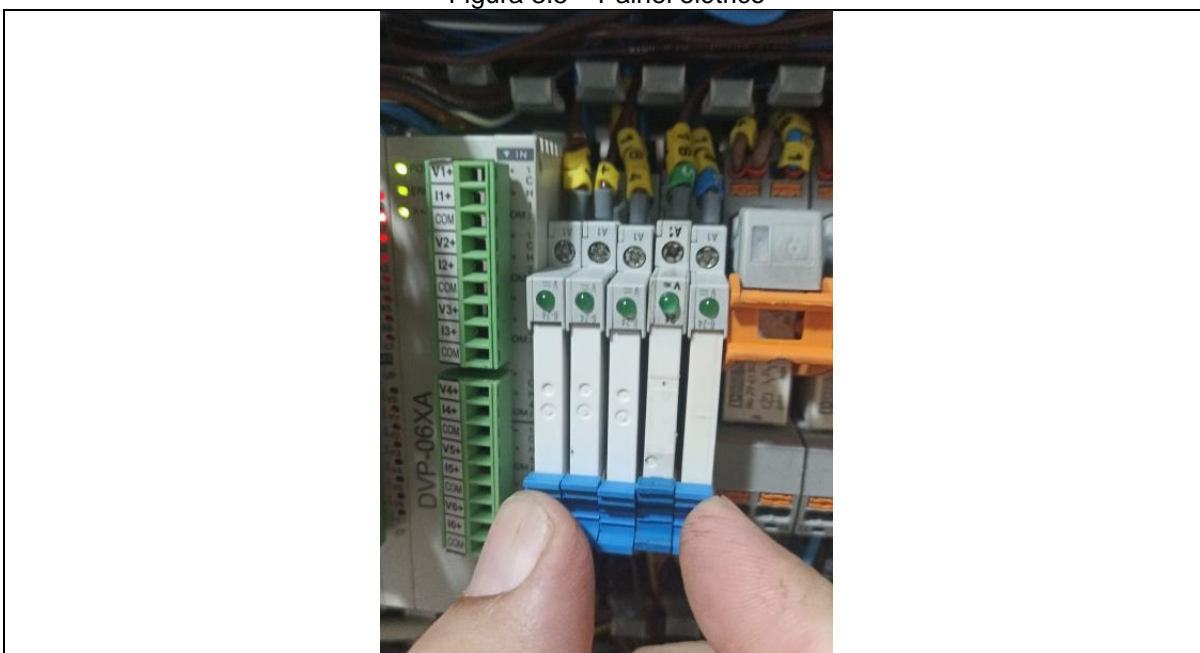
Figura 3.4 – Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2024

As válvulas pneumáticas dos atuadores de expulsão de peças rejeitadas, do atuador do sensor de comprimento e da garra manipuladora são dispositivos não podem ser acionados diretamente pela saída do CLP, seu acionamento direto pode ocasionar danos aos transistores das saídas do CLP, para isso faz-se necessário o uso de relés de interface 24 vdc 1 NA/NF, conectados em sua respectiva porta de saída do CLP, comutando a alimentação das válvulas dos atuadores. Podemos ver esses relés de interface na figura 3.5.

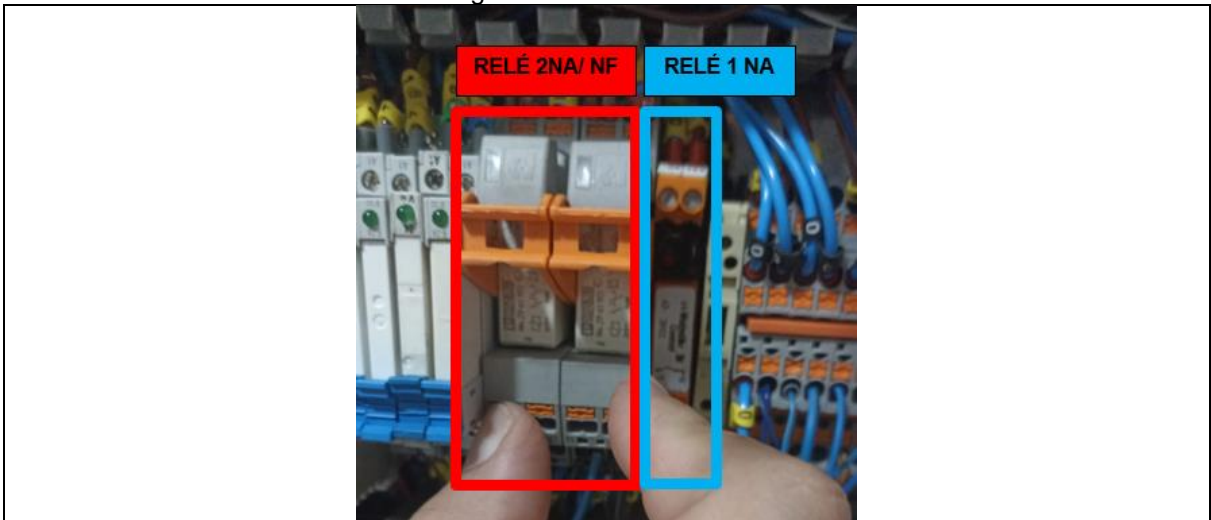
Figura 3.5 – Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2024

Os motores são atuadores que necessitam de cargas mais elevadas para ser acionados, para que fosse possível o acionamento do fuso a partir dos comandos de avanço e retorno vindos do CLP, é necessário instalar 2 relés de interface 24vdc 2NA /2NF. A alimentação é conectada ao relé através das portas positiva e negativa e o sinal do CLP entra na porta de acionamento. Para acionamento da esteira fez-se necessário a utilização de um Relé 24vdc 1 NA, que contém uma saída normalmente aberta, para acionar a esteira em um sentido. Conforme ilustra a Figura 3.6.

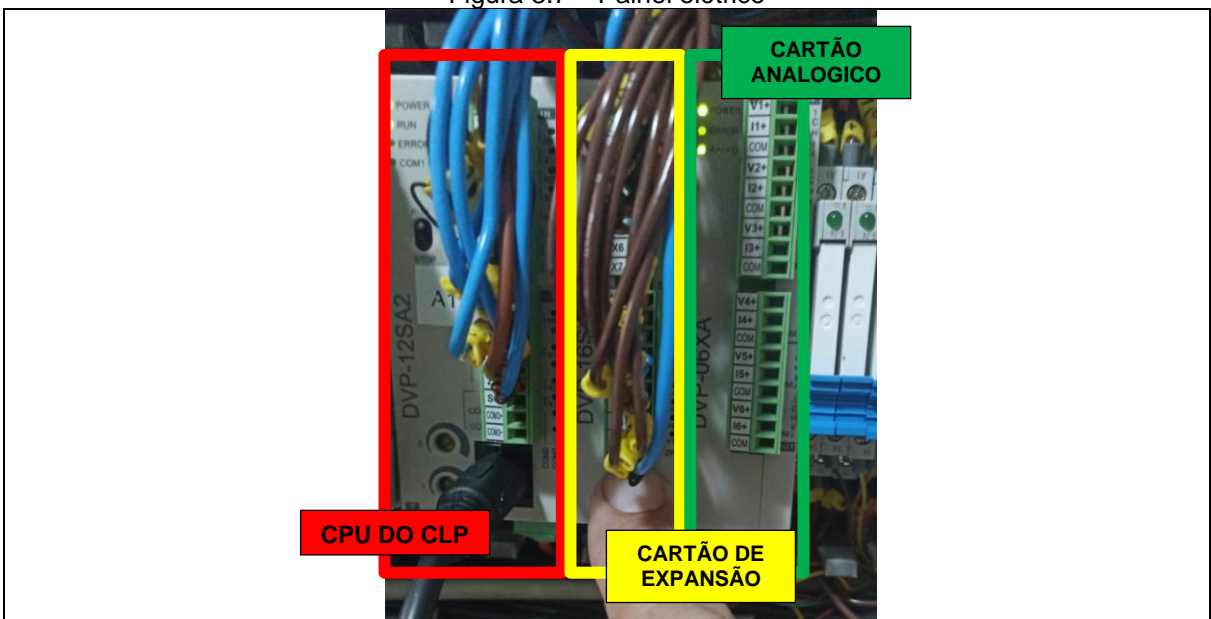
Figura 3.6 – Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2024

Para que seja atendido a proposta de um dispositivo que faça medições automáticas e pesagem das peças, faz-se necessário uma central para o processamento dos dados obtidos pelo sistema e realize o envio de comandos para os atuadores como motores, cilindros e demais. Para isso foi utilizado um CLP Delta DVP. Para ativação do CPU faz-se necessário a ligação do 24 Vdc e do 0 V da fonte, sendo a primeira pelo fio marrom e a segunda pelo fio azul, conforme demonstra a figura 3.7.

Figura 3.7 – Painel elétrico



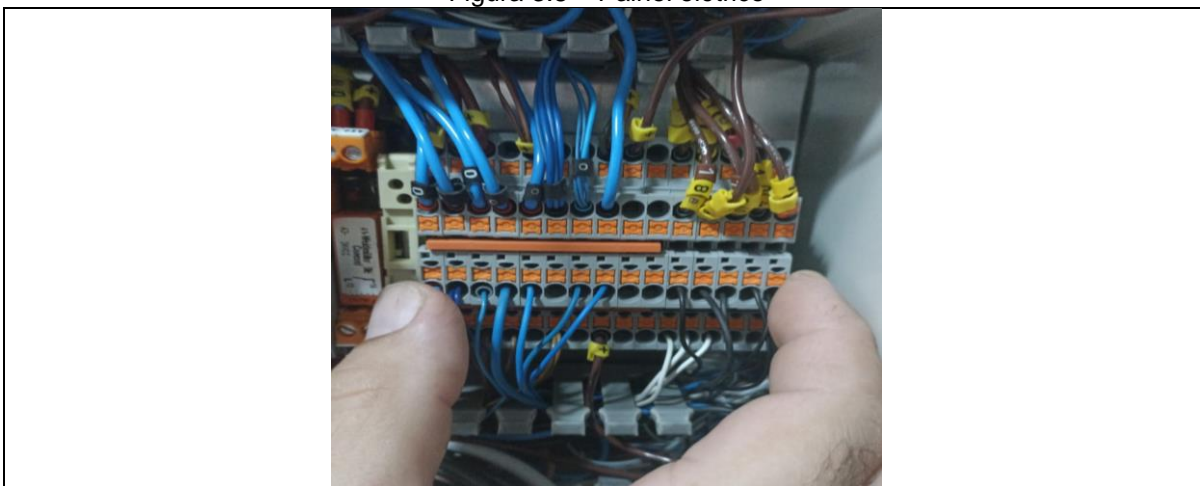
Fonte: Autoria própria, 2024

Ao tratar-se de uma estação automática, o processo é realizado de forma totalmente autônoma, exigindo a instalação de diversos dispositivos, como sensores e atuadores. Para suportar esse conjunto de dispositivos, tornou-se necessário a inclusão de um cartão de expansão com 8 entradas e 8 saídas, também fornecido pela fabricante Delta.

Os cabos de ligação dos sensores são conectados às portas de entrada, enquanto os cabos dos atuadores são ligados às saídas correspondentes. Esse cartão é integrado ao CPU para que os comandos possam ser transmitidos aos atuadores ou para receber informações do campo. A ilustração das entradas e saídas dos cartões se encontra nos Apêndices B e C;

As conexões nas ligações de sensores, válvulas e motores é feita através de dispositivos chamados bornes de conexão, no caso utilizado no analisador automático de peças em linha de produção, foram do modelo conector tipo mola que pode ser visto na figura 3.8.

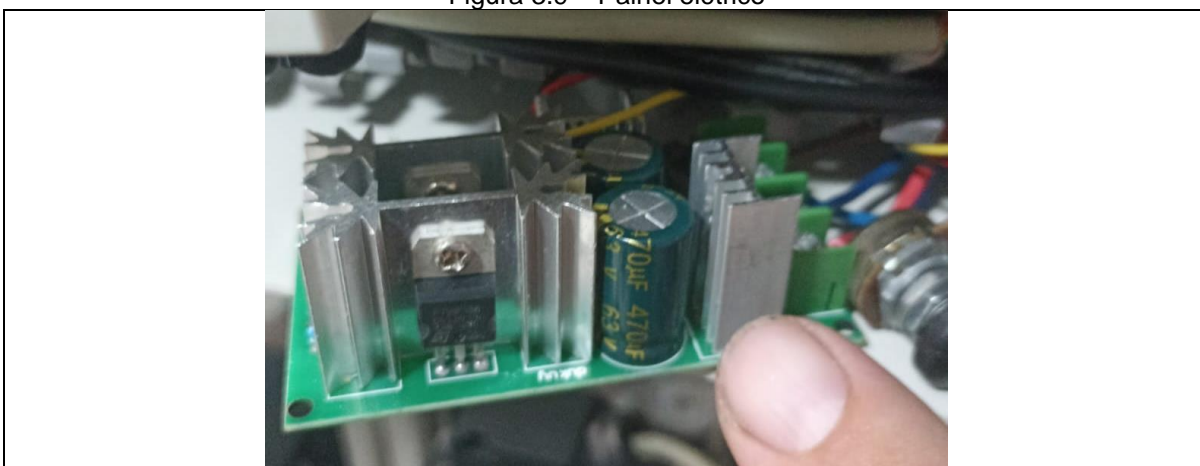
Figura 3.8 – Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2024

Para operar em uma linha contínua, é crucial que a disponibilidade do equipamento seja maximizada e, caso haja necessidade de manutenção, que esta seja realizada o mais rapidamente possível. Para viabilizar esse objetivo, foi implementado um conjunto de bornes de conexão de 2,5 mm. Esses bornes recebem os sinais provenientes do campo e os conectam aos cartões de I/O analógico e digital.

Figura 3.9 – Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2024

O motor da esteira é um atuador que se acionado em carga máxima ultrapassa a velocidade desejável de trabalho e para controlar esta velocidade é utilizado uma ponte controladora, que permite controlar a saída de carga e obter a velocidade ideal desejada. Conforme demonstra a Figura 3.9.

3.3 Dispositivos de acionamento, medição, CLP e IHM

Para garantir uma maior consistência do projeto, incorporamos diversos dispositivos de acionamento, como botões, chaves e sinalizadores. Além disso, utilizamos um CLP modelo DVP12SA2 da Delta para controlar o processo, conforme mostrado na Figura 3.3. Para a implementação do supervisório e visualização do processo, adotamos uma IHM Delta modelo Dop-103BQ, como ilustrado na Figura 3.10. Todos esses elementos foram estrategicamente alocados na estrutura mecânica de acordo com as necessidades operacionais dos componentes, e estão instalados na parte interna do painel elétrico.

Figura 3.10 – CLP e IHM Delta



Fonte: Autoria própria, 2024

Para a movimentação da esteira foi necessário atentar-se ao peso dos produtos e o quanto de resistência que o dispositivo oferece ao eixo ao realizar a movimentação. Com as análises levantadas, conclui-se que um motor de 24v de 2950 rpm e 10 Ncm, modelo M42X40/I irá atender o processo. Conforme demonstra a Figura 3.11.

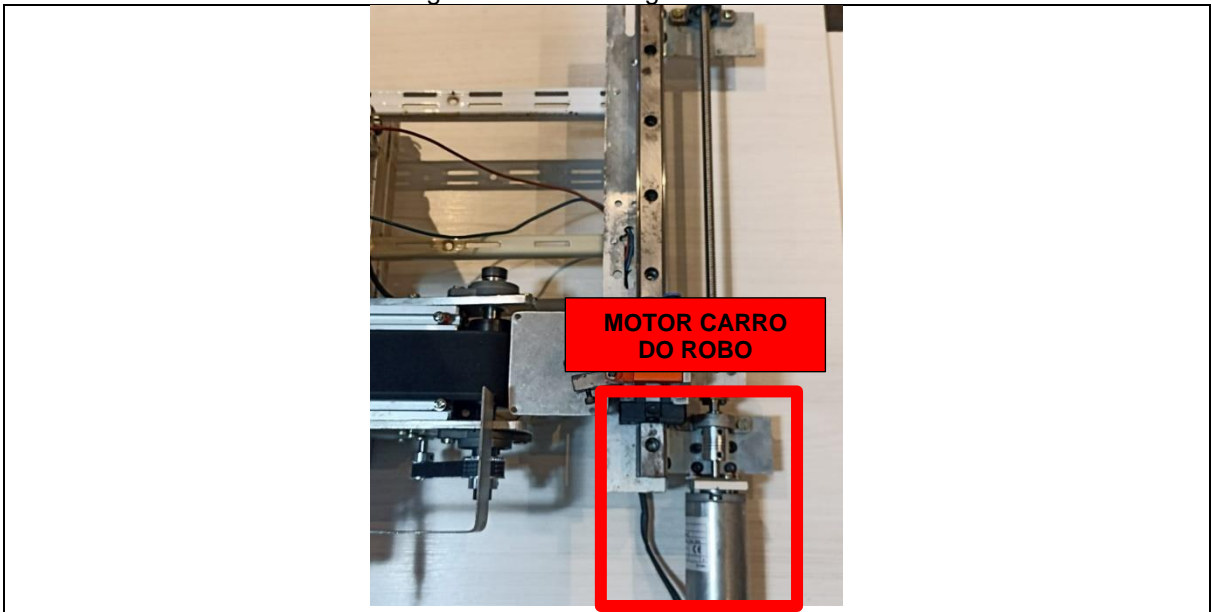
Figura 3.11 – Motor esteira



Fonte: Autoria própria, 2024

Pensando em padronização dos equipamentos para facilitar a manutenção e diminuir o número de peças para manutenção em estoque, foi utilizado o mesmo motor 24v de 2950 rpm e 10 Ncm, modelo M42X40/I para a movimentação do carro do braço robótico. Conforme ilustra a Figura 3.12.

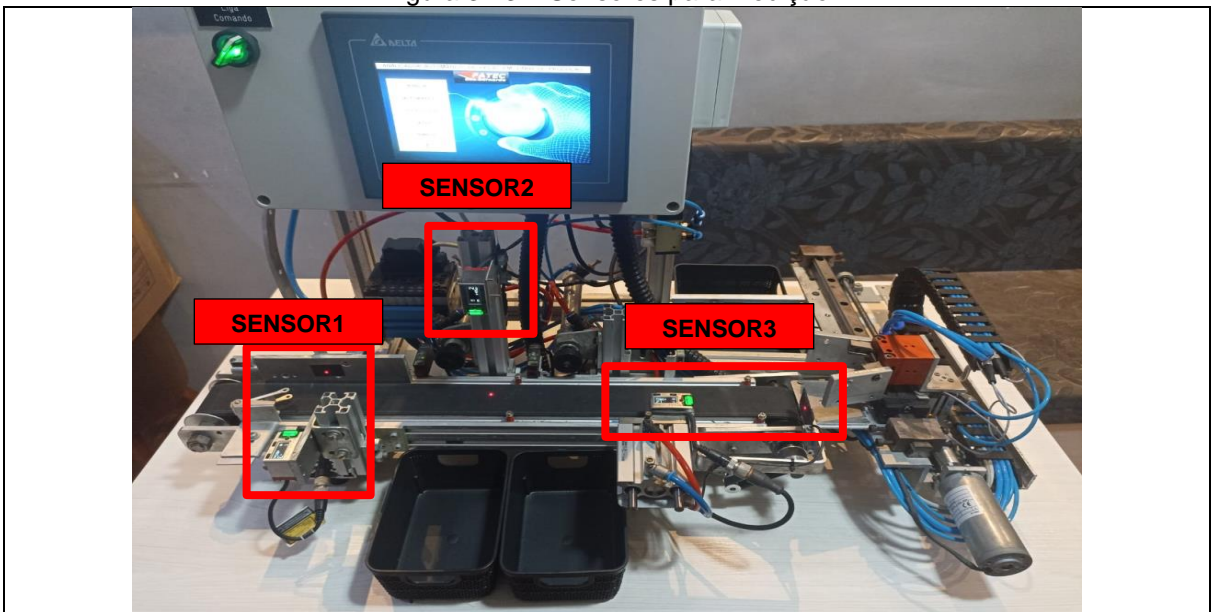
Figura 3.12 – motor garra robótica



Fonte: Autoria própria, 2024

Para atingir o objetivo de realizar medições precisas e confiáveis fez-se necessário a instalação de sensores laser keyence LR-TB2000C, instalados em 3 níveis da esteira transportadora. Sendo o primeiro, posicionado no início da esteira para medir largura da peça, o segundo posicionado acima da esteira para medir a altura e logo após é instalado um último sensor no final da esteira para medir o comprimento do produto, com o auxílio de um atuador pneumático. Conforme demonstra a Figura 3.13.

Figura 3.13 – Sensores para medição

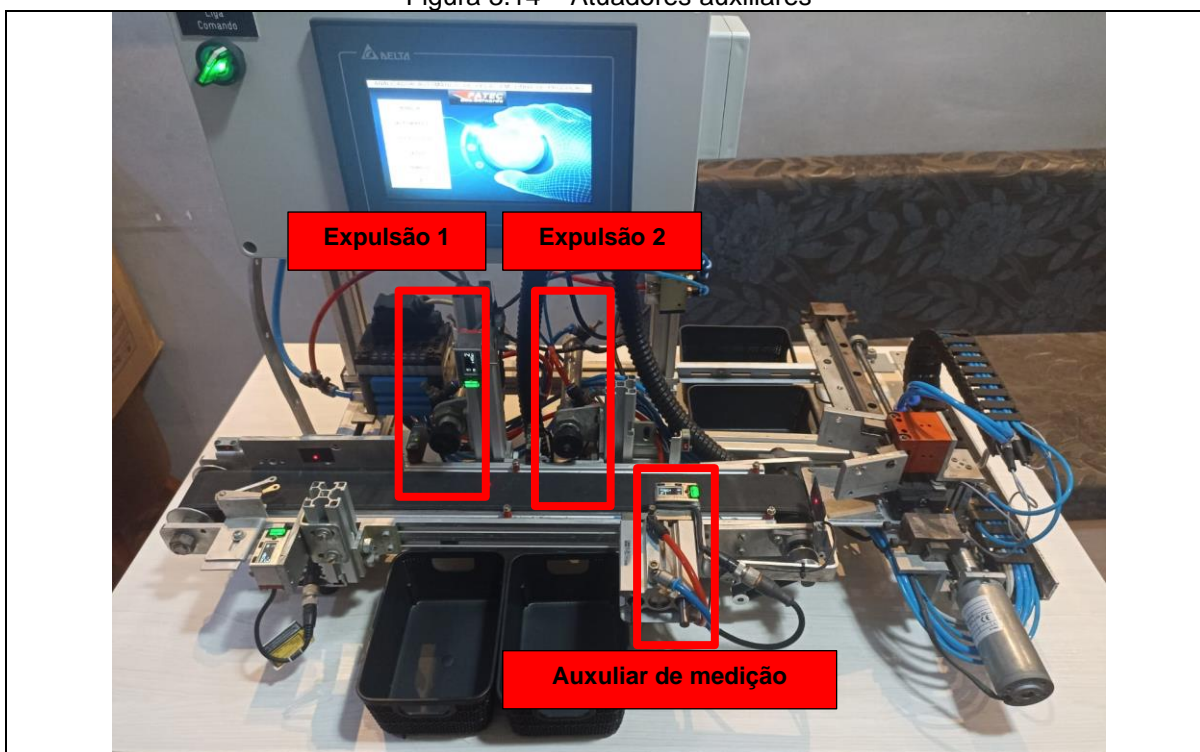


Fonte: Autoria própria, 2024

É importante a instalação correta dos sensores para evitar o mal posicionamento do feixe do laser, pois o mal posicionamento dos sensores geram medições erradas no processo. A utilização de ferramentas para nivelamento é imprescindível.

Para cada sensor laser foi construído um suporte para limitar o feixe de luz e servir como ponto zero da escala de medição, feita em alumínio.

Figura 3.14 – Atuadores auxiliares

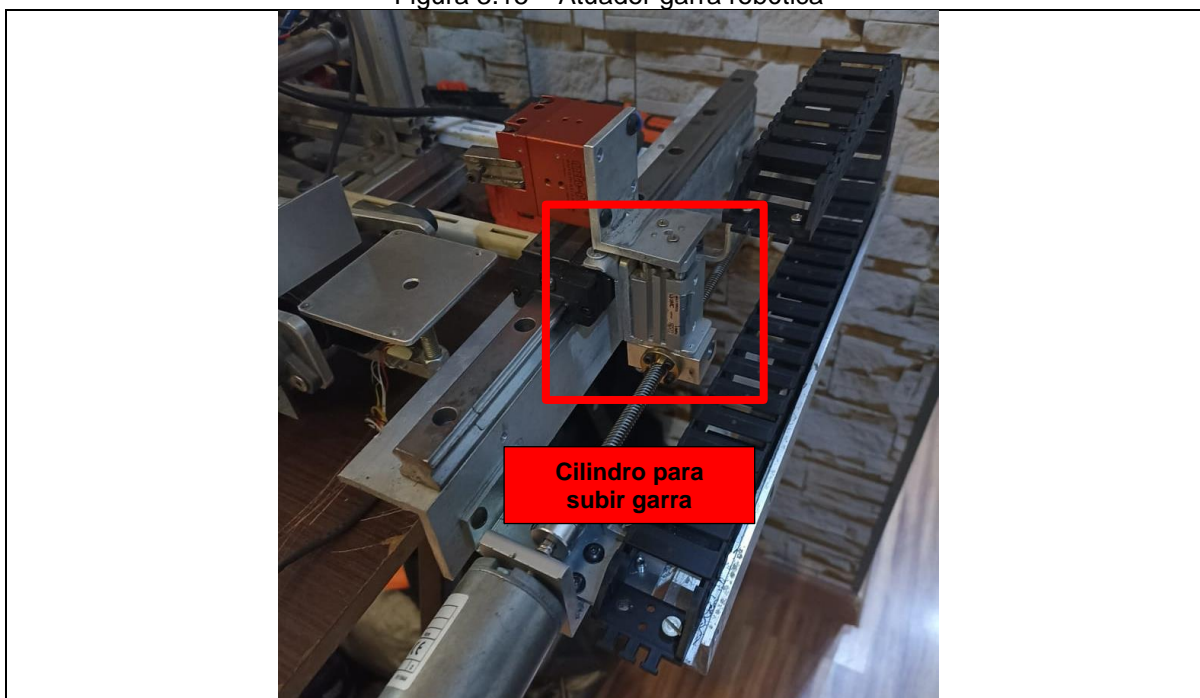


Fonte: Autoria própria, 2024

Após cada etapa de verificação é instalado um cilindro pneumático para expulsar a peça defeituosa do sistema ou para auxiliar na retirada das medidas dimensionais do produto conforme demonstra a Figura 3.14.

O modelo utilizado no projeto é o Marca SMC Modelo CD85F20-80-B, esses são responsáveis pela dispensa de peças ruins, o modelo que se fez necessário para auxiliar na medição de comprimento é o KS B03 25 x 010 da marca Festo.

Figura 3.15 – Atuador garra robótica



Fonte: Autoria própria, 2024

Para a retirada do produto de cima da plataforma de pesagem é necessário a instalação de um cilindro pneumático acoplado entre o carro de transporte do robô e a garra robótica, responsável por suspender a peça após ser “agarrada”, para isso foi incluso um cilindro Modelo CDQMB16-20 da fabricante SMC. Conforme demonstra a Figura 3.15.

3.4 Programação do software CLP e IHM

Após a montagem da estrutura mecânica, painel elétrico e dispositivos de acionamento, CLP e IHM, inicia-se a programação do software que se encontra no Apêndice D; será responsável pela comunicação de todos os componentes envolvidos no projeto.

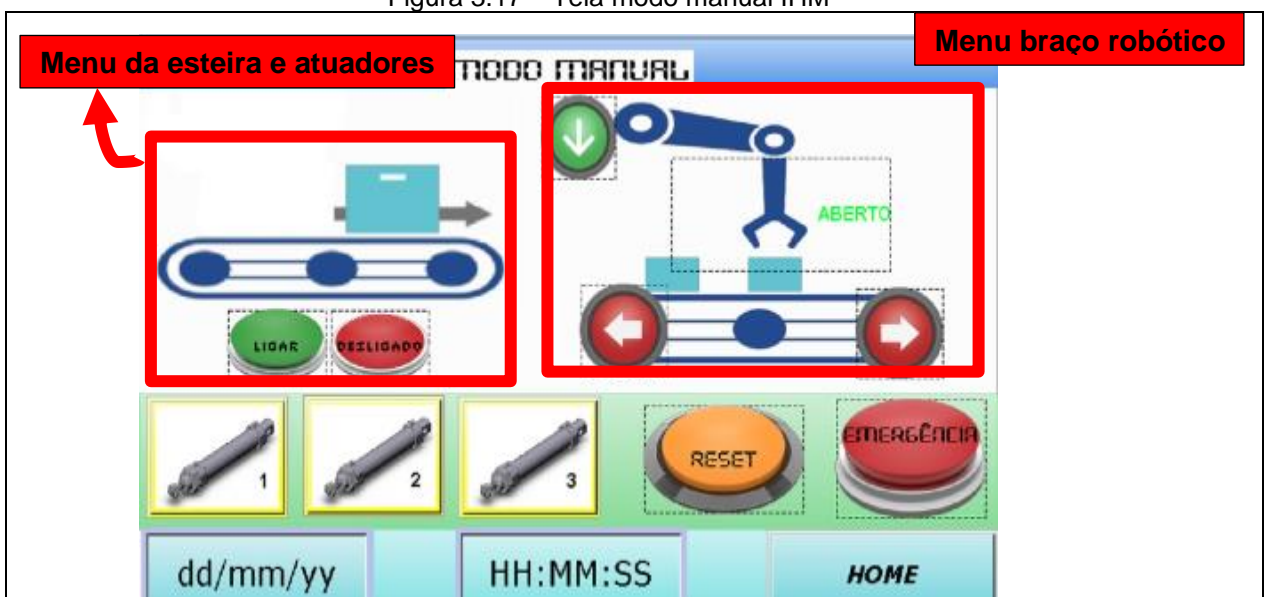
Figura 3.16 – Menu ou início da IHM



Fonte: Autoria própria, 2024

Para a tela inicial foi disposto os ícones de navegação possíveis para esse projeto. Identificado logo acima o nome do trabalho, na lateral esquerda são os ícones, sendo eles: manual, setup, automático, tempos e estatística. Na parte inferior o logo da faculdade no qual foi fornecido os conhecimentos para o desenvolvimento. Conforme demonstra a Figura 3.16.

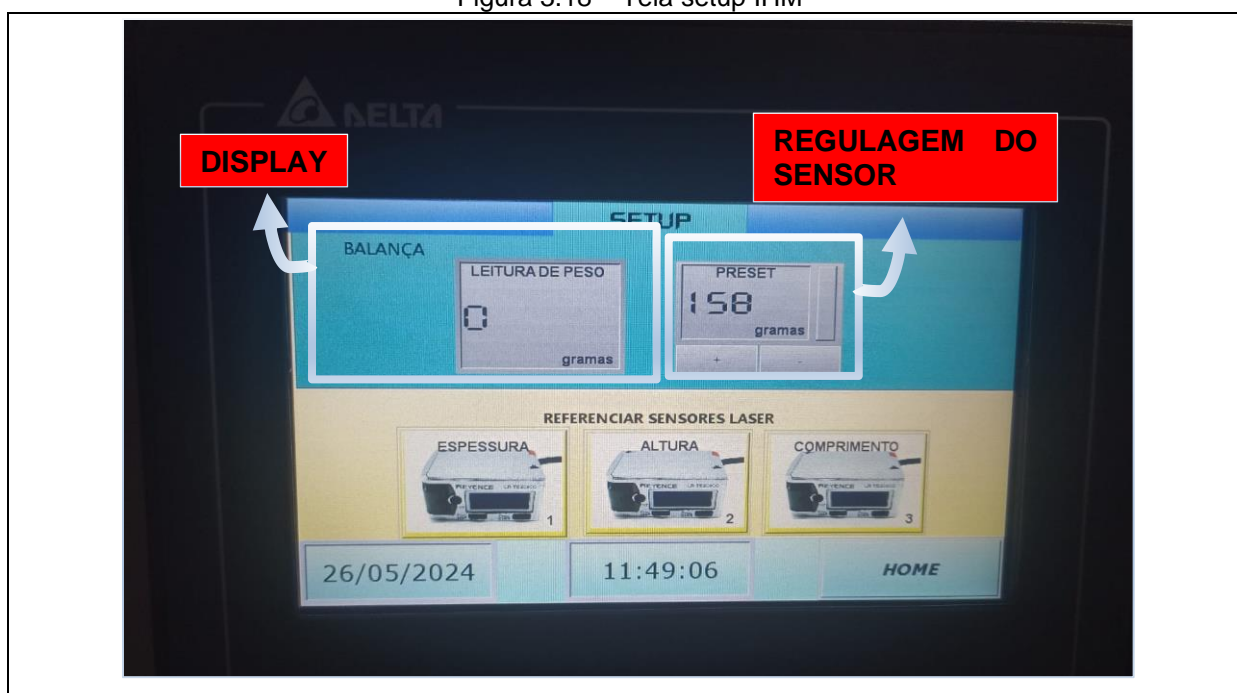
Figura 3.17 – Tela modo manual IHM



Fonte: Autoria própria, 2024

Para facilitar manutenções e testes dos dispositivos mecânicos implantou-se na tela de menu um ícone chamado manual, que sendo selecionado leva a interface modo manual. Nessa tela é possível forçar o acionamento da esteira, os atuadores, movimentar o braço robótico e fechar a garra, além de contar com um botão de reset para voltar ao estado inicial da estação e um botão de retorno ao menu. Conforme ilustra a Figura 3.17.

Figura 3.18 – Tela setup IHM



Fonte: Autoria própria, 2024

Fez-se necessário a instalação de uma tela na IHM com o nome: "SETUP", para calibrar os se de altura, largura e comprimento da peça, além da medida peso, item necessário no controle de qualidade. Para auxílio fez-se necessário instalar na parte inferior informações como data, hora e um botão para retorno ao menu. Conforme ilustra a Figura 3.18.

Para o *preset* dos sensores é necessário clicar no ícone do dispositivo desejado e o sistema irá enviar um sinal 0, mudando a referência dele. Para a célula de carga é realizado a regulagem manual, utilizando um objeto com peso conhecido e igualando o valor no programa a unidade utilizada para a pesagem é gramas.

Figura 3.19 – Tela modo automático



Fonte: Autoria própria, 2024

Para otimizar o processo, houve a necessidade de acrescentar uma tela de inspeção próximo ao equipamento, no qual seria analisado os parâmetros de cada produto. Para isso foi instalado na IHM, um ícone chamado: modo automático, nele temos o total de peças aprovadas, tempo de cada ciclo e peças reprovadas, na tela é possível iniciar o processo, parar e resetar as informações. Conforme demonstra a Figura 3.19. Também temos disposto o botão de emergência para qualquer ocorrência, na parte inferior foram acrescentados o horário, data e um botão de retorno ao menu.

Figura 3.20 – Tela tempos IHM

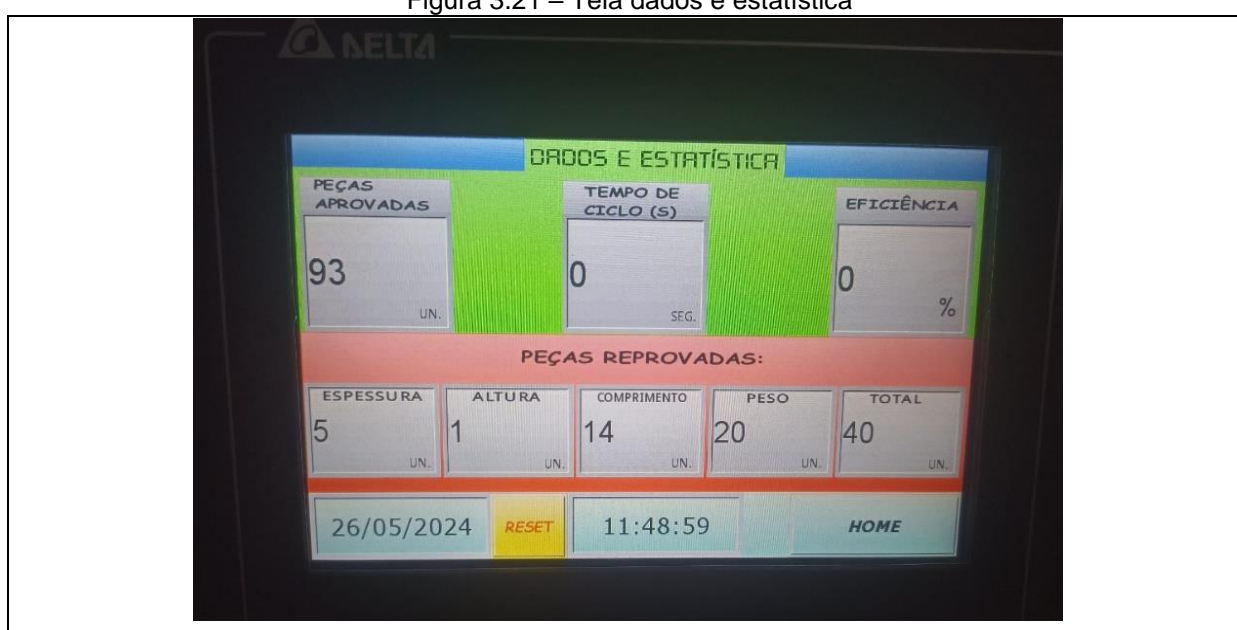


Fonte: Autoria própria, 2024

Na tela de tempos é possível controlar o tempo total do ciclo desejado, ou mudar os tempos em cada etapa do processo, para isso são instalados displays e botões que controlam cada tempo, sendo possível acelerar ou diminuir a velocidade do processo, de acordo com a necessidade.

Há também disposto o botão de emergência para qualquer ocorrência, na parte inferior foram acrescentados o horário, data e um botão de retorno ao menu. Conforme demonstra a Figura 3.20.

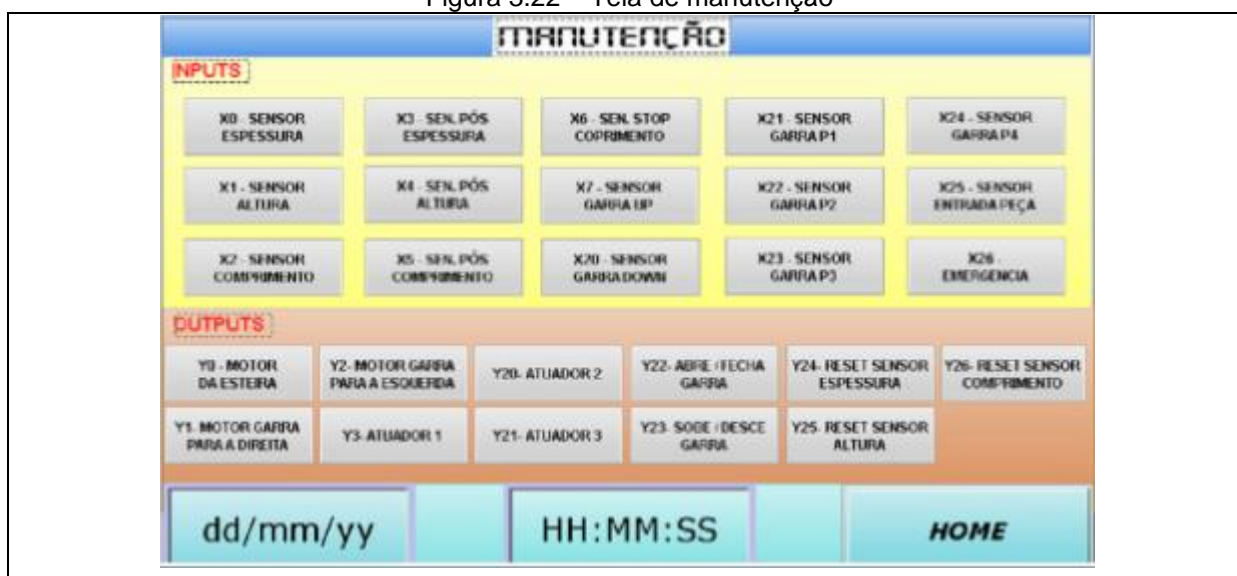
Figura 3.21 – Tela dados e estatística



Fonte: Autoria própria, 2024

Para controle de histórico é acrescentando uma tela dedicada a dados e estatística, nela é possível verificar a quantidade peças que já foram aprovadas durante o tempo de operação da máquina, tempo de cada ciclo, é possível visualizar através dessa tela as peças reprovadas totais e por problema, abaixo de todos os parâmetros é acrescentando um botão de reset caso seja necessário reiniciar a contagem. Conforme demonstra a Figura 3.21.

Figura 3.22 – Tela de manutenção



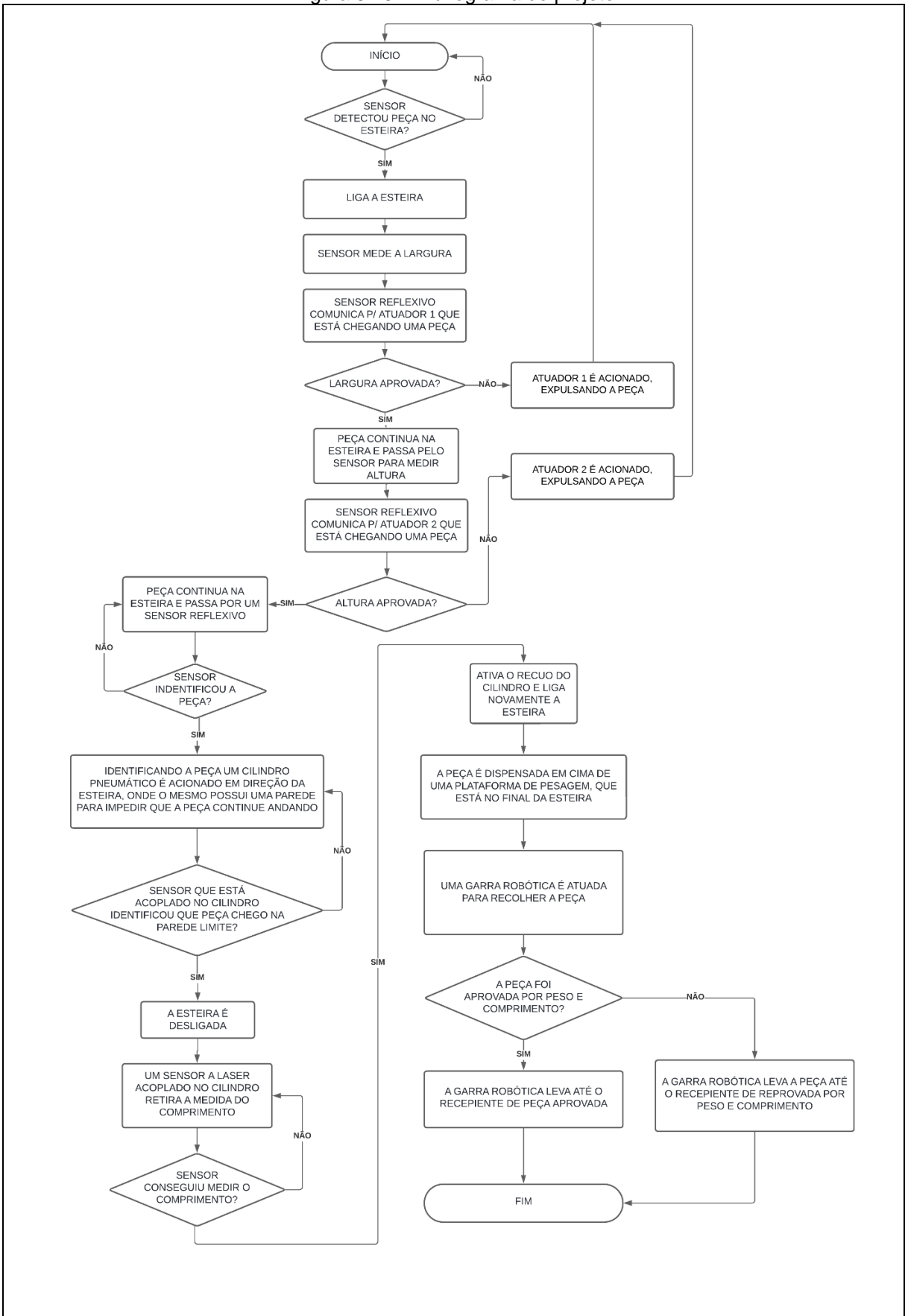
Fonte: Autoria própria, 2024

Para auxiliar nas manutenções e diagnósticos rápidos fez-se necessário instalar uma tela de manutenção, que por meio de alarmes visuais indica quais componentes estão atuando naquele momento. Essa ferramenta permite verificar se o comando está sendo enviado para o componente e por meio da inspeção visual constatar se ele é atuado. Conforme ilustra a Figura 3.22.

3.5 Funcionamento do projeto e eventuais ajustes

Para compreender o funcionamento do projeto de maneira clara e objetiva, apresentamos a seguir um fluxograma. Ele ilustra as etapas e os processos principais, facilitando a visualização do fluxo de trabalho e das interações entre os componentes do sistema. Conforme mostra a figura 3.23.

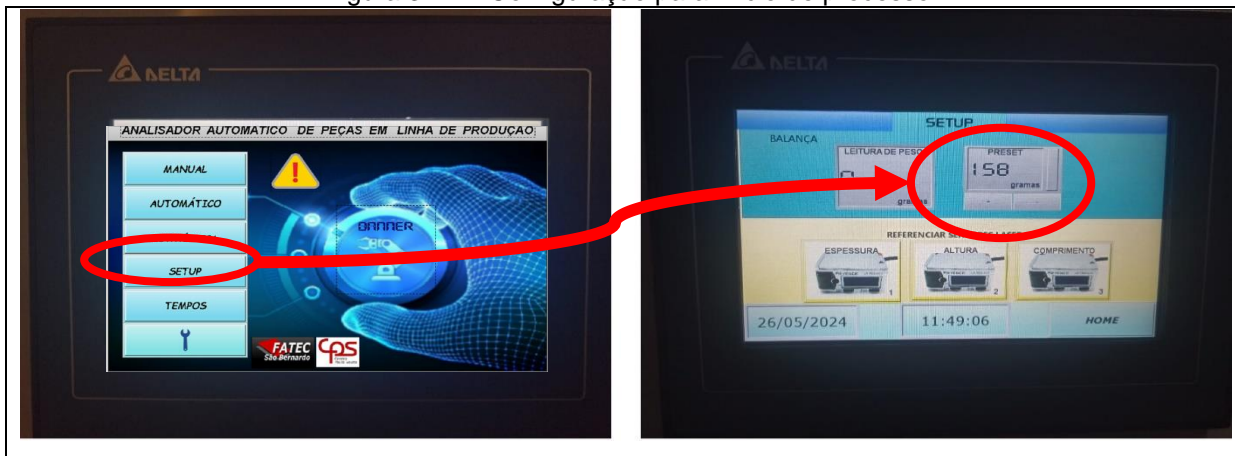
Figura 3.23 – Fluxograma do projeto



Fonte: Autoria própria, 2024

Na tela menu da IHM seleciona-se a aba setup. Na tela setup configura-se o valor peso desejado do produto, assim como indicado na Figura 3.24.

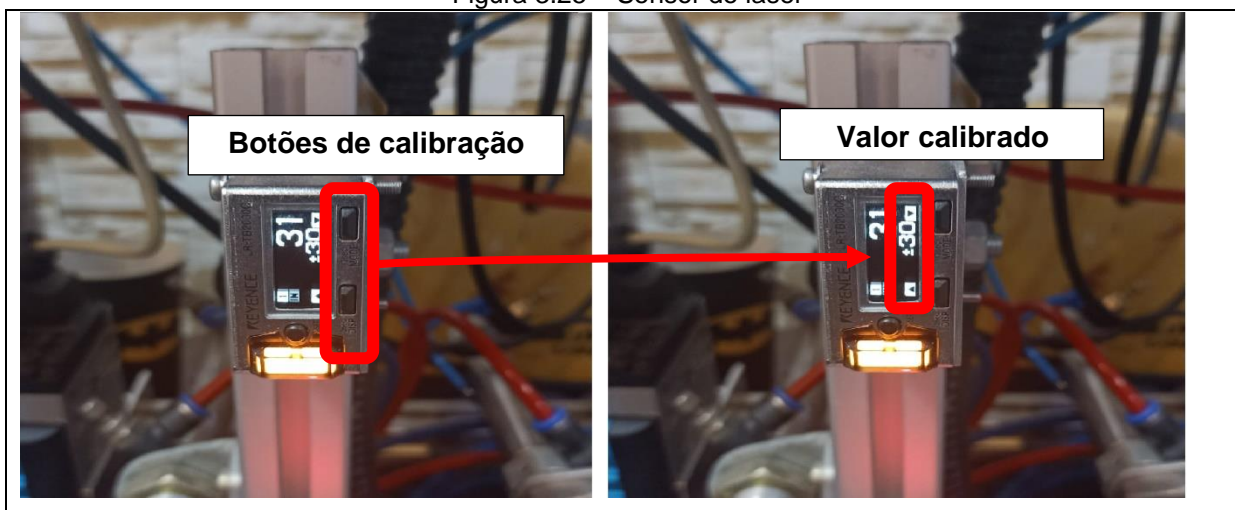
Figura 3.24 – Configuração para início de processo



Fonte: Autoria própria, 2024

Nos sensores através de dois botões disposto na face é configurado o valor a ser comparado, que é o valor da medida desejada que o produto tenha. Os 3 sensores devem ser configurados. Calibra-se os sensores através dos botões localizados abaixo do display. Conforme demonstra a Figura 3.25.

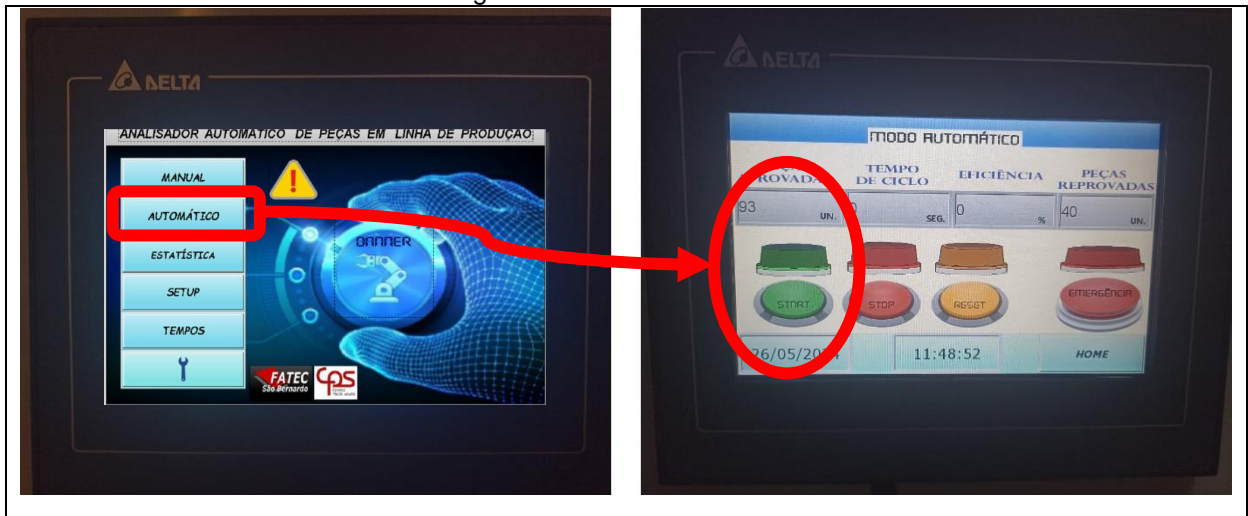
Figura 3.25 – Sensor de laser



Fonte: Autoria própria, 2024

No menu da IHM e seleciona-se a aba automático e seleciona-se o botão *start*. Conforme demonstra a Figura 3.26.

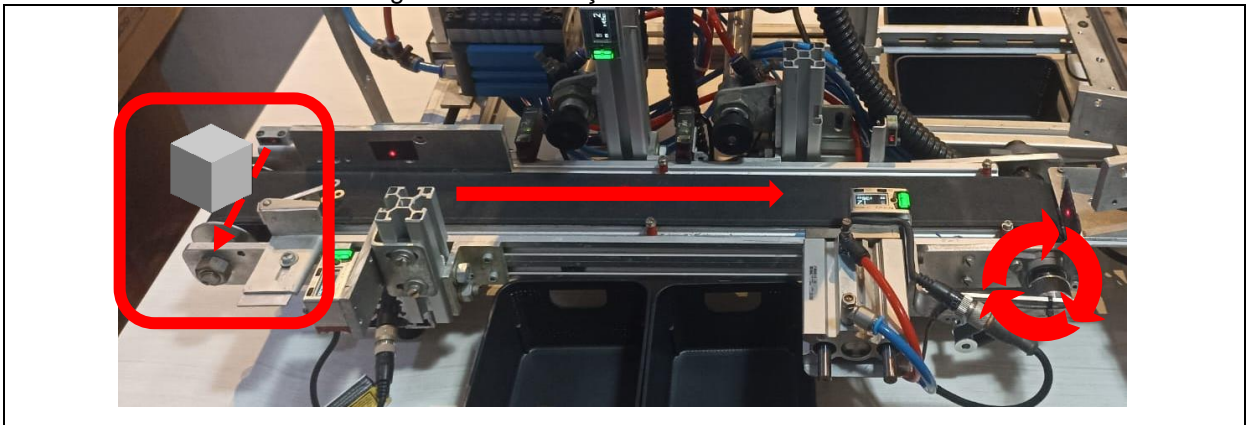
Figura 3.26 – Tela automático



Fonte: Autoria própria, 2024

Dispõem-se no início do processo o produto. O primeiro sensor reflexivo irá identificar e ligar a esteira transportadora. Conforme ilustra a Figura 3.27.

Figura 3.27 – Estação de dimensionamento



Fonte: Autoria própria, 2024

O produto passa por guia mecânica que posiciona o produto rente a extremidade da esteira. Conforme ilustra a Figura 3.28.

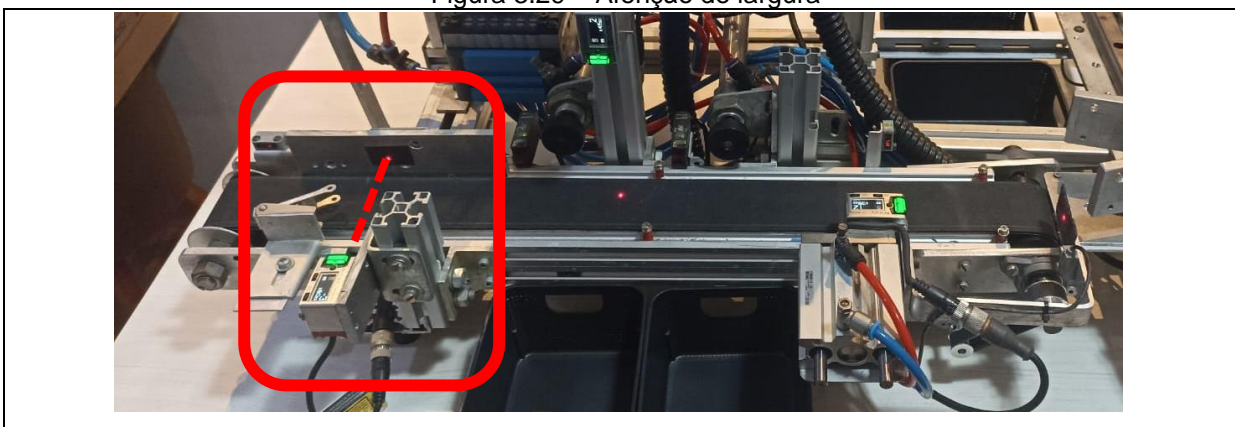
Figura 3.28 – Detecção de peça



Fonte: Autoria própria, 2024

Um sensor laser faz a medição da largura. Conforme ilustra a Figura 3.29.

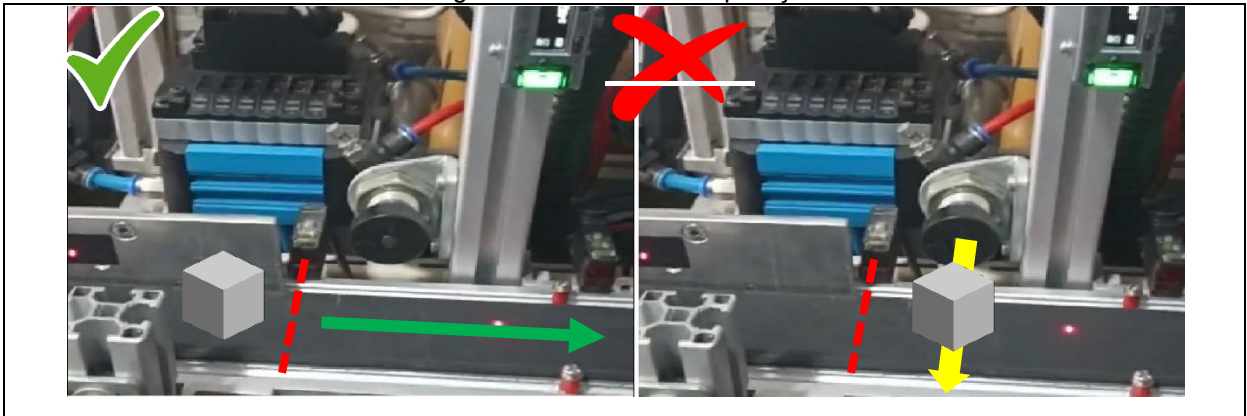
Figura 3.29 – Aferição de largura



Fonte: Autoria própria, 2024

Um sensor reflexivo logo em seguida e avisa ao atuador 1 que tem uma peça chegando próximo a ele. Com a medida de largura aprovada o atuador número 1 não é acionado, se reprovado ele atua expulsando a peça até um recipiente disposto na lateral da esteira e a esteira é desligada e aguarda uma próxima peça. Conforme ilustra a Figura 3.30.

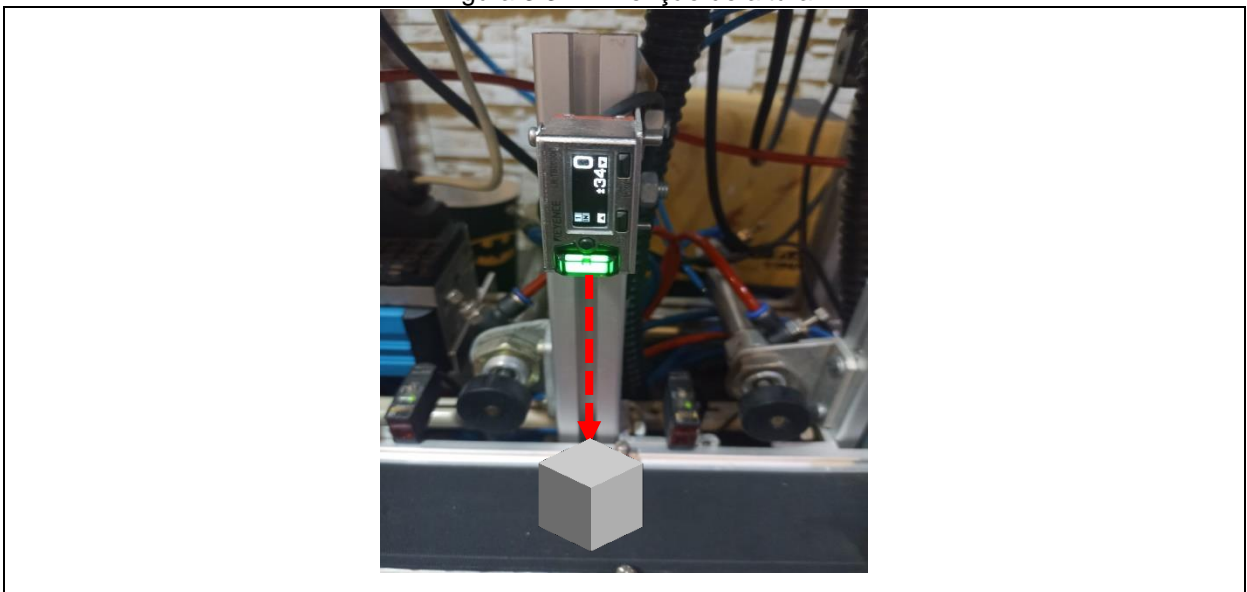
Figura 3.30 – Area de separação



Fonte: Autoria própria, 2024

Seguindo o processo de peça aprovada por largura, o produto passa por um sensor laser de mesmo modelo, localizado acima da esteira que recolherá a medida de altura para comparar. Conforme ilustra a Figura 3.31.

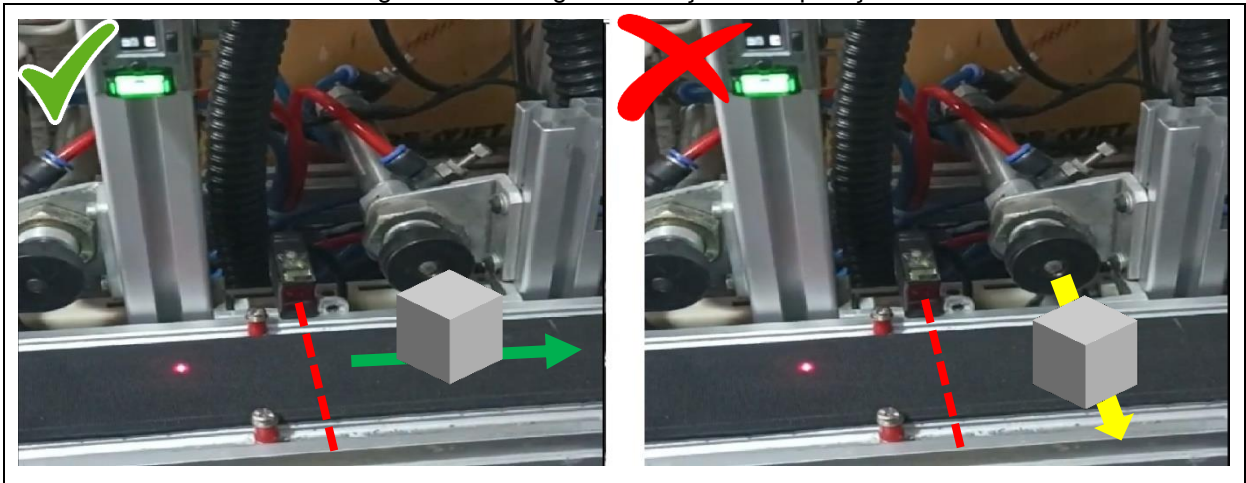
Figura 3.31 – Aferição de altura



Fonte: Autoria própria, 2024

Um sensor reflexivo anexado logo depois da medição avisa o atuador 2 que tem uma peça chegando. Se a medida de altura for aprovada o atuador número 2 não é acionado, se reprovado ele atua expulsando a peça até um recipiente disposto na lateral da esteira e a esteira é desligada e aguarda uma próxima peça. Conforme ilustra a Figura 3.32.

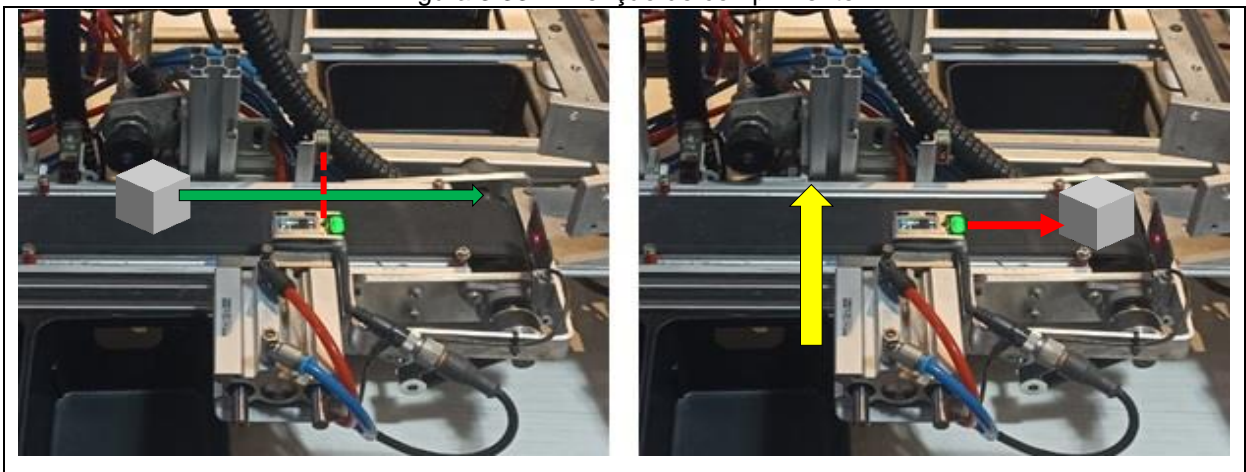
Figura 3.32 – Segunda estação de separação



Fonte: Autoria própria, 2024

Seguindo o processo de peça aprovada por altura, o produto passa para uma etapa de clausura, no qual um sensor reflexivo avisa que chegou um item na estação. Um cilindro pneumático levando um suporte para interceptação e sensor laser é avançado, quando o suporte está em posição a peça para em uma parede e um sensor sinaliza que a peça está no limite da estação, desligando a esteira. Conforme demonstra a Figura 3.33.

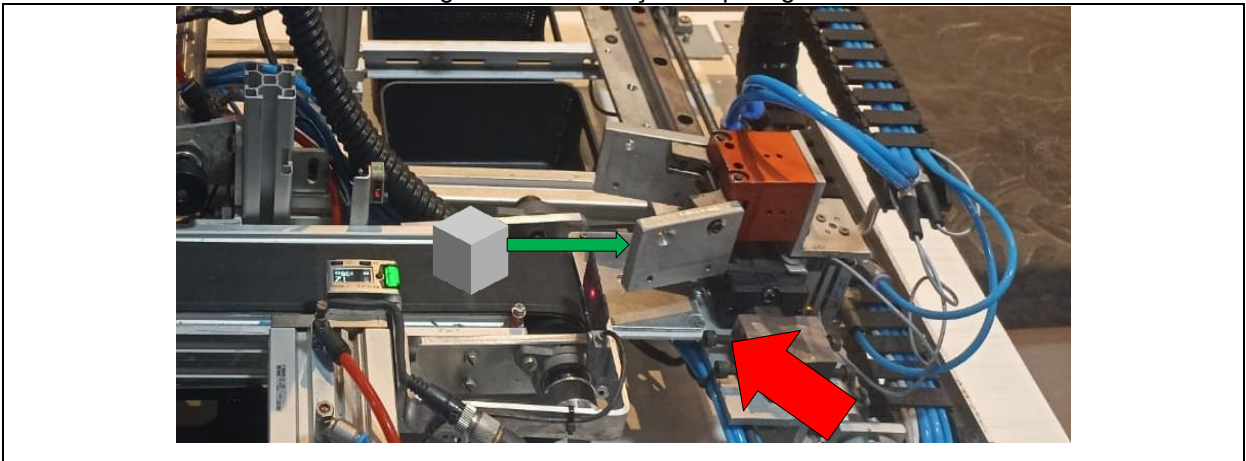
Figura 3.33 – Aferição de comprimento



Fonte: Autoria própria, 2024

A medida de comprimento é retirada e o atuador recua ativando novamente a esteira. O produto é dispensado pela esteira em cima de uma plataforma de pesagem, esses dados são coletados pelo CLP. Conforme ilustra a Figura 3.34.

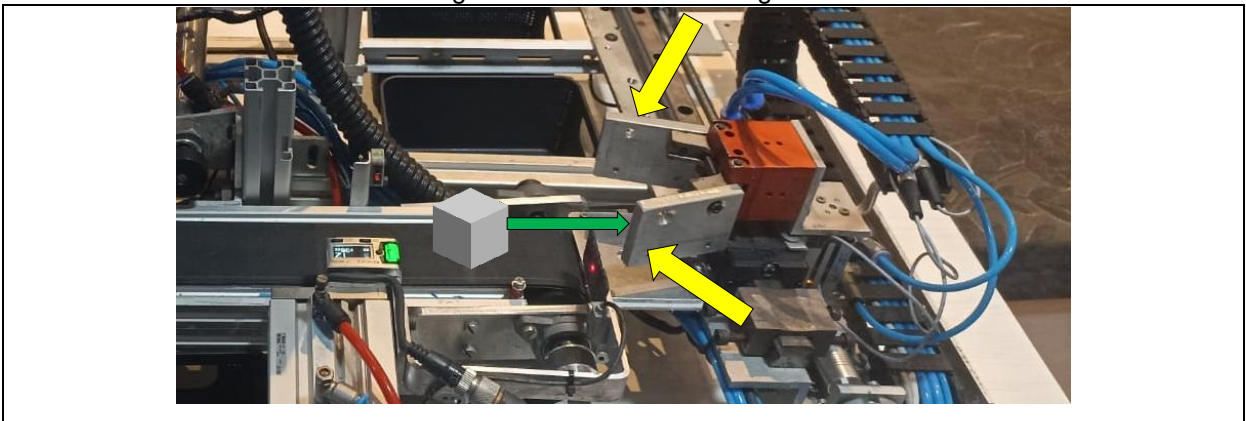
Figura 3.34 – Estação de pesagem



Fonte: Autoria própria, 2024

Uma garra robótica é atuada para recolher a peça. Conforme demonstra a Figura 3.35.

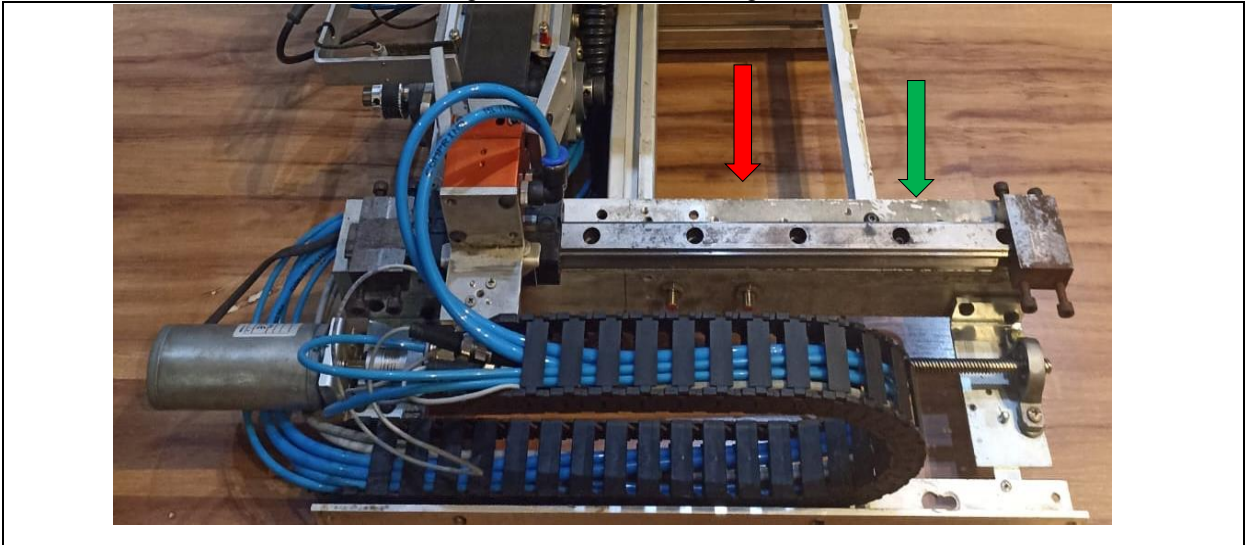
Figura 3.35 – Acionamento garra



Fonte: Autoria própria, 2024

Se a peça for reprovada por medida de comprimento ou por peso a garra robótica o encaminhará para o primeiro recipiente, caso a peça esteja dentro das medidas desejadas o produto será dispensado no segundo recipiente. Conforme ilustra a Figura 3.36.

Figura 3.36 – Movimento garra



Fonte: Autoria própria, 2024

Os dados obtidos, são enviados para o CLP e enviados para abastecer os dados mostrados na IHM, na aba estatística. Conforme ilustra a Figura 3.37.

Figura 3.37 – Tela de dados e estatística



Fonte: Autoria própria, 2024

Dependendo da superfície avaliada é necessário entrar no menu tempos e através de testes fazer a calibração da estação. Conforme ilustra a Figura 3.38

Figura 3.38 – Tela de tempos

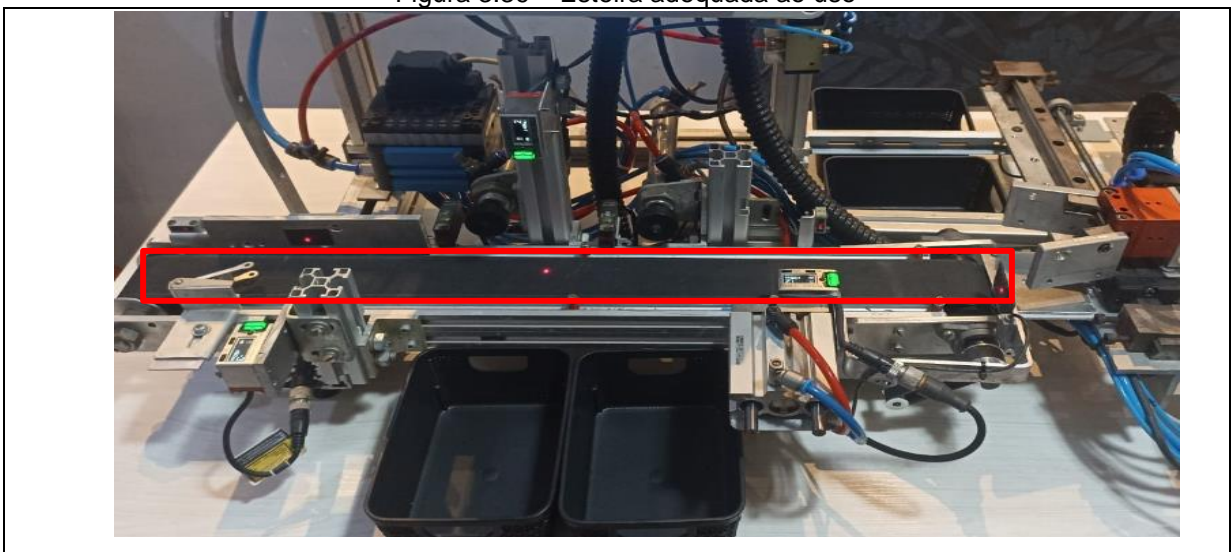


Fonte: Autoria própria, 2024

3.6 Dificuldades e soluções encontradas

Na escolha da esteira devido a primeira esteira a ser escolhida ser do material de nylon e com emendas foi gerado rebarba no dispositivo oque ocasionava alguns impactos devido enroscar em outras partes do projeto ocasionando travamentos e até mesmo danificar a esteira, e para solucionar esse problema foi instalado uma esteira de lona vinílica que ficou adequada ao nosso processo. A Figura 3.39 ilustra a esteira adequada ao uso.

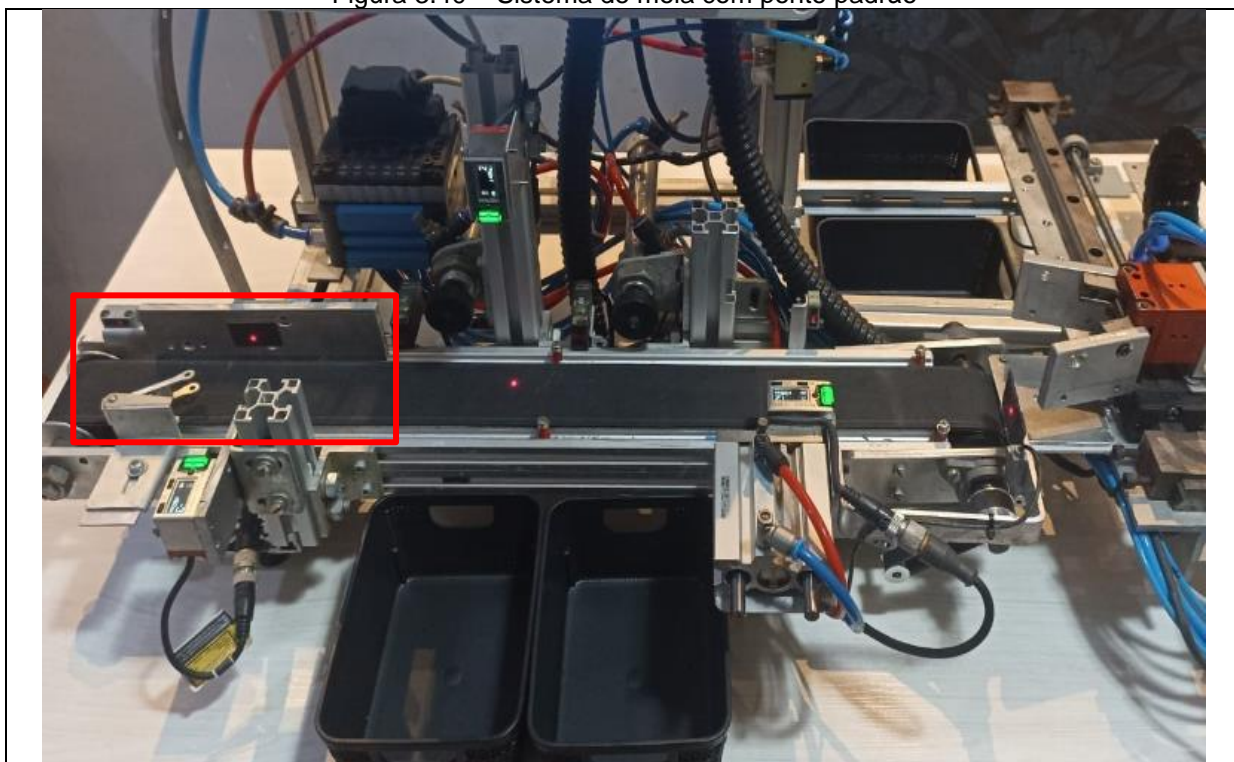
Figura 3.39 – Esteira adequada ao uso



Fonte: Autoria própria, 2024

Precisávamos encontrar uma forma de referenciar todas as peças que entrou no processo em um posicionamento padrão para realizar as conferências de medidas corretamente, foi-se desenvolvido um sistema de mola com um ponto padrão de referência conforme ilustra a Figura 3.34 sistema de mola com ponto padrão.

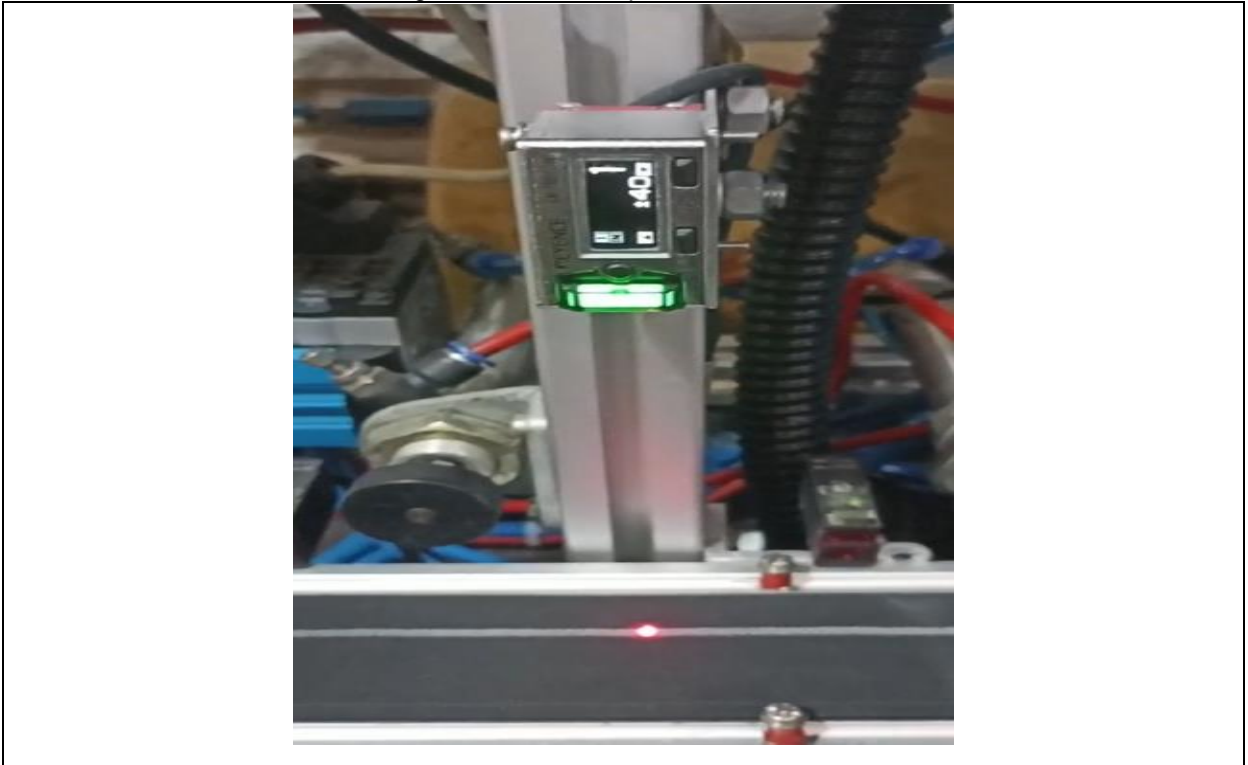
Figura 3.40 – Sistema de mola com ponto padrão



Fonte: Autoria própria, 2024

O sensor de medição demonstrou oscilação devido a esteira adequada ter algumas ranhuras o que acaba a desorientar os sensores podendo gerar interferência na medição realizada, para solucionar essa dificuldade foi-se feito uma linha prateada onde o feixe do sensor vai ficar sobre essa linha para inibir essa variação de medidas conforme mostrado na Figura 3.41.

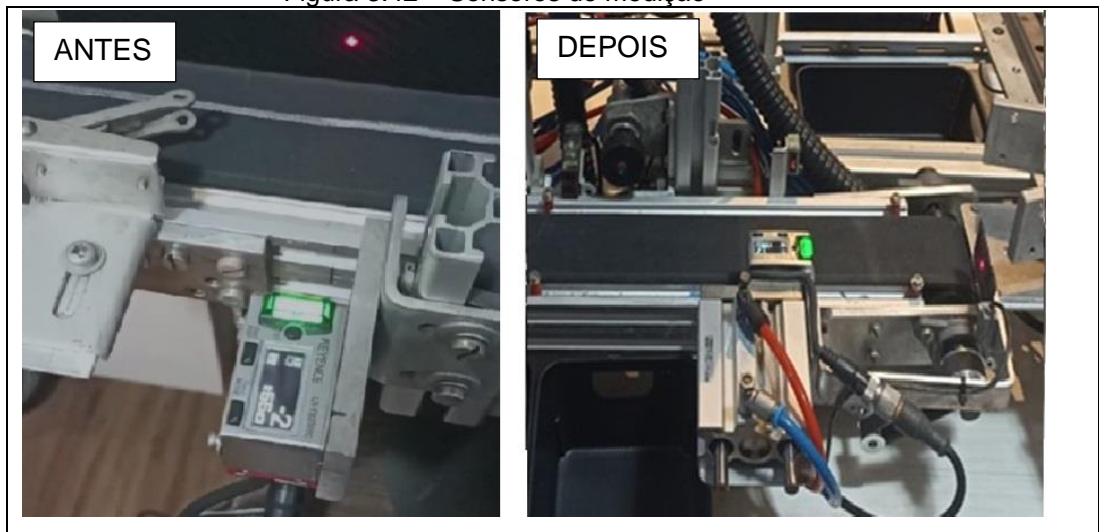
Figura 3.41 – Linha prateada na esteira



Fonte: Autoria própria, 2024

Para a medição de comprimento: a ideia inicial do projeto foi utilizar o pulso de subida e o pulso de descida juntos as informações de tempo e deslocamento para calcular o comprimento do produto passando. Dificuldades: o sensor não é tão preciso gerando pequenos pulsos que interferem nos momentos de ativação e a depender do produto o tempo gasto para preparação da máquina seria elevado.

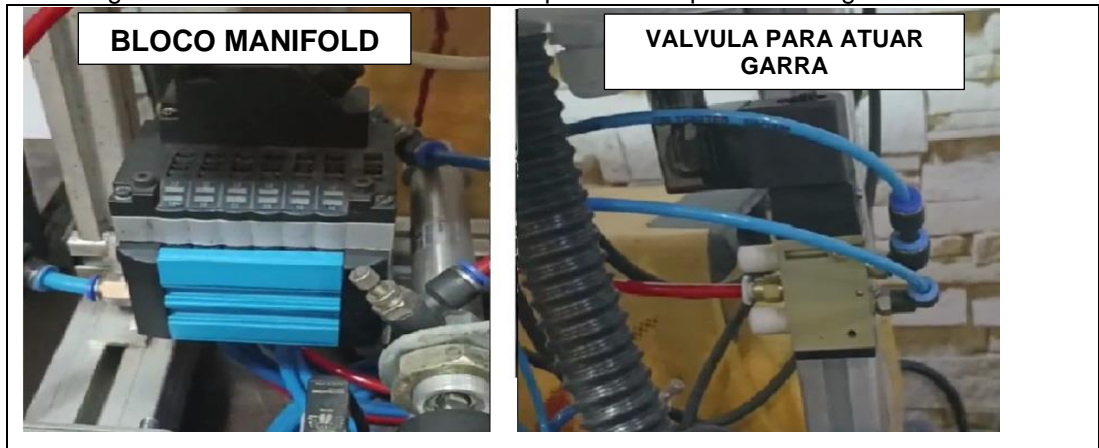
Figura 3.42 – Sensores de medição



Fonte: Autoria própria, 2024

A solução encontrada, foi alterar a posição do sensor para o final da linha, onde a peça será detectada por um sensor que avançara um suporte que possui uma barreira definida como ponto zero e o sensor de medição. Nesse momento a esteira para o dado é coletado e o suporte é recuado, simplificando o processo e diminuindo o tempo de setup da máquina a alteração é demonstrada na Figura 3.42.

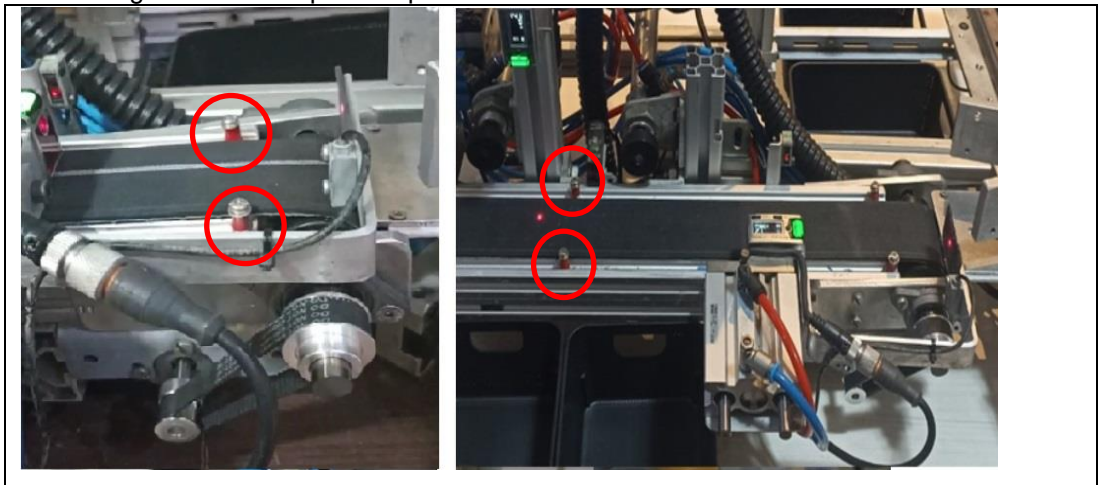
Figura 3.43 – Bloco manifold e válvula pneumática para atuar a garra



Fonte: Autoria própria, 2024

Dificuldade com a capacidade do bloco manifold, o projeto iria utilizar um total de cinco válvulas pneumáticas para os atuadores do trabalho, mas o bloco escolhido pelo tamanho compacto encontrava-se com um dos módulos tampado, ocasionando na falta de uma válvula para o atuador de fechamento da garra do robô. A solução encontrada foi instalar uma válvula 5x2 vias, externa para controlar somente esse item, a Figura 3.43 ilustra a solução.

Figura 3.44 – Dispositivo para controle de alinhamento de esteira

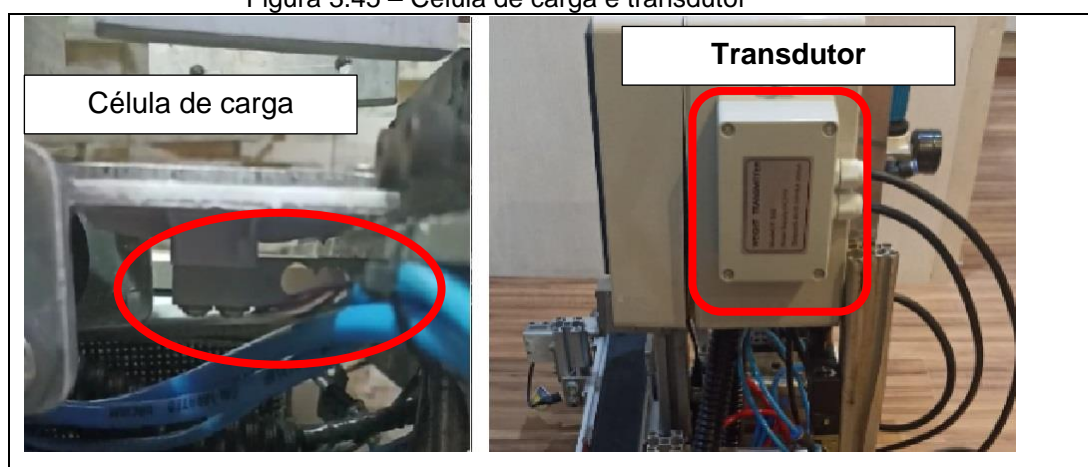


Fonte: Autoria própria, 2024

Escorregamento da esteira, outra dificuldade encontrada durante o desenvolvimento do projeto foi o alinhamento da lona da esteira, pois mesmo com os ajustes realizados com o auxílio de ferramentas precisas o problema persistia, interferindo na aferição de largura do produto.

A solução encontrada foi colocar pinos na região central e final do dispositivo para servir como guia evitando esse pequeno deslocamento da lona. Conforme ilustra a Figura 3.44.

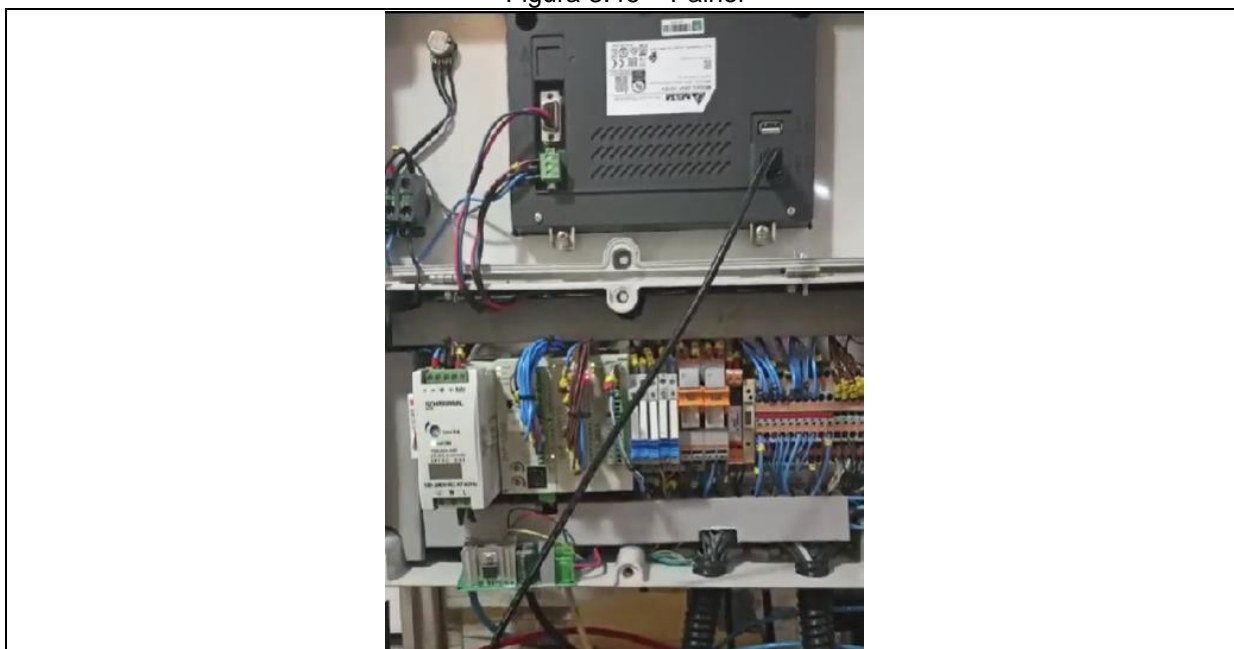
Figura 3.45 – Célula de carga e transdutor



Fonte: Autoria própria, 2024

Problema com a célula de carga, o equipamento instalado para aferição de peso não estava reagindo ao ser alimentada e sua capacidade era limitada em apenas 5kg, o módulo selecionado inicialmente não correspondia com o esperado, pois sua ligação era específica do fabricante da célula antiga. A solução encontrada foi alterar para um modelo de célula de capacidade de 10kg e adquirir um módulo transdutor que foi importado da china. Conforme demonstra a Figura 3.45.

Figura 3.46 – Painel



Fonte: Autoria própria, 2024

Outra dificuldade encontrada foi o tamanho do painel, pois quando houve a oportunidade de acrescentar uma tela IHM maior de 7", para substituir a antiga de 4", para não elevar os custos foi mantido o atual painel.

Para melhoria do projeto fica o aumento do painel para comportar adequadamente os componentes, assim como ilustra a Figura 3.46.

Figura 3.47 – Cilindro antigo e novo



Fonte: Autoria própria, 2024

Para última dificuldade citada aqui no projeto, foi a escolha do cilindro que iria transportar o sensor de comprimento, por não se tratar de um cilindro guiado, ao colocar o sensor acoplado na ponta, o peso do componente fazia com que o eixo girasse causando erro de leitura.

A solução encontrada foi fazer um suporte para segurar essa rotação do eixo, mas como resultado houve uma força a mais no cilindro que ocasionava vazamento. A solução final foi utilizar outro modelo de cilindro, assim como ilustra a Figura 3.47.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto denominado Analisador Automático de Peças em Linhas de Produção tem por objetivo desenvolver e agregar um sistema que seja capaz de realizar a conferência de peças em produzidas em uma linha de produção contínua tornando o processo mais confiável.

As fundamentações teóricas pesquisadas e apresentadas foram de extrema importância para os integrantes do grupo compreenderem melhor as exigências do mercado atual e como a automação pode ajudar a trazer mudanças. Esse produto foi escolhido não somente pela necessidade dos clientes, mas também com a intenção de aproveitarmos diversos conteúdos vistos na graduação de Tecnólogo em Automação Industrial.

As técnicas e métodos desenvolvidos na metodologia deram suporte para compor e planejar as etapas do desenvolvimento do projeto. Demonstrando aos integrantes do grupo como conduzir seus esforços para chegar ao objetivo escolhido.

O projeto justifica-se pelo ganho na confiabilidade de processo, otimização de devolução de produtos e no aumento de fidelidade dos clientes em seus fornecedores. Tudo isso levando em conta uma automação que diminuirá a mão de obra utilizada e que trará maior segurança para o processo.

O desenvolvimento do projeto o grupo deparou-se com dificuldades, como fixações especiais, encontrar a esteira adequada ao projeto, configurar o ajuste dos dispositivos de medição das peças, oscilações dos sensores, adaptação aos materiais que possuímos para o desenvolvimento do projeto.

Com tudo o grupo teve ideias para futuras melhorias como, implementação para comunicação do sistema do projeto com a nuvem para armazenamento de informações, criar um sistema supervisor para que os dados processo possa ser assistido de computadores, um sistema de e-mails que no final do dia seja enviado

ao responsável do processo quais foram os dados daquele dia de trabalho e também uma melhoria nos sensores a laser para um modelo mais apropriado para o processo proposto.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Estêvão et al. **Ferramentas da Qualidade**. 2012. Trabalho apresentado na Universidade da Madeira. Portugal, 2012.

BUENO, Cleber Cosme - **Pneumática na prática: Conceitos e Aplicações**. 1 ed. São Paulo: Clube dos Autores, 2018.

CALDAS, J. **Museu Interativo da Física da UFPA: Ação educativa com ênfase em divulgação e popularização da História e da Filosofia da Ciência para o ensino de Física**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Física – Universidade Federal do Pará. Pará, 2015.

CARRASCO, Edgar V. M. - **Notas de aula da disciplina análise experimental de tensões**. 2001. Mestrado em Engenharia de Estruturas – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2001.

CHAMON, Edna M. Q. Oliveira. **Gestão Integrada de Organizações**. 1 ed. São Paulo: Brasport, 2008.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da produção: Uma Abordagem Introdutória**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2014.

COUTINHO, Thiago. **Veja quais são as 7 Ferramentas da qualidade para revolucionar o seu negócio**. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog>. Acesso em: 04 mar. 2024.

ELEKTRA. **Qual é a função dos inversores de frequência?** 2022. Disponível em: <https://www.elektraautomacao.com.br>. Acesso em: 06 mar. 2024.

FRANCHI, Claiton; CAMARGO, Valter L. Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. 3 ed. São Paulo: Editora Érica, 2020.

FREITAS, Carlos Márcio. **Protocolo modbus**, 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br>. Acesso em: 07 out. 2023.

FREITAS, Carlos Márcio. **CLP – Controlador Lógico Programável – Partes 1 a 4**, 2018. Disponível em: <https://embarcados.com.br>. Acesso em: 05 mar. 2024.

GIOCONDO, Francisco I. César. **Ferramentas básicas da qualidade**: Instrumentos para gerenciamento de processos e melhoria contínua. São Paulo: Biblioteca 24horas, 2011.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith. W. **Redes industriais para automação industrial**. 7ª ed. Boston: Pearson, 2017.

LUGLI, Alexandre Baratella; SANTOS, Max M. Dias. **Redes industriais para automação industrial**. 1 ed. São Paulo: Editora Érica, 2010.

LUGLI, Alexandre Baratella; SANTOS, Max M. Dias. **Redes industriais para automação industrial**. 2 ed. São Paulo: Editora Érica, 2019.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE TCC – Trabalho de conclusão de curso – 7 ed. revisada e atualizada. SBCampo: FATEC, 2023.

MARTINS, Pêrsio P. Pinto et al. O sistema Just in Time: uma visão crítica de sua implementação. 2006. Trabalho apresentado ao **XIII SIMPEP**, Bauru – SP, 2006. Não publicado.

MATIAS, Átila. **Fordismo**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/fordismo.htm>. Acesso em: 18 nov. 2023.

MELO, Pâmella Raphaella. **Motor elétrico**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br>. Acesso em 16 de set. de 2023.

MOREIRA, Ilo da Silva. **Sistemas pneumáticos**. 1 ed. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2012.

OHNO, Taiichi. **O Sistema toyota de produção**: Produção em larga escala. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

SCHMIDT, Stefan. **Como uma célula de carga realmente trabalha?** 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/ijok9>. Acesso em: 04 mar. 2024.

SEVERINO, Antonio Joaquim - **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, Gustavo da. **Instrumentação industrial**. 2 ed. Setúbal – PT. EST Setúbal, 2004.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro. **Sensores industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

WERKEMA, Maria C. Catarino. **As Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. 4 ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

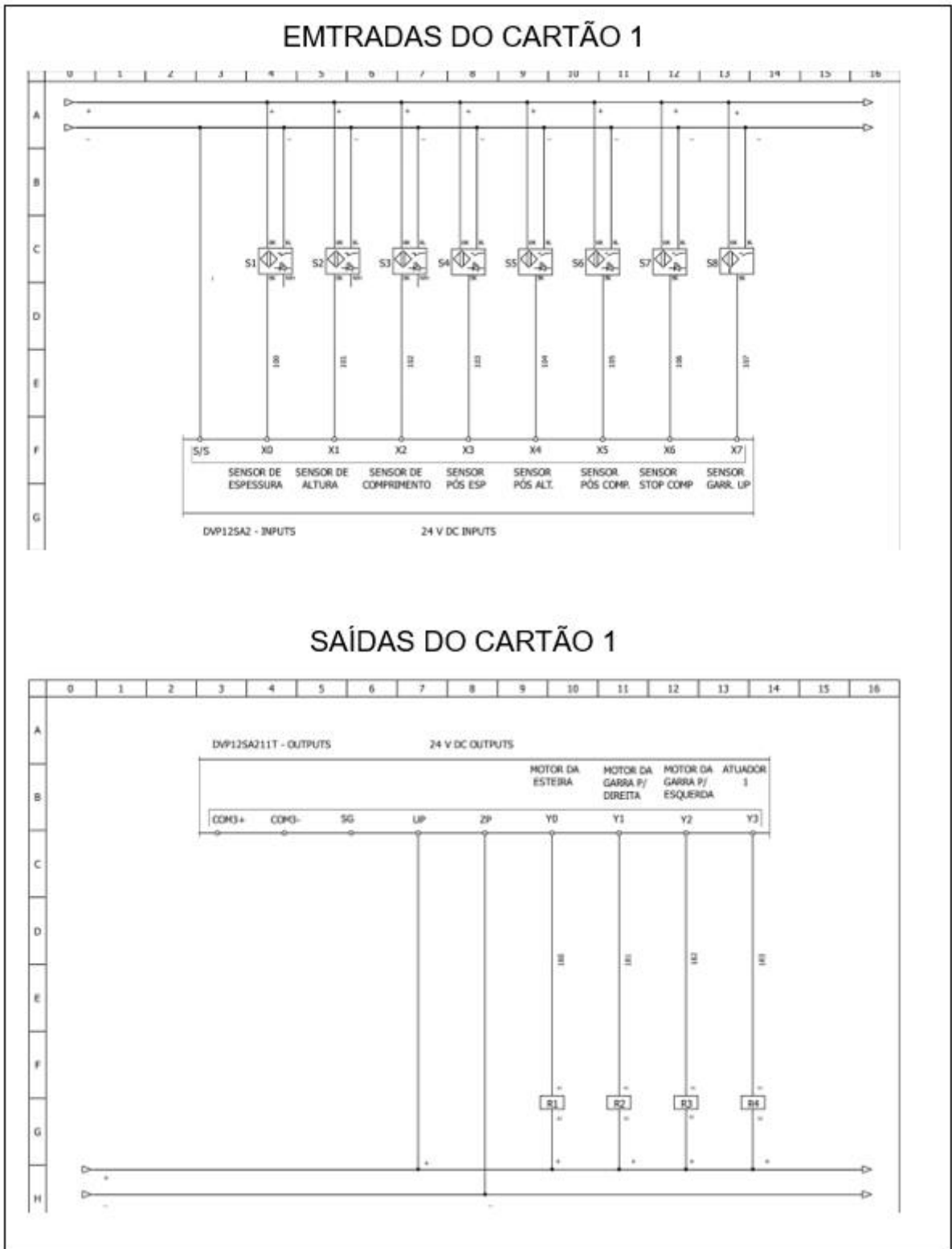
ZURAWSKI, Richard. **Industrial Communication Technology Handbook**. 1 ed. Boca Raton: Editora CRC Press, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TABELA 2.1

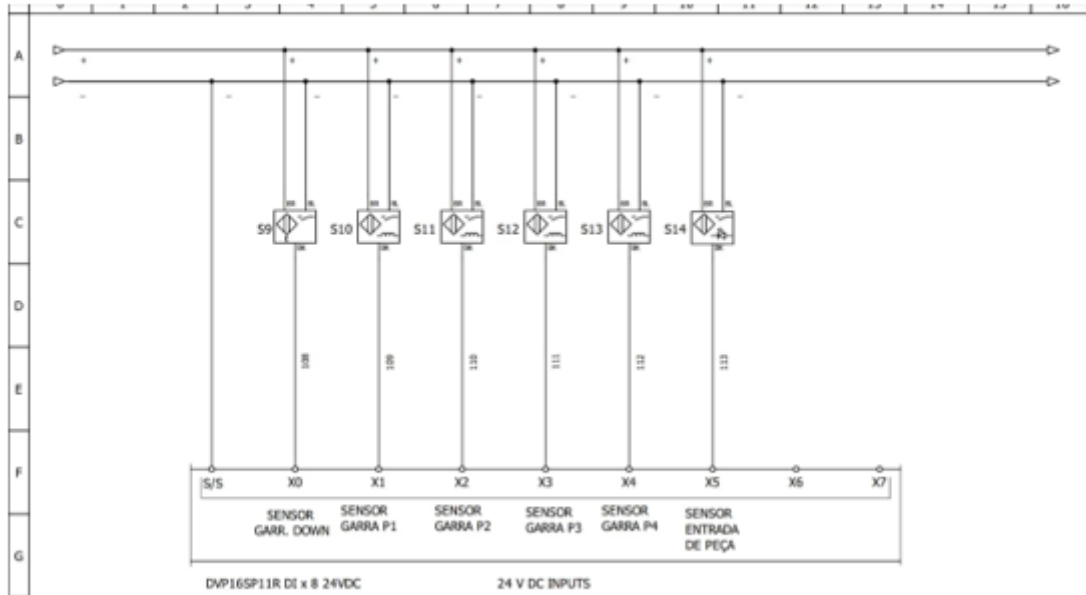
Item	Quant	Descrição	Preço
1	2	Motores dc 24v	RS 185,00
2	3	Sensores laser LRTB2000c	RS 15.600,00
3	1	IHMdelta dop 107bv	RS 1.730,00
4	1	CLP delta DVP12SA2	RS 1.200,00
5	1	Cartão de IO delta dvp16SP11ts	RS 890,00
6	1	Cartão analógico delta DVP-06XA	RS 1.100,00
7	1	Fonte 24vdc 3 A	RS 380,00
8	1	Disjuntor unipolar 6 A	RS 32,00
9	1	Seletor 2 pos. 22mm	RS 20,00
10	1	Contato NA, 1 contato NF	RS 15,00
11	6	Relé de interface 24vdc	RS 300,00
12	2	Relé de interface 24vdc 2 contatos rever	RS 120,00
13	1	Borne fusível	RS 18,00
14	15	Borne 2,5mm push pull	RS 100,00
15	2	Ponte derivadora p/ borne 2,5mm	RS 64,00
16	1	Caixa de montagem	RS 90,00
17	1	Canaleta 30 x 30 aberta	RS 30,00
18	40cm	Trilho DIN	RS 30,00
19	1	Ponte H c/ potenciômetro	RS 58,00
20	30 metros	Cabo flex. azul 1 x 0,50mm	RS 50,00
21	30 metros	Cabo flex. marrom 1 x 0,50mm	RS 50,00
22	3metros	Cabo flex. Preto 1 x 1mm	RS 24,00
23	3metros	Cabo flex. Vermelho 1 x 1mm	RS 24,00
24	100	Abraçadeiras de plástico peq	RS 12,00
25	5	Sensores ópticos reflexivos	RS 550,00
26	4	Sensores indutivos pnp 8mm	RS 240,00
27	1	Célula de carga 10kG	RS 29,00
28	1	Transmissor conversor cel. Carga 0-10v	RS 215,00
29	1	Acoplamento flexível 6mm x 8mm fuso	RS 22,00
30	2	Mancais com rolamento 8mm	RS 26,00
31	1	Fuso trapezoidal Tr8 x 380mm passo 8	RS 41,80
32	50	Porcas T martelo M4 p/ perfil 2020	RS 47,93
33	100	Parafuso cab. panela phillips M3 x 25mm	RS 32,04
34	2	Mancais Kf001 c/ rolamento eixo 12mm	RS 43,90
35	1	Redução GT2 3:1 correia 160mm + polias 20 60 L10mm	RS 114,00
36	3metros	Perfil de alumínio 20 x 20 v slot	RS 420,00
37	1metro	Perfil de alumínio 80 x 30 v slot	RS 190,00
38	20	Cantoneiras L 30 x 30 alumínio	RS 90,00
39	50	Porcas T martelo M5 p/ perfil	RS 49,90
40	50	Parafusos M5 x 35mm	RS 29,00
41	1	Porta cabo tipo lagarta	RS 65,00
42	400mm	Guia linear + 1 patins sem aba	RS 249,00
43	3metros	Cabo pp 3 x 1mm	RS 32,00
44	2	Atuador pneumático iso smc 25- 80mm	RS 1.232,00
45	1	Atuador guia SMC cdqma32-50	RS 680,00
46	1	Atuador pneum. SMC Mgpm12-30z	RS 420,00
47	4	Rolamento 6201z	RS 130,00
48	80mm	Tarugo de PU preto	RS 45,00
49	1200mm	Esteira de Lona vinílica	RS 80,00
50	1	Bloco manifold festo c/ 5 valvulas	RS 1.800,00
51	1	Valvula 5/2 vias ¼"	RS 80,00
52	1	Garra pneumática	RS 500,00
53	2	Eixo de aço 10mm x 100mm	RS 35,00
54	1metro	Cantoneira de alumínio 30 x 30	RS 120,00
55	20	Conexão pneumática diversas	RS 110,00
56	6	Regulador de vasão pneumática	RS 70,00
57	3 metros	Mangueira pneumática 6mm	RS 20,00
58	3metros	Mangueira pneumática 4mm	RS 20,00
59	2	Sensor magnético festo sme 8 ds 24	RS 300,00
60	2	Seal tubo ¼"	RS 120,00
TOTAL			RS 30.370,57

APÊNDICE B – ENTRADAS E SAÍDAS CARTÃO 1

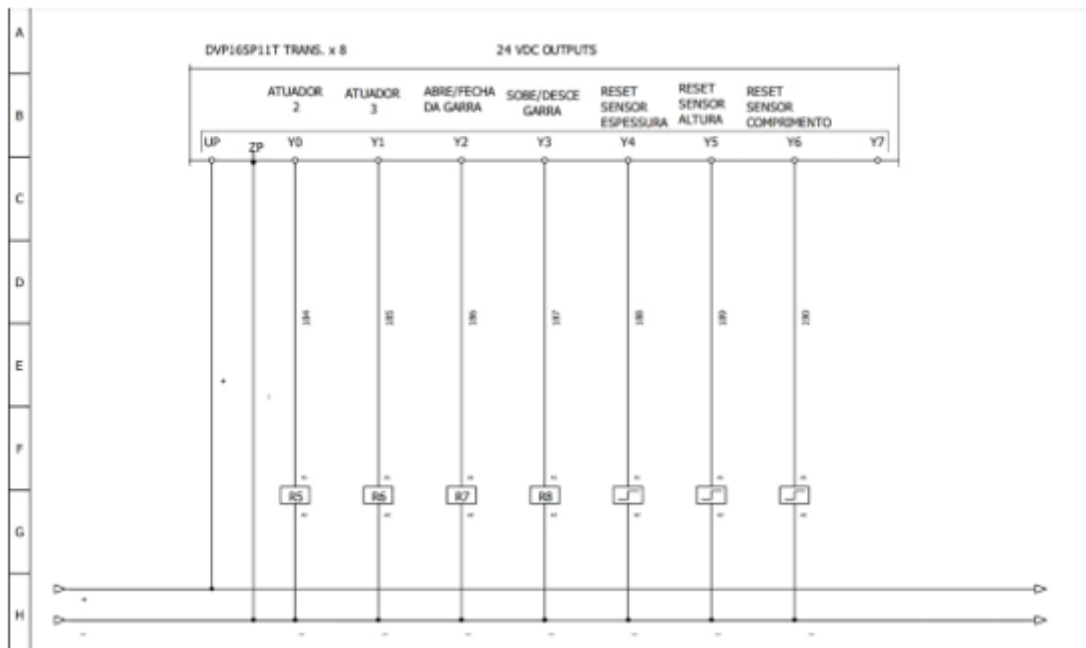


APÊNDICE C – ENTRADAS E SAÍDAS CARTÃO 2

ENTRADAS DO CARTÃO 2

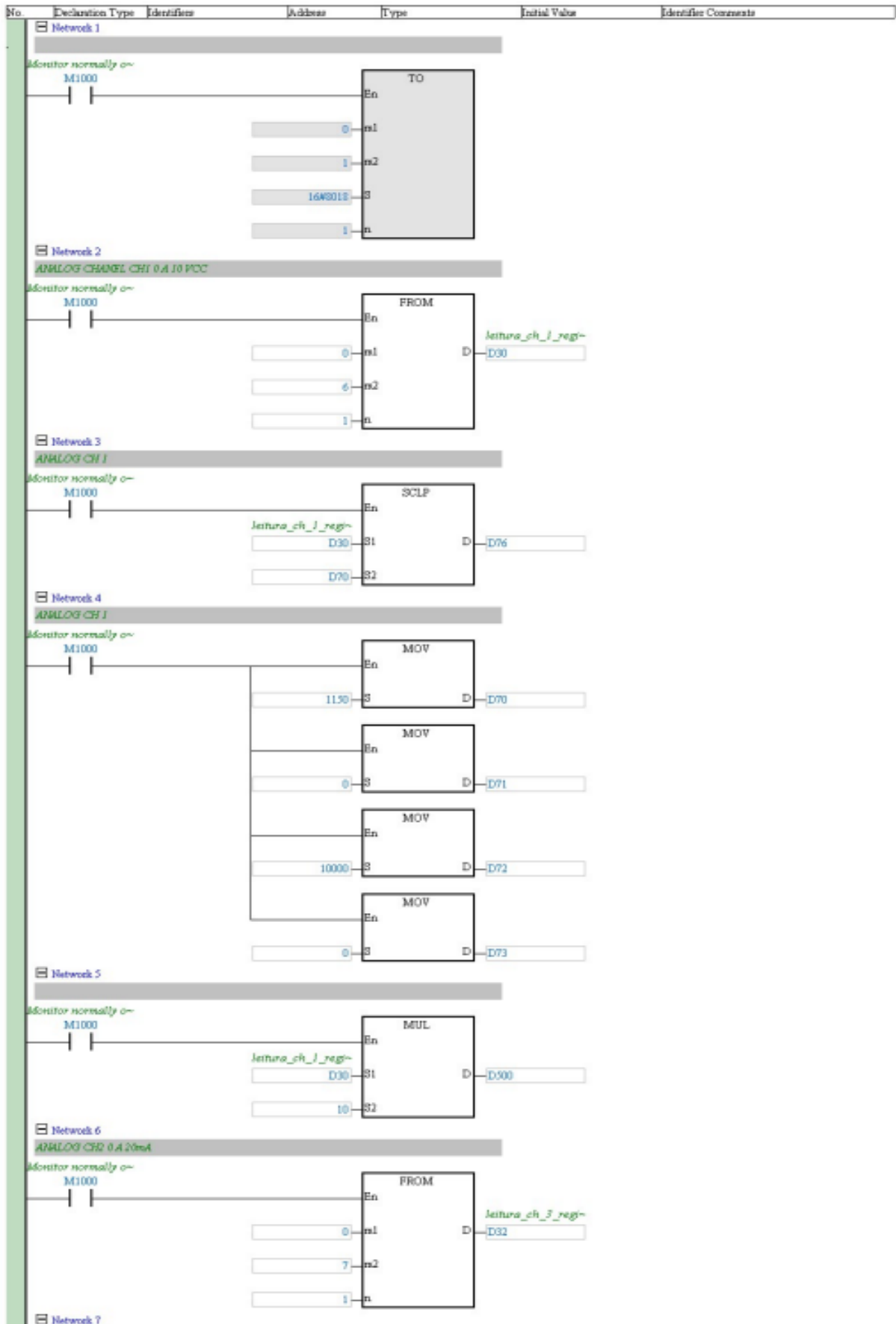


SAÍDAS DO CARTÃO 2

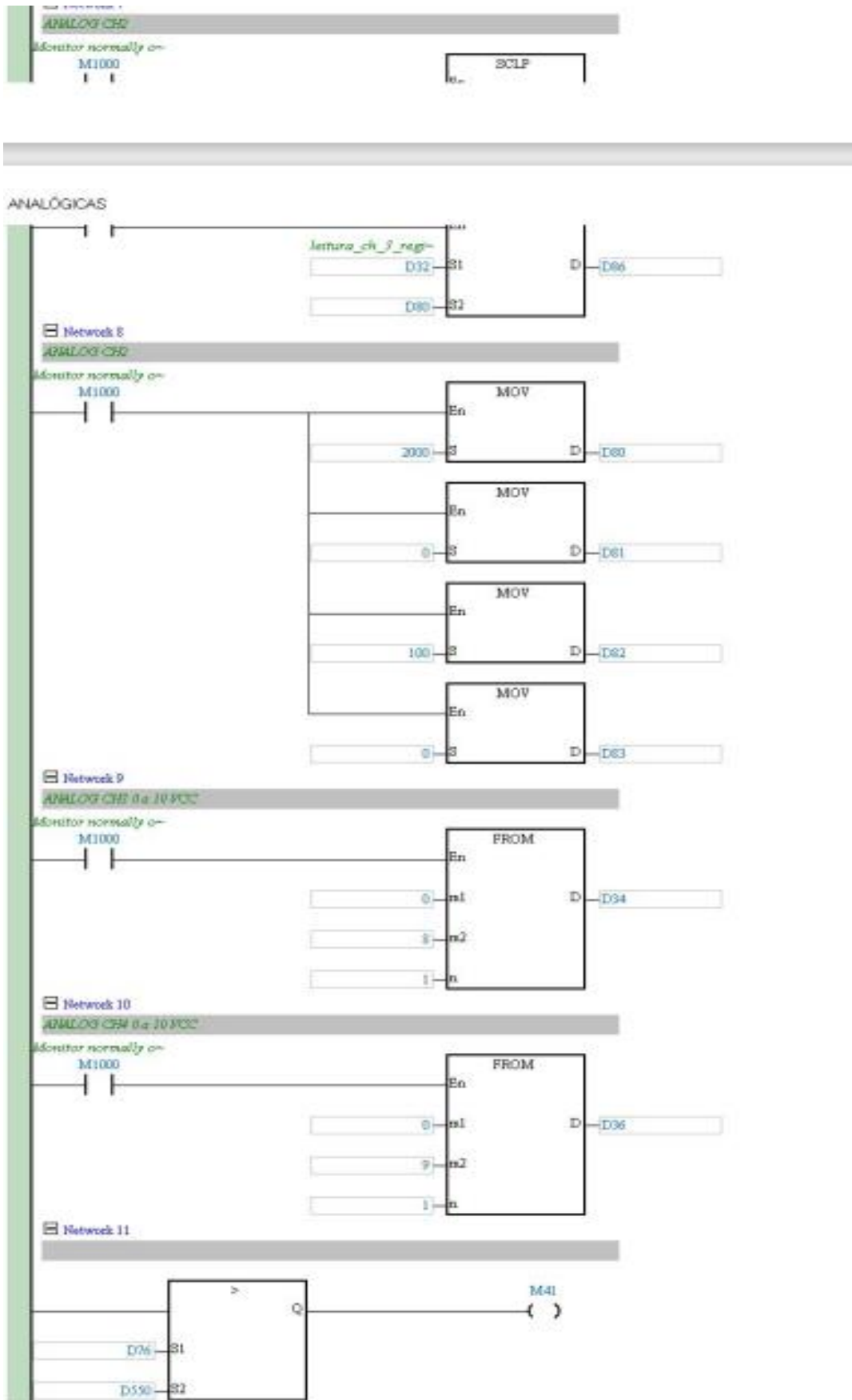


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER – ANALÓGICAS

ANALÓGICAS

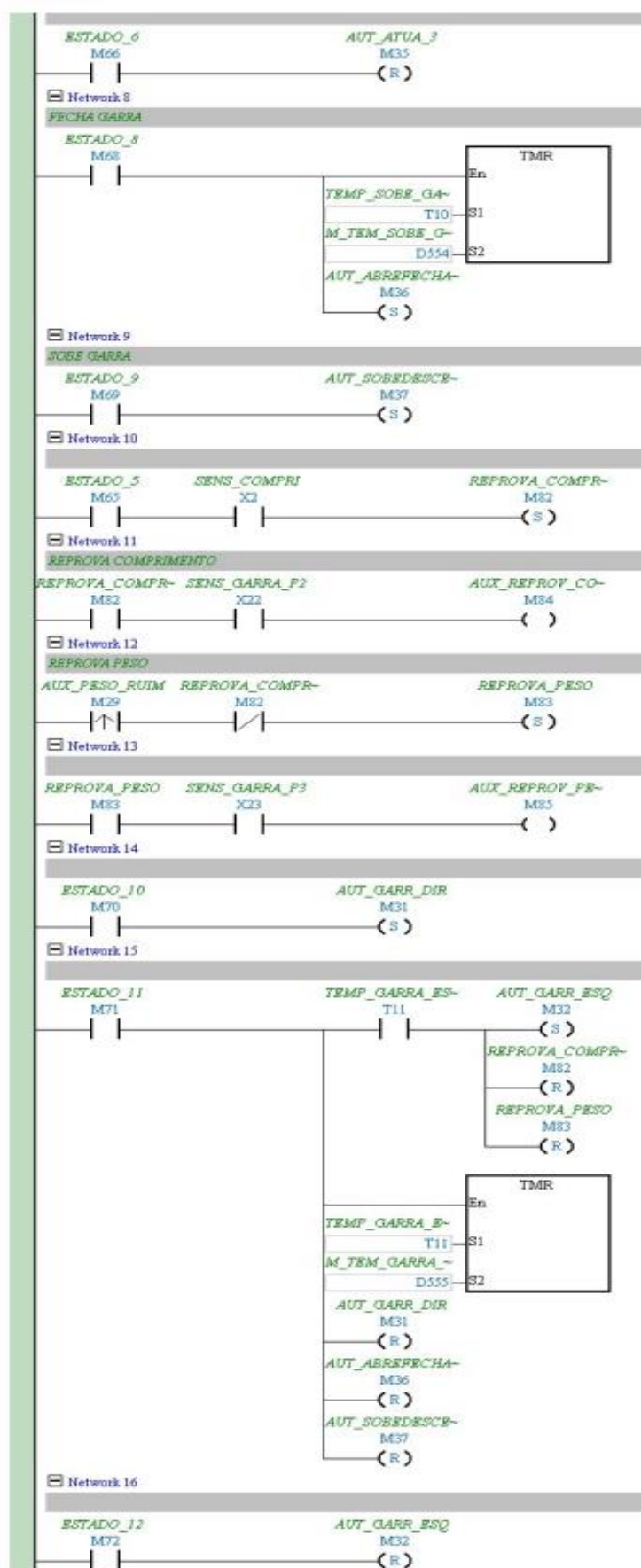


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - ANALÓGICAS



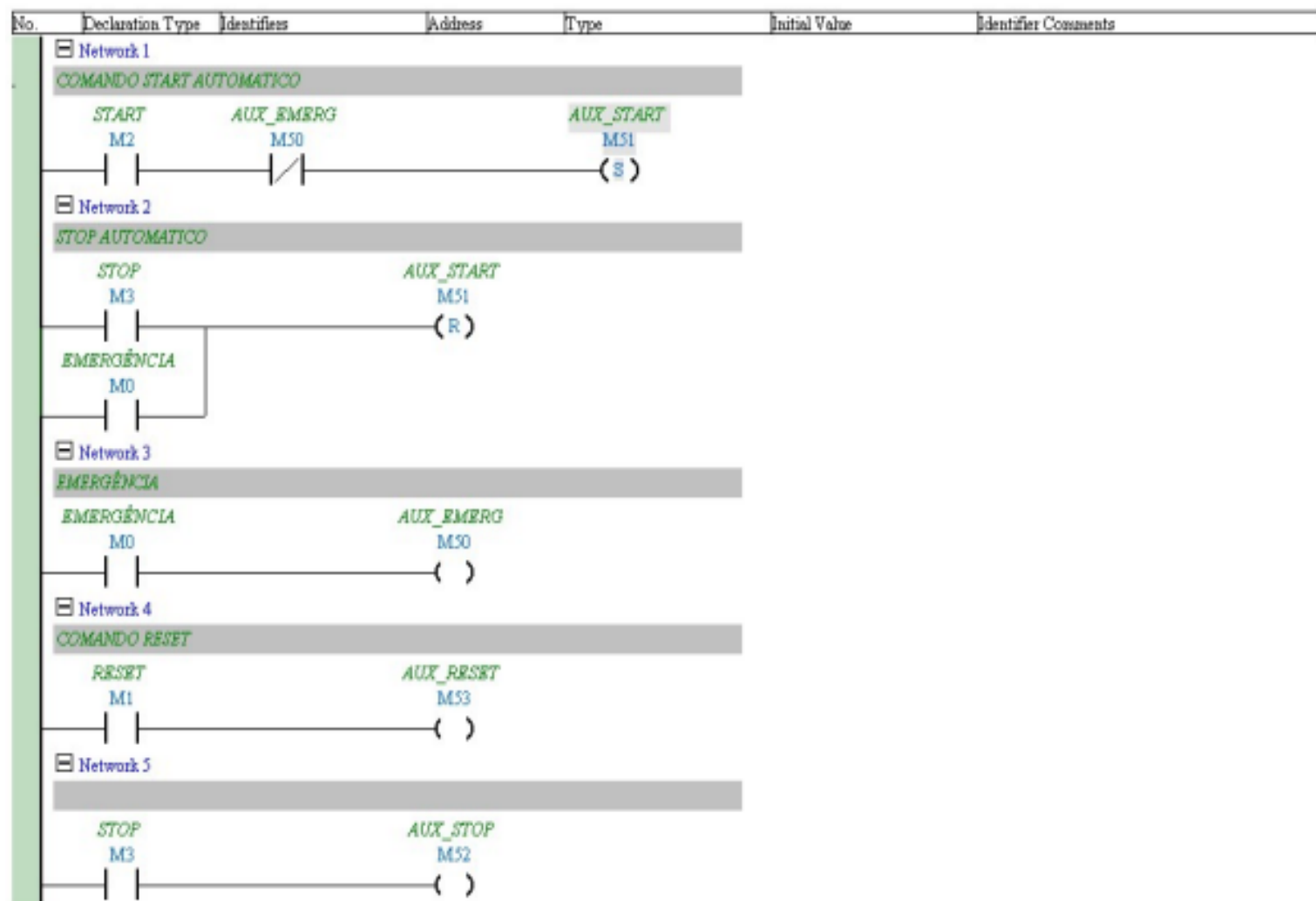
APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - AUTOMÁTICO

AUTOMÁTICO



APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - COMANDOS

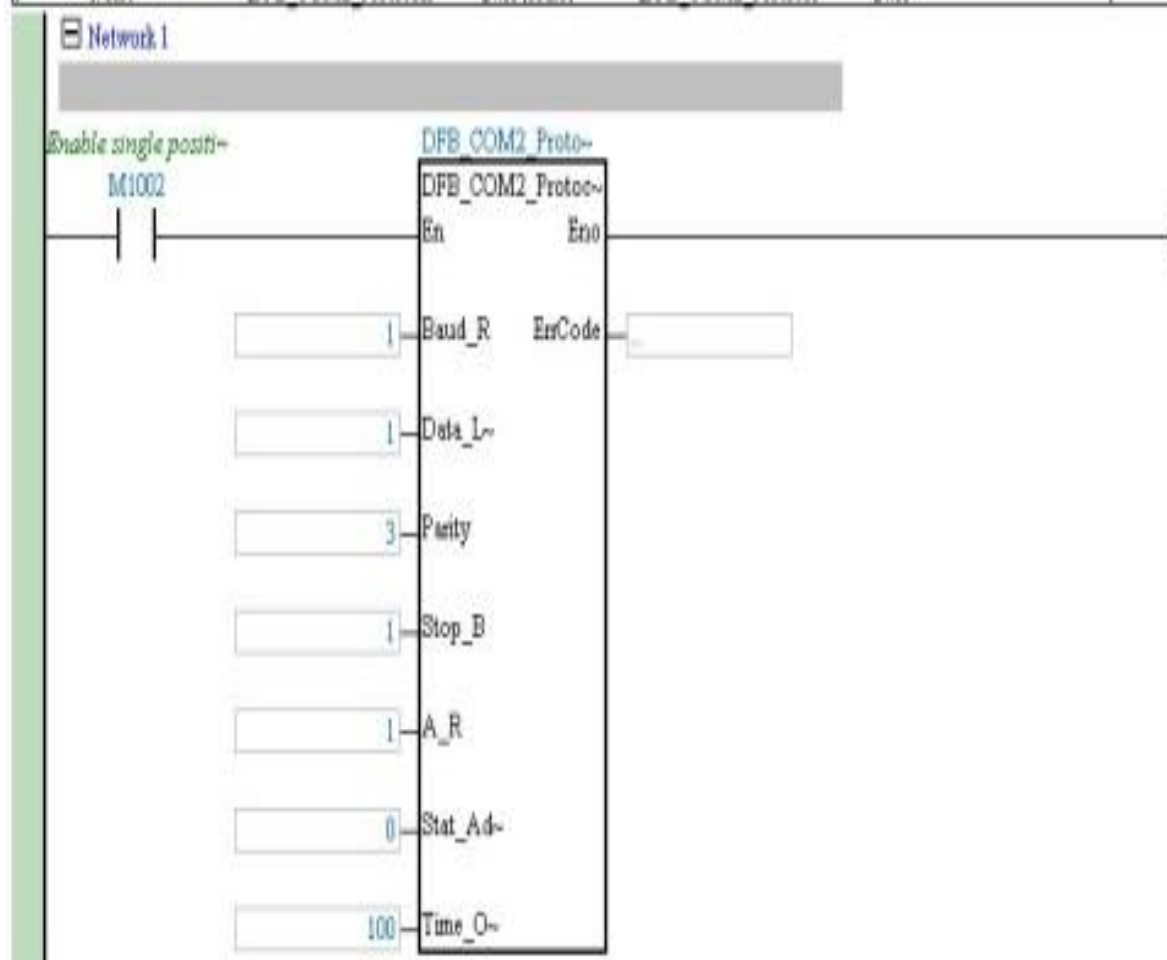
COMANDOS



APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - COMUNICAÇÃO

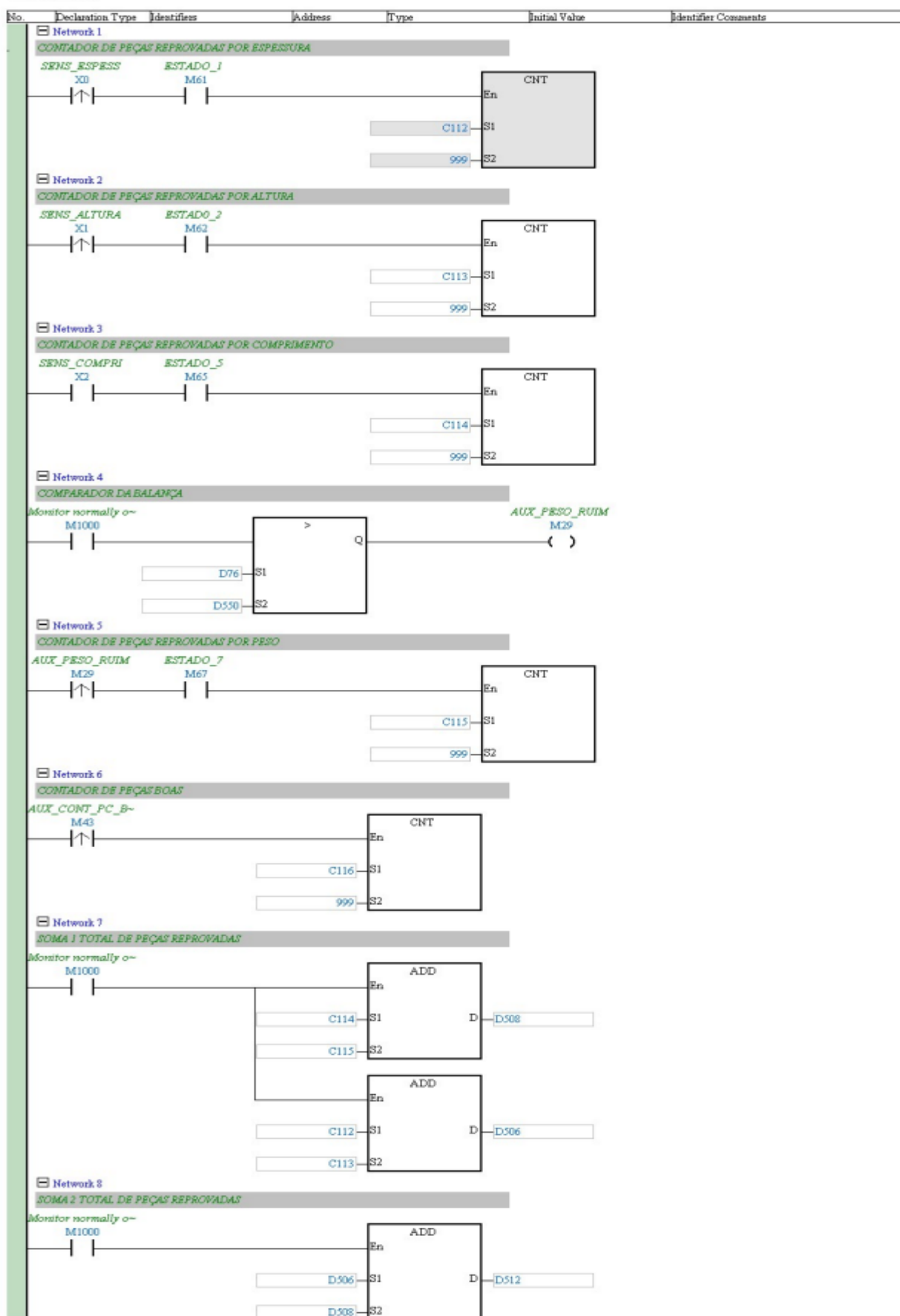
COMUNICAÇÃO

No.	Declaration Type	Identifier	Address	Type	Initial Value	Identifier Comments
1	VAR	DFB_COM2_Protocol	N/A (Auto)	DFB_COM2_Protocol	N/A	

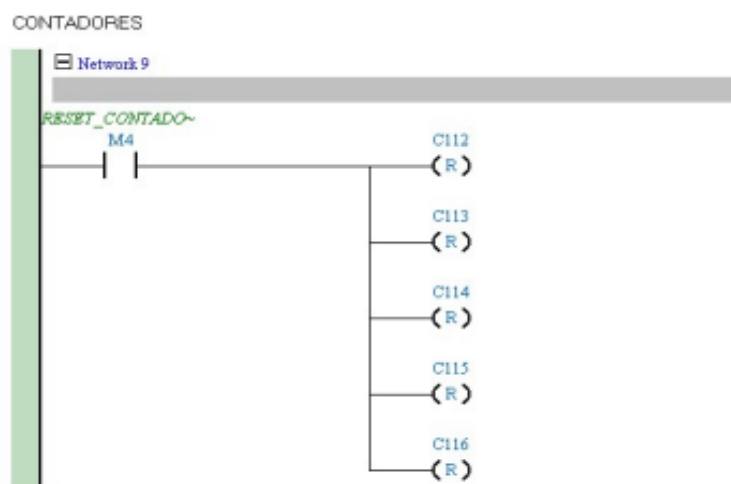


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - CONTADORES

CONTADORES

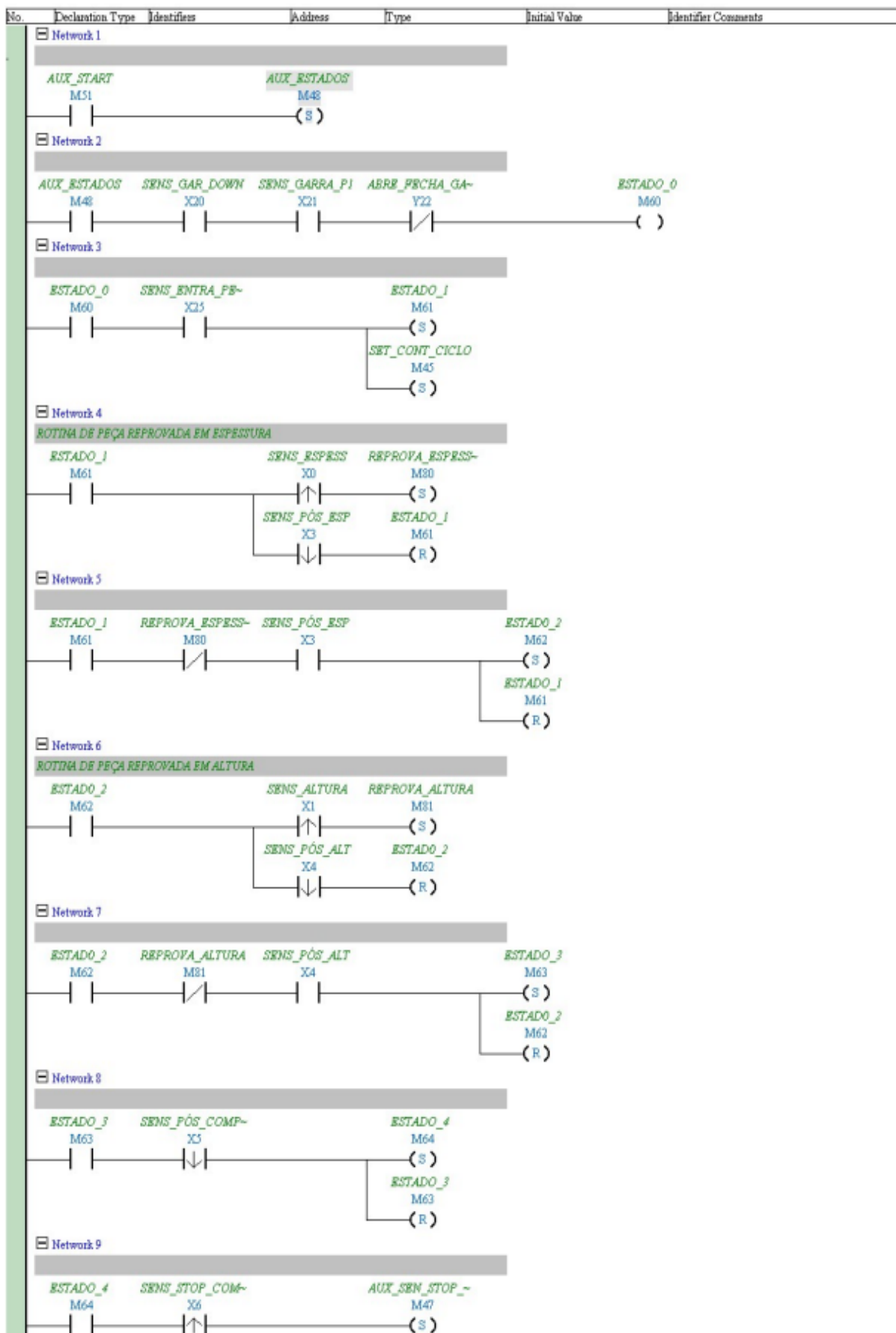


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - CONTADORES

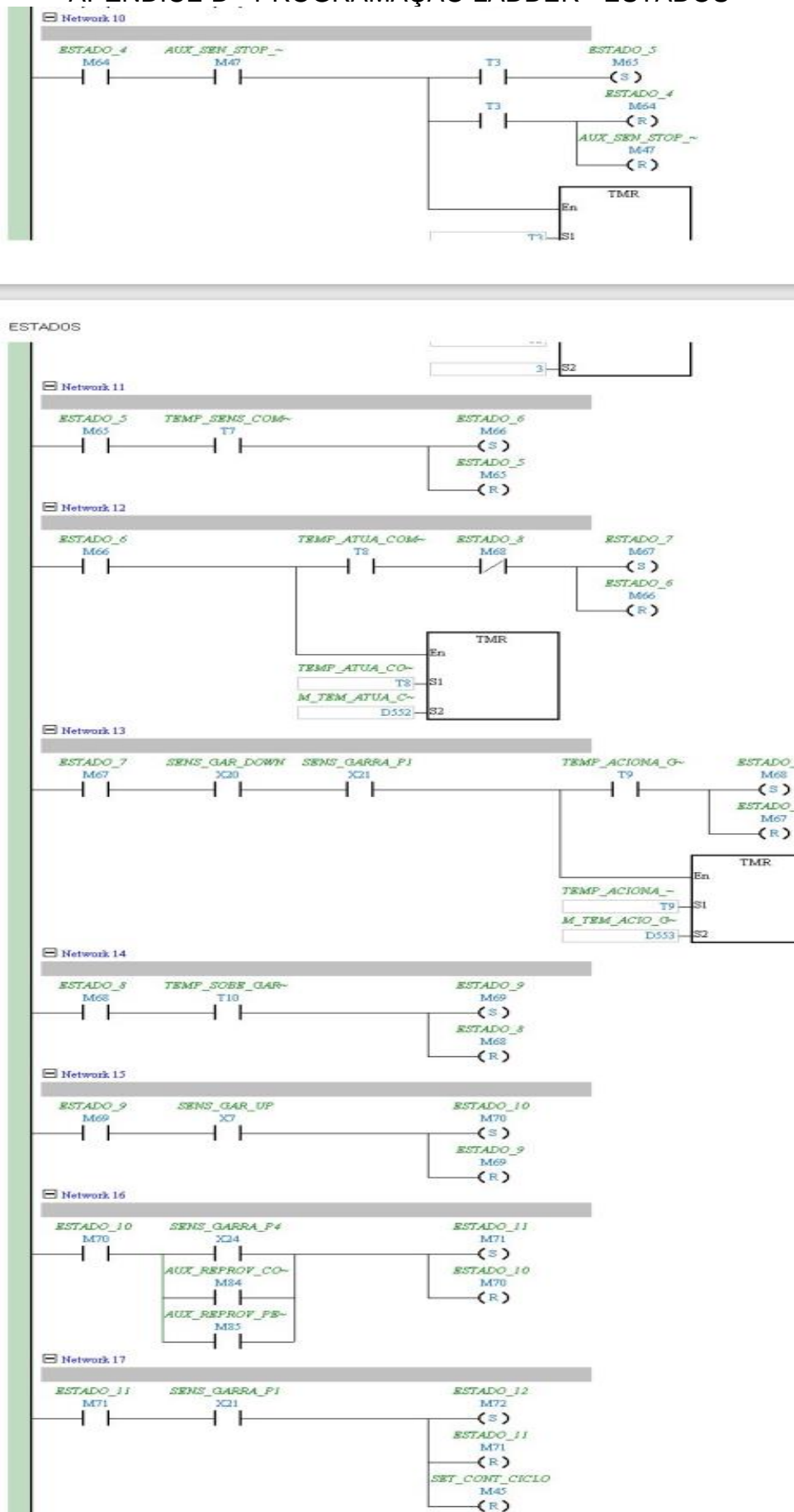


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - ESTADOS

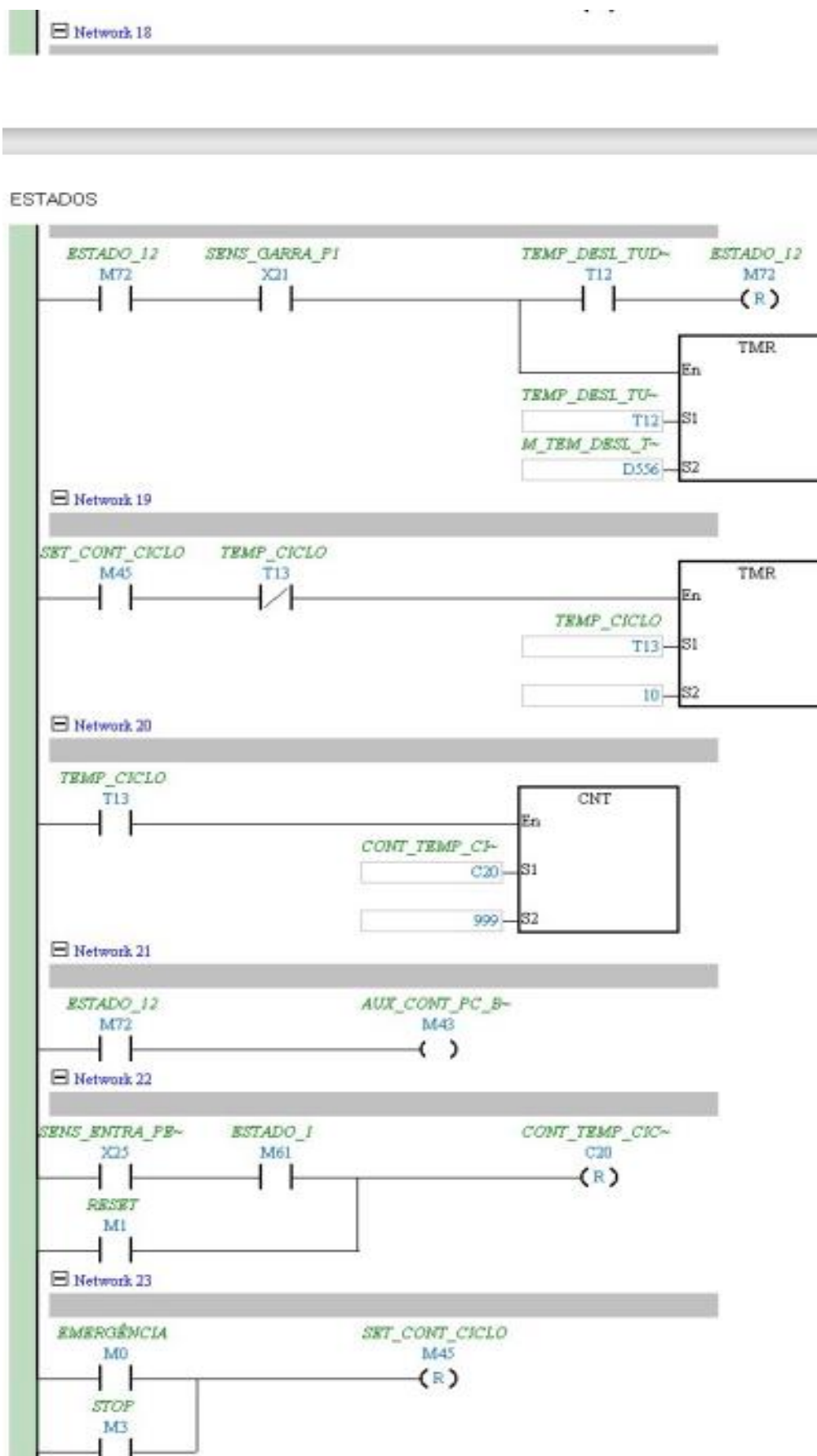
ESTADOS



APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - ESTADOS

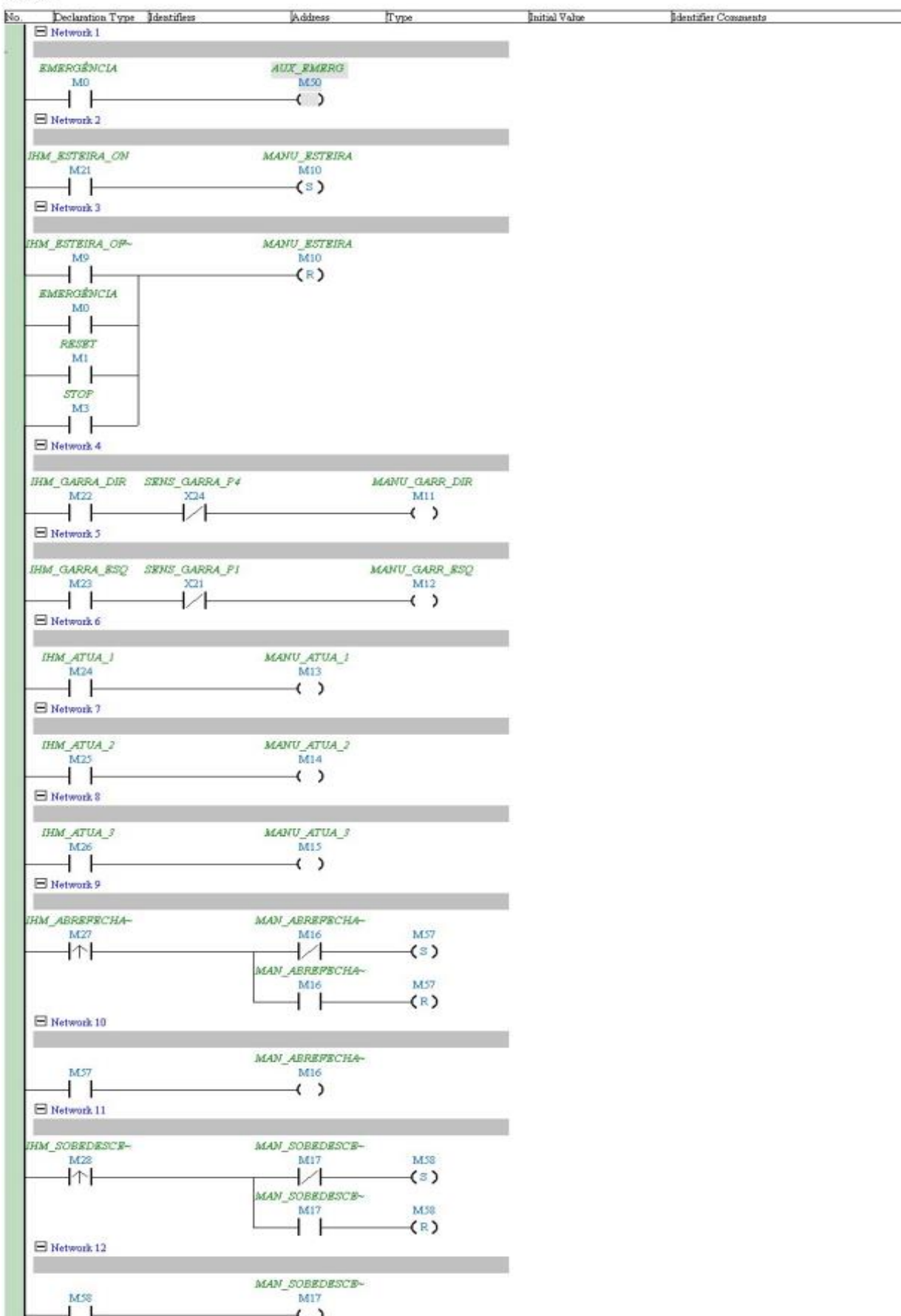


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - ESTADOS

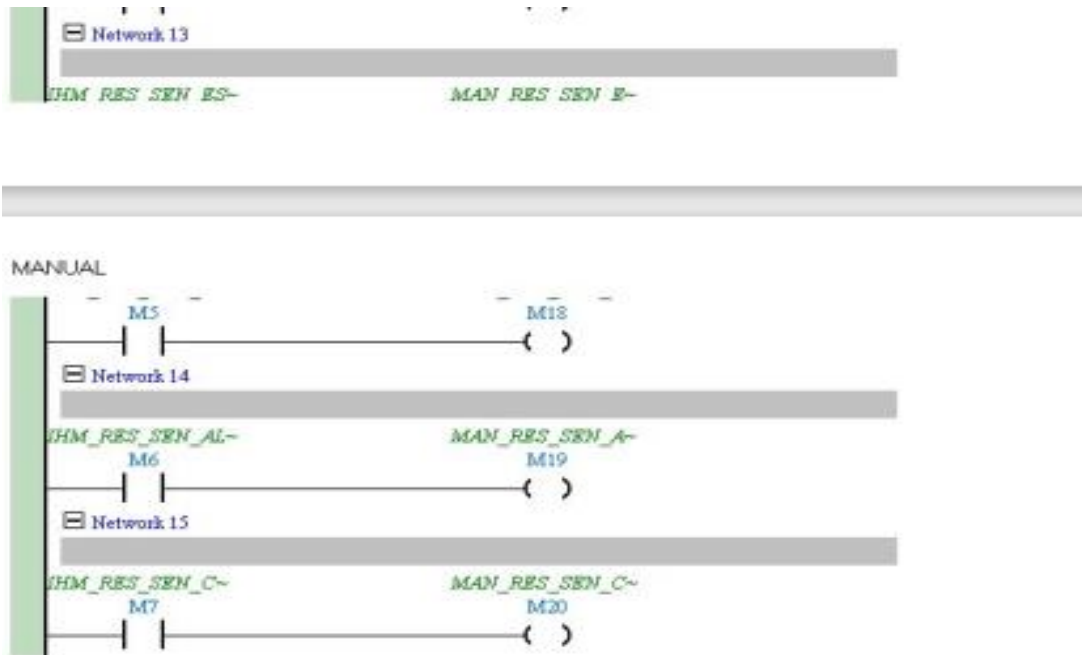


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - MANUAL

MANUAL

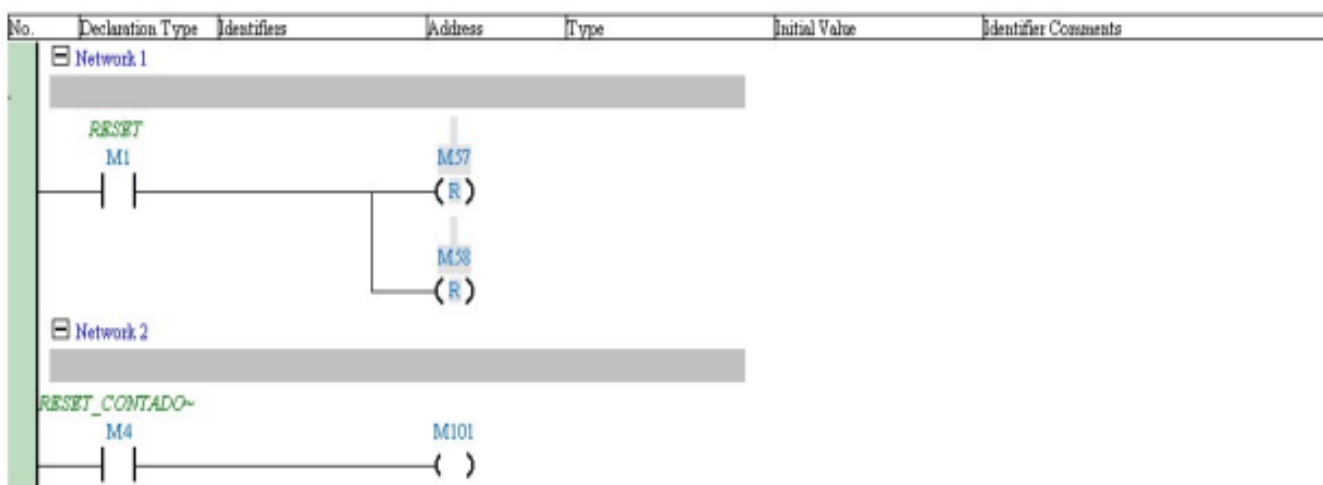


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER – MANUAL



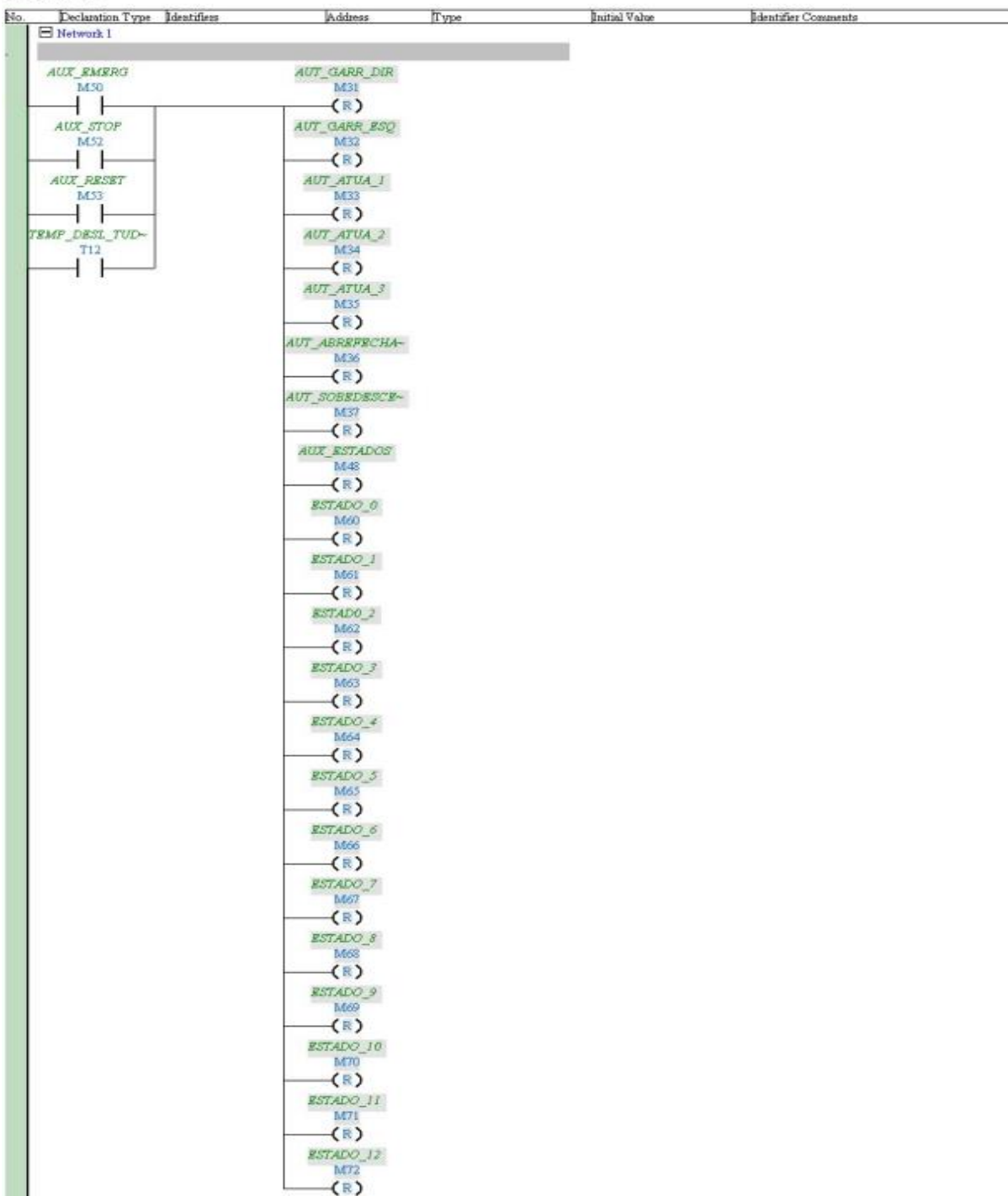
APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER - PRESET

RESET



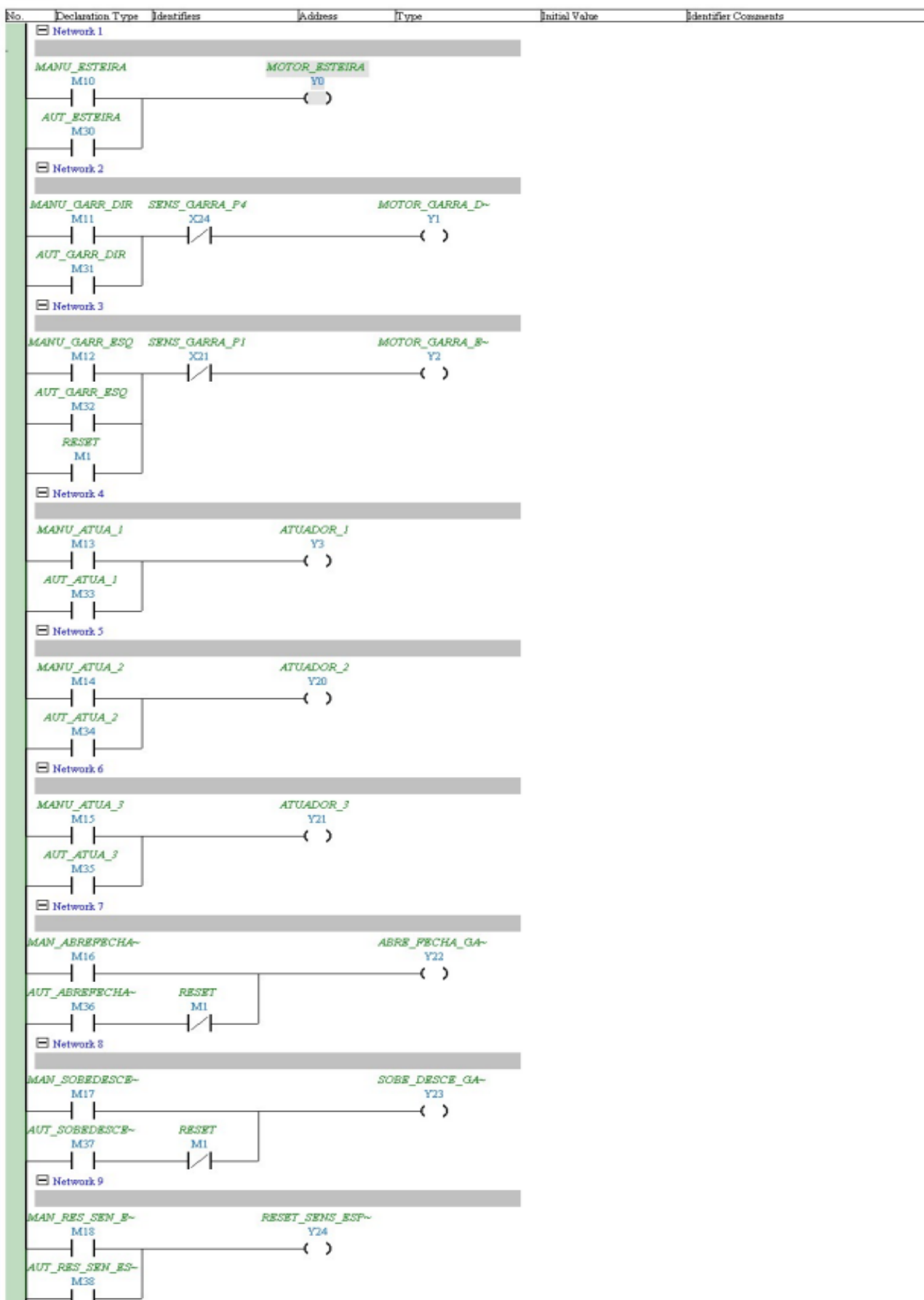
APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER – SEGURANÇA

SEGURANÇA



APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER – SAÍDAS

SAÍDAS

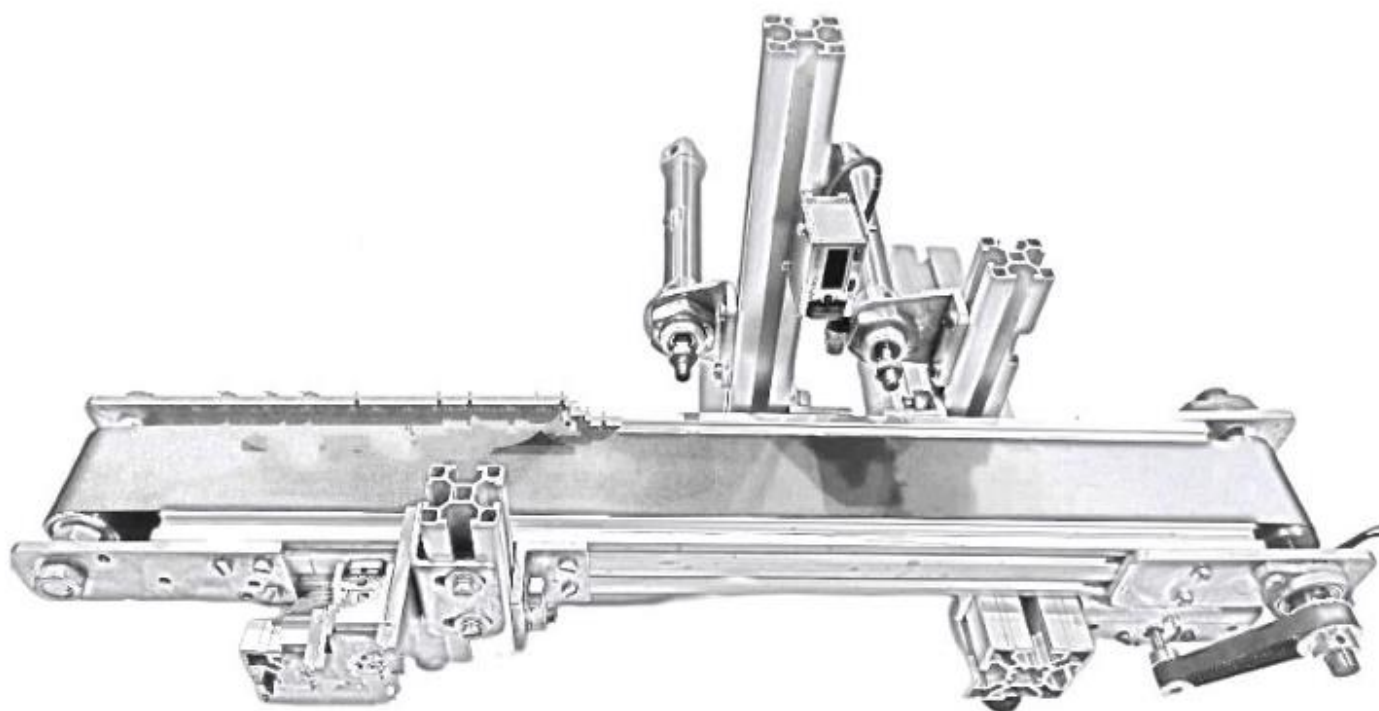


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO LADDER – SAÍDAS



APÊNDICE E - PROJETO

PROJETO VISTA FRONTAL



APÊNDICE E – PROJETO

PROJETO VISTA LATERAL

