

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

GABRIEL MESQUITA DE PAULA
GUILHERME MARCHINI ANTÔNIO
IGOR FERRAREIS ARAUJO
MARCELO PALACIO
RAFAEL FELIPE SCHÖER

ARMAZENAMENTO CARTESIANO DO SETOR AUTOMOTIVO

São Bernardo do Campo - SP
Dezembro/2022

**GABRIEL MESQUITA DE PAULA
GUILHERME MARCHINI ANTÔNIO
IGOR FERRAREIS ARAUJO
MARCELO PALACIO
RAFAEL FELIPE SCHÖER**

ARMAZENAMENTO CARTESIANO DO SETOR AUTOMOTIVO

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. Dr. Wellington Batista de Sousa.

São Bernardo do Campo - SP
Dezembro/2022

**GABRIEL MESQUITA DE PAULA
GUILHERME MARCHINI ANTÔNIO
IGOR FERRAREIS ARAUJO
MARCELO PALACIO
RAFAEL FELIPE SCHÖER**

ARMAZENAMENTO CARTESIANO DO SETOR AUTOMOTIVO

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: ____/____/2022

Banca Examinadora:

,

Prof. Dr. Wellington Batista de Sousa, FATEC SBC - Orientador

Prof. Dr. Delcínio Ricci, FATEC SBC - Avaliador

Prof. Me. Pedro Adolfo Galani, FATEC SBC - Avaliador

Dedicamos esse trabalho aos mestres que se dispuseram a nos ensinar arduamente mesmo em tempos de dificuldade.

Agradecemos ao prof. Dr. Wellington Batista de Sousa, pela orientação durante a elaboração deste trabalho.

“A perseverança é a mãe da boa sorte”
MIGUEL DE CERVANTES

RESUMO

O trabalho a seguir tem como tema o desenvolvimento de um armazém vertical inteligente que visa demonstrar a viabilidade do uso do mesmo, uma vez que a problemática seria a necessidade de se aproveitar o espaço disponível para a realização de estoque com uso da automação para gerenciamento de estoque eficaz. Após o levantamento de ideias e sugestões de como viabilizar o projeto, serviu de inspiração, um modelo utilizado na Volkswagen do Brasil, na planta Anchieta chamado de Depovert (Deposito vertical) e em seguida foi feita a análise dos componentes para o desenvolvimento do projeto.

Para isso, foi realizado um processo de engenharia reversa na Estação Mecatrônica de Armazenamento e Reposição do laboratório 25 da Fatec SBC, que nos atendeu como protótipo para o projeto sendo desnecessário a realização da parte mecânica, tendo o enfoque na integração e automação da Estação Mecatrônica.

Palavras chave: Armazém. Automação. Espaço. Viabilidade.

ABSTRACT

The following work has as its theme the development of an intelligent vertical warehouse that aims to demonstrate the viability of its use, since the problem would be the need to take advantage of the available space for carrying out inventory using automation for inventory management effective stock.

After surveying ideas and suggestions on how to make the project viable, a model used at Volkswagen do Brasil, at the Anchieta plant called Depovert (Vertical Deposit) served as inspiration, and then the components for the development of the project were analyzed.

For this, a reverse engineering process was carried out in the Mechatronics Storage and Replacement Station of laboratory 25 of Fatec SBC, which served us as a prototype for the project, being unnecessary to carry out the mechanical part, focusing on the integration and automation of the Mechatronics Station.

Keywords: Automation, Space, Viability, Warehouse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Robô cartesiano.....	15
Figura 1.2 - Robô cilíndrico e polar.....	16
Figura 1.3 - Robô SCARA.....	16
Figura 1.4 - Robô modular.....	17
Figura 1.5 - Braço robótico paralelo.....	17
Figura 1.6 - CLP NX3005.....	19
Figura 1.7 - Comunicação Ethernet simplificada.....	20
Figura 1.8 - Funcionamento do sensor indutivo	21
Figura 1.9 - Funcionamento do sensor capacitivo.....	22
Figura 1.10 - Funcionamento do sensor ótico	22
Figura 1.11 - Operação de um sistema supervisório	23
Figura 1.12 - Layout E3 Studio	24
Figura 1.13 - Funcionamento do motor de passo.....	25
Figura 2.1 - Croqui do projeto.....	27
Figura 3.1 - Estação Mecatrônica de Armazenamento e Reposição	28
Figura 3.2 - Software de comunicação “Loopback”	31
Figura 3.3 - Comunicação estabelecida.....	32
Figura 3.4 - Software de parametrização dos servomotores.....	33
Figura 3.5 - Software de parametrização dos servomotores.....	34
Figura 3.6 - Software de parametrização dos servomotores	34
Figura 3.7 - Pinagem cabo serial DB9	35
Figura 3.8 - Tabela de definição de posição MTR-DCI (rotação) eixo horizontal....	39
Figura 3.9 - Tabela de definição de posição SFC-DC (linear) eixo vertical.....	40
Figura 3.10 - Tela “MAIN PROG”: Linguagem - lista de instruções.....	41
Figura 3.11 - Passo S1 ao S4.....	41
Figura 3.12 - Passo S5 ao S7.....	42
Figura 3.13 - Passo S8; S33; S32.....	42
Figura 3.14 - Passo S9 ao S10.....	43
Figura 3.15 - Passo S11 ao S12.....	43
Figura 3.16 - Passo S13; S35; S34.....	44
Figura 3.17 - Passo S13; S35; S34.....	44

Figura 3.18 - Passo S17; S37; S36.....	45
Figura 3.19 - Passo S18.....	45
Figura 3.20 - Passo S19 ao S21.....	46
Figura 3.21 - Passo S22 ao S24.....	46
Figura 3.22 - Passo S38; S25	47
Figura 3.23 - Passo S26 ao S27.....	47
Figura 3.24 - Passo S28; S30; S31.....	48
Figura 3.25 - Passo S1; S2.....	48
Figura 3.26 - Passo S8; S10.....	49
Figura 3.27 - Passo S13; S35; S34.....	49
Figura 3.28 - Passo S20.....	50
Figura 3.29 - Programa de emergência.....	50
Figura 3.30 - Programa "STOP"	51
Figura 3.31 - Tela "Emergency blink"	51
Figura 3.32 - Tela "Vizualization"	53
Figura 3.33 - Tela programação em LADDER 1	54
Figura 3.34 - Tela programação em LADDER 2	54
Figura 3.35 - Tela programação em LADDER 3	55
Figura 3.36 - Tela programação em LADDER 4.....	55
Figura 3.37 - Tela inicial do Elipse E3	56
Figura 3.38 - Tela principal do Elipse E3	56
Figura 3.39 - Tela acionamento da posição vertical.....	57
Figura 3.40 - Tela acionamento da posição horizontal.....	57
Figura 3.41 - Tela seleção de cores.....	58
Figura 3.42 - Tela comunicação com Arduino via MODBUS.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP - Computador lógico programável

FATEC - Faculdade de Tecnologia

IoT - *Internet of things* (Internet das coisas)

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition* (Controle supervísório e aquisição de dados)

OPC DA - Open Platform Communication Data Access (Comunicação de plataforma aberta)

MODBUS – Protocolo de comunicação serial

CODESYS – Controller Development System (Software de código aberto para programação de sistemas de automação)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
1.1 Histórico de almoxarifado.....	14
1.2 Robótica, robôs e alguns modelos	15
1.3 Controlador Lógico Programável.....	18
1.4 Redes Industriais.....	19
1.5 Sensores e instrumentação.....	20
1.6 Sistemas Supervisórios	23
1.7 Motores.....	24
1.8 Engenharia reversa.....	25
2 METODOLOGIA.....	26
2.1 Tema-problema e justificativa	26
2.2 Descrição do projeto	27
2.3 Cronograma das etapas.....	28
2.4 Etapas de desenvolvimento do projeto	28
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	30
3.1 Princípio de funcionamento do projeto.....	30
3.2 Desenvolvimento do projeto.....	31
3.3 Dificuldades e soluções no desenvolvimento.....	52
3.4 Simulação virtual do funcionamento da estação mecatrônica.....	53
3.5 Programação em LADDER no CODESYS.....	54
3.6 Supervisório Elipse E3.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS.....	60

INTRODUÇÃO

Com o advento da Revolução Industrial, o uso da matéria prima e seus derivados nas empresas ganhou um status de volume em massa, tornando o custo por unidade mais acessível para grande parte da população. Com isso, surgiu a necessidade por estocar e armazenar grandes quantidades de matérias primas, ferramentas ou produtos, colocando em evidência o conceito de almoxarifado. Dessa forma, o gerenciamento de processos de estocagem e seus métodos também tiveram que evoluir para atender a essas novas demandas.

Consultando alguns dicionários, encontramos para o termo almoxarifado uma designação comum entre eles, que pode ser apresentada da seguinte maneira: um depósito, armazém ou local usado para guardar os materiais usados e matérias-primas necessárias a um determinado serviço. Contudo, não devemos nos ater somente a essa definição, pois a posição estratégica, logística, gestão de recebimento e saída, metodologias, técnicas e a tecnologia empregada nele, implicam diretamente na melhor eficiência do seu controle, manejo dos insumos e/ou produtos, além de atingir diretamente na gestão da qualidade, rastreabilidade e capacidade de resposta na tomada de decisão.

As novas demandas trazidas pela Indústria 4.0, como exemplo, aplicações do conceito de IoT (*Internet of Things* ou Internet das Coisas), além de produtos personalizados em escalas industriais, fizeram com que os processos necessitassem de uma maior precisão e segurança, desde o recebimento da matéria prima, contabilização, abastecimento, até a entrega do produto final nas mãos do cliente. Tendo essa percepção no mercado, as empresas procuram aderir às novas tecnologias que melhorassem a eficiência na gestão e processamento dos estoques presentes, tornando-os mais ágeis e produtivos, permitindo segurança e um acesso em tempo real as informações sobre o estoque, possibilitando uma maior confiabilidade nos serviços prestados.

Diante disso, constata-se pela literatura especializada que as empresas têm em sua maioria, grande dificuldade em garantir o armazenamento de forma adequada devido a fatores como falta de espaço, o que acaba gerando uma falta de organização e informação dos insumos disponíveis, gerando lentidão na tomada de decisão e processamento de estoque.

A partir desta constatação e elaborado no trabalho de TCC de Silva, Fregate Béo, Silvia é elaborado um projeto que garante a organização e obtenção de informações no interior de um estoque em tempo real, possibilitando que as tarefas dentro de uma empresa sejam empreendidas de maneira eficaz e consistente.

Assim, o objetivo deste trabalho que se intitula Armazenamento Cartesiano do Setor Automotivo visa desenvolver e construir um equipamento capaz de armazenar de forma organizada e automatizada veículos já finalizados ou em processo de produção. Justifica-se por promover maior segurança no armazenamento e manipulação dos veículos de forma precisa. Com ele pode-se utilizar o espaço volumétrico de forma eficiente, aumentando a produtividade devido ao equipamento e realizar as manobras do veículo ou sua carroceria, melhor controle de armazenamento e sua consequente produção, agregando também uma melhor qualificação dos profissionais responsáveis pelo setor logístico.

Para o desenvolvimento do projeto utiliza-se uma estrutura em metal, com o emprego de um controlador lógico programável, sensores, motores elétricos de corrente contínua, além de software para interface e protocolo Ethernet para comunicação.

Dessa forma, o trabalho é dividido em quatro etapas e organizado da seguinte maneira:

Capítulo 1 - Fundamentação teórica: são apresentadas as teorias de autores que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto;

Capítulo 2 - Metodologia: etapa do trabalho onde são apresentados os métodos e técnicas que direcionam a trajetória de construção do projeto;

Capítulo 3 - Desenvolvimento do Projeto: é apresentado o passo a passo do desenvolvimento e construção do projeto, suas subdivisões de tópicos e figuras que contribuem para uma melhor compreensão.

Considerações Finais: nesta etapa é feita uma retomada do projeto, abordando desde o objetivo e a justificativa, citados na introdução até a concretização da construção do projeto. Aponta as relações entre os fatos verificados e a teoria, as conquistas alcançadas, as vantagens e desvantagens, bem como possíveis sugestões para estudos futuros.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo encontram-se as teorias de autores renomados, que dão sustentação ao desenvolvimento e construção do projeto que se intitula Armazenamento cartesiano do setor automotivo.

1.1 Histórico de almoxarifado

Paoleschi (2009), destaca que os almoxarifados podem ser armazéns, depósitos ou centros de distribuição, sendo cruciais para o sucesso dos negócios de uma empresa.

Costa (2002) destaca que, o gerenciamento dos materiais é uma das mais importantes atividades de gestão executadas em uma empresa. A competitividade é dependente forma na qual os materiais e produtos são geridos, esses possuindo níveis de demanda e a necessidade da agilidade na renovação dos estoques.

Durante o século XVII, período onde houve a Revolução Industrial, os entrepostos criados entre as minas de carvão e fábricas foram cruciais para que o abastecimento fosse eficiente, visto que a distância era um grande obstáculo.

Devido a um aumento enorme na produção, tomou-se conhecimento que um estoque maior e mais organizado em ambiente fabril era necessário para diminuir erros como o desperdício de materiais. Isso infligia diretamente no custo do produto para o fabricante, que por consequência amplia seus lucros.

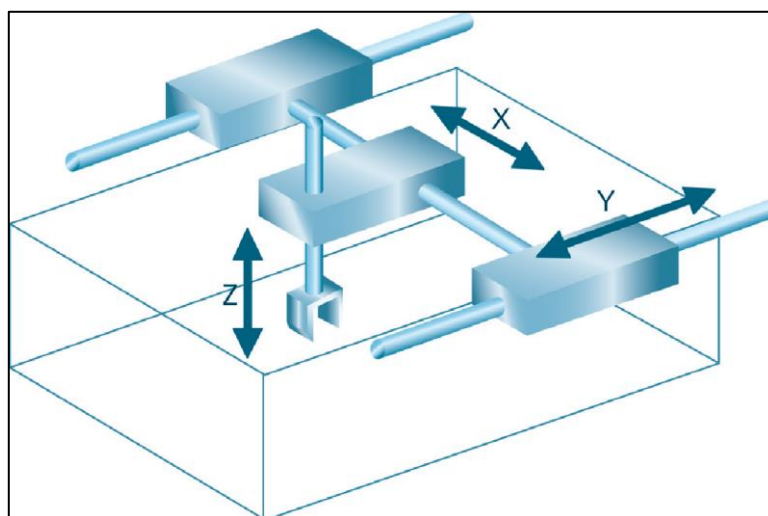
1.2 Robótica, robôs e alguns modelos

Asfahl (1992) enfatiza que a robótica estuda as tecnologias associadas à construção de robôs. Ela é de suma importância em grandes aplicações nos campos da produção industrial, medicina e até em atividades domésticas, enquanto os robôs são mecanismos automáticos que utilizam circuitos integrados para fazer as atividades e movimentos humanos que podem ser simples ou complexos. Em suma, ele é um manipulador multifuncional, responsável por operações como o movimento de peças, ferramentas ou dispositivos específicos através de uma trajetória variável.

Nof (1999) destaca alguns modelos ou tipos de robô, dentre eles:

Cartesiano: é composto por três juntas prismáticas que se movimentam em coordenadas no plano cartesiano. A estrutura é feita com pilares, o uso é geralmente utilizado no eixo “z”, alguns modelos são mais articulados, a operação depende do tipo de atividade, conforme ilustra a Figura 1.1.

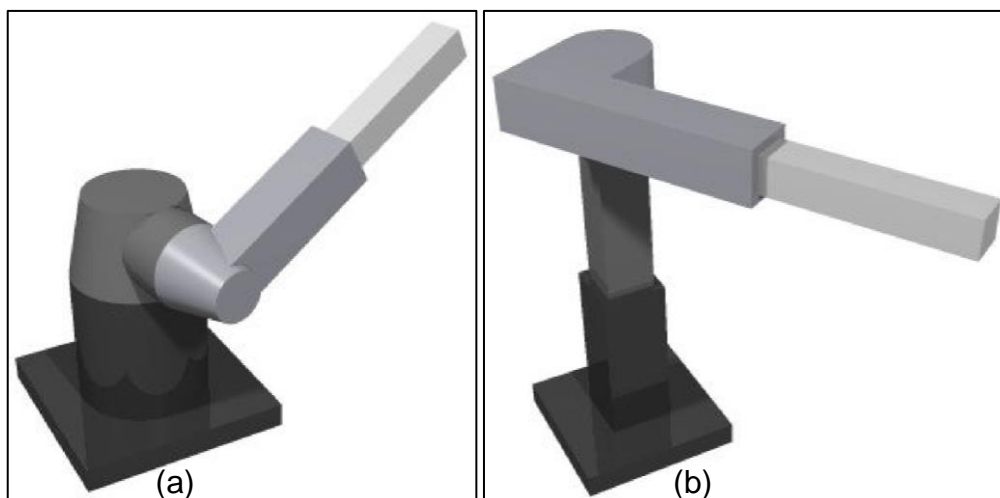
Figura 1.1 - Robô cartesiano



Fonte: Bayer, Eckhardt, & Machado, 2011

Cilíndricos e esféricos: compostos por duas juntas rotativas e uma prismática, esse tipo de robô é pouco utilizado. Quando de seu uso, a maioria das aplicações envolve a carga e descarga de peças ou paletização, conforme ilustra a Figura 1.2.

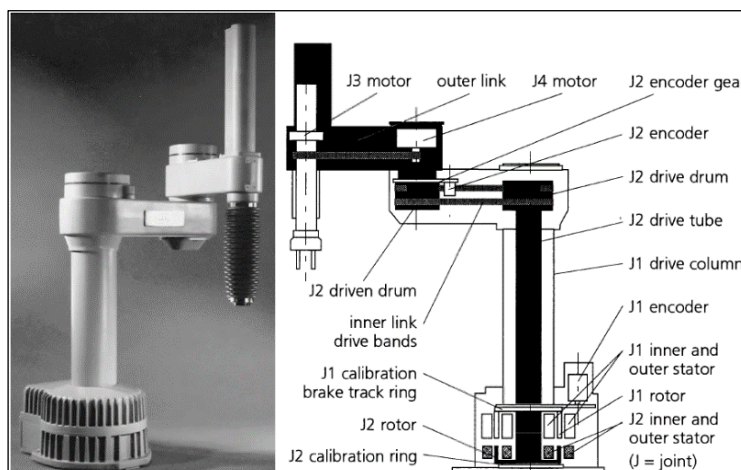
Figura 1.2 - Robô cilíndrico(a) e polar(b)



Fonte: Carrara, 2009

SCARA: é um modelo pertencente a classe do robô cilíndrico, possui duas juntas que rotacionam paralelamente. Tem como principais funções a sua velocidade na movimentação e seu tempo de ciclo são curtos, facilitando nas tarefas de montagem, conforme ilustra a Figura 1.3.

Figura 1.3 - Robô SCARA e seus mecanismos de movimentação.



Fonte: Nof, 1999

Modular: não se aplica em robôs tradicionais, é implementado em sistemas de módulos, podendo serem remontados em outras aplicações. Tem um controle dedicado de cada motor, operando na configuração para um sistema de movimentação própria, conforme ilustra a Figura 1.4.

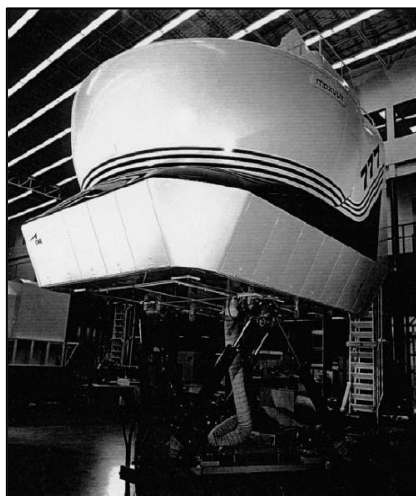
Figura 1.4 - Robô modular



Fonte: Nof, 1999

Paralelo: tem o formato de um triângulo, seu design é simples, porém são utilizados em operações como usinagem, rebarbação e junção de peças, áreas onde é necessária grande aplicação de forças para a execução das operações, conforme ilustra a Figura 1.5.

Figura 1.5 - Braço robótico do tipo paralelo utilizado em simulador de voo



Fonte: Angeles, 2002

1.3 Controlador Lógico Programável

Franchi e Camargo (2009) relatam que o controlador lógico programável (CLP) é um computador usado em automatização de processos, normalmente, apresenta as mesmas características de um computador convencional. Diferencia-se na manutenção, robustez e possibilidade de programação através de diversos tipos de linguagens dependendo do fabricante.

Eles foram utilizados para substituir painéis relés no controle de máquinas. Assim, houve grande sucesso comercial em processos de manufatura contribuindo para o avanço tecnológico na automação de equipamentos. Os controladores lógicos programáveis têm um vasto campo de instalações onde são necessários aos processos de manobra, controle de supervisão, sendo ideais em processos industriais, tais como: Indústrias de plásticos, petroquímicas, metalúrgicas, indústrias alimentícias e máquinas de embalagem.

Franchi e Camargo (2009) descrevem o ato de programar um CLP como o fornecimento de uma série de instruções de forma que ele execute automaticamente as decisões de controle de acordo com os estados atuais de entradas e saídas do processo. O programa é efetuado por um programador que tem a função de planejar e codificar as instruções através de linguagens de programação, que são reconhecidas pelo sistema operacional CLP.

Alguns tipos de linguagens de programação são destacados por Franchi e Camargo (2009) tais como: diagrama de blocos de funções, cujo os elementos são expressados por blocos semelhantes aos utilizados em eletrônica digital; Linguagem Ladder, baseada na lógica dos relés e contatos, é a mais difundida por ser a primeira a ser utilizada, é baseada na lógica dos relés, e texto estruturado, que é uma linguagem textual de alto nível que contém todos os elementos essenciais de uma linguagem de programação moderna.

Altus Sistemas de Automação (2022) descreve os dados técnicos do modelo CLP Altus NX3005 que são:

- fonte de alimentação integrada de 15W;
- suporte a expansão de barramento para até 04 bastidores;
- suporte a páginas Web de usuário;
- 01 Porta Ethernet;
- 01 Canal serial.

A Figura 1.6 ilustra um modelo do CLP Altus NX3005.

Figura 1.6 - CLP NX3005



Fonte: Altus automação CLP, 2022

1.4 Redes Industriais

César (2018) aponta que as redes industriais são formas de automação industrial que consiste em protocolos de comunicação usados para gerenciar processos. O desenvolvimento industrial está atrelado ao mecanismo de conexão entre dados.

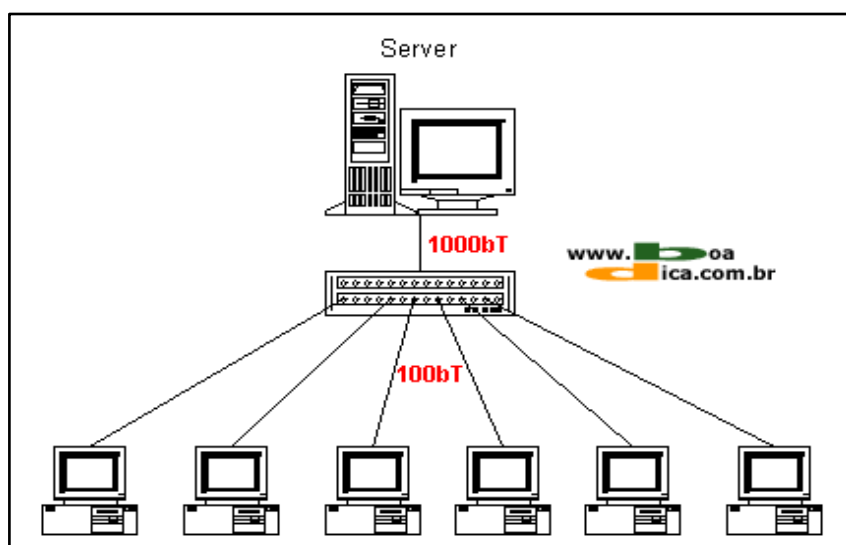
Nicolau (2003) enfatiza que o compartilhamento de dados e o envio de informação por rede Ethernet é feita por meio de conexão de cabos compartilhados

por uma mesma rede ou servidor. Tem como vantagem que a rede pode ser expandida sem fazer modificações dos aparelhos e dispositivos antigos.

Se a ideia for fazer uma rede de computadores que enviam e recebem informações em uma nuvem de dados, para configurar a rede e usar o protocolo, basta interligar todos os dispositivos compartilhando de maneira simples e rápida os dados entre si.

Entretanto, uma limitação deste meio é a distância. Os sinais da rede enviam informações com alta transmissão de dados, todavia, se o cabo for muito extenso essa comunicação pode ficar mais lenta. Um ponto positivo é utilizar a porta RJ-45 como meio físico, sendo um conector acessível no mercado. A Figura 1.7 ilustra uma aplicação da rede Ethernet.

Figura 1.7 - Comunicação Ethernet Simplificada



Fonte: <https://www.boadica.com.br>, 2021

1.5 Sensores e instrumentação

Thomazini e Albuquerque (2019) destacam que sensores são equipamentos sensíveis a energias naturais que podem ter fonte luminosa, cinética ou térmica. Eles

medem grandezas físicas como: temperatura, pressão, velocidade, corrente e posição.

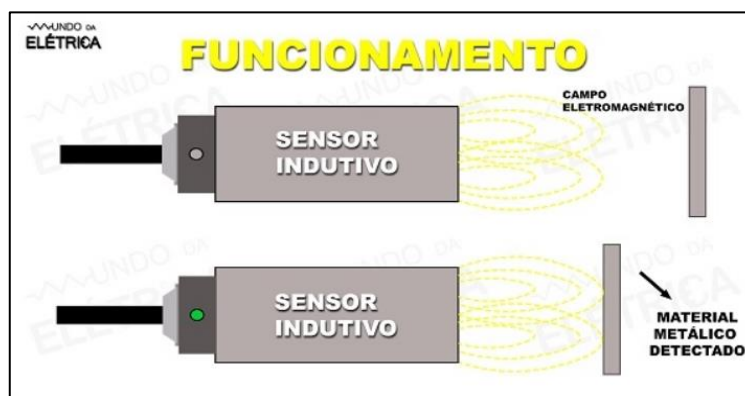
Ao longo do processo de industrialização surgiram necessidades de medir e conhecer diversas grandezas físicas. Quanto mais tecnologias desenvolvidas e competitivas mais complexas e rigorosas se tornam os processos industriais. Por isso, a instrumentação é uma área que está sempre se desenvolvendo e cada vez mais utilizada, principalmente com a massificação de processos automatizados.

Na maioria dos processos automatizados é necessária realimentação do processo para que o dispositivo de controle conheça a saída do sistema e possa tomar as providências necessárias. É justamente a instrumentação que viabiliza esse processo de realimentação.

Thomazini e Albuquerque (2019) destacam os sensores:

Indutivo: emitem o sinal que detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético convertendo em um sinal elétrico inteligível. As características desse sensor são: Atuam por aproximação sem contato físico, são imunes a vibrações e choques mecânicos, funcionam com alta velocidade de comutação e não necessita de energia mecânica para atuar. A Figura 1.8 ilustra seu funcionamento.

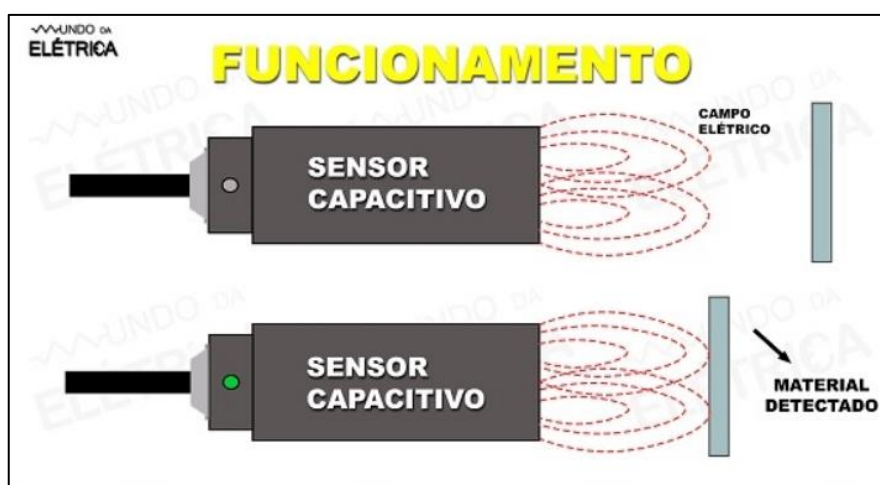
Figura 1.8 - Funcionamento do sensor indutivo



Fonte: www.mundodaeletrica.com.br, 2022

Capacitivo: operam gerando um campo eletroestático que detecta alterações no campo, quando algo se aproxima da face ativa do sensor. Quando não há algo para mudar o campo gerado pelo sensor, a capacitância do circuito se manter original, porém quando algum objeto é identificado, a capacitância do circuito é modificada, alterando o oscilador interno e assim a saída, comutando o estado. A Figura 1.9 ilustra seu funcionamento.

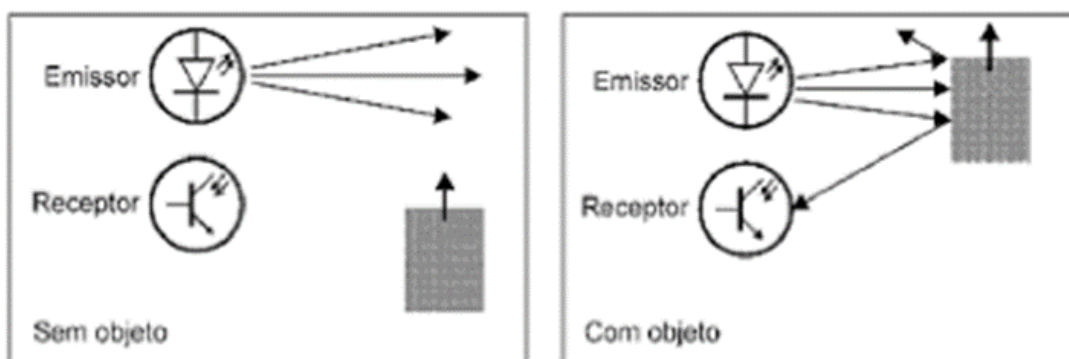
Figura 1.9 - Funcionamento do sensor capacitivo



Fonte: www.mundodaeletrica.com.br, 2022

Óptico por reflexão difusa: possui o emissor e receptor montados no mesmo dispositivo, a luz é emitida criando assim uma região ativa, assim a luz ao chegar no objeto reflete de forma difusa, de volta ao receptor ativando o sensor, a Figura 1.10 ilustra seu funcionamento.

Figura 1.10 - Funcionamento do sensor óptico



Fonte: Thomazini e Albuquerque, 2019

1.6 Sistemas Supervisórios

Castrucci e Moraes (2010) relatam que o supervisório são sistemas de âmbito digital, no qual se é possível monitorar e operar variáveis de um processo, sendo o sistema alocado na planta da operação. As variáveis do processo se armazenam em bancos de dados próprios no ambiente ou em bancos de dados remotos.

Os sistemas que são denominados como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition* - controle supervisório e aquisição de dados) são os mais comuns no meio industrial, sendo utilizados no controle e supervisão, fazendo a aquisição de dados durante o processo. Por ser de fácil interface e baixo custo possuem grande aceitação, tendo como esses seus pontos fortes, esses sistemas possuem eventos, alarmes e relatórios que podem ser definidos pelo programador. A Figura 1.11 ilustra uma operação de um sistema de supervisório.

Figura 1.11 - Operação de um sistema supervisório



Fonte: www.engprocess.com.br/sistema-scada/, 2018

Elipse (2015) define que o software E3 Studio é uma ferramenta única para a configuração e desenvolvimento do sistema, possui um ambiente com uma interface moderna

e intuitiva ao usuário, inclui em uma só ferramenta a configuração da comunicação até editores para scripts e gráficos voltado a criação de telas para operação, o seus pontos fortes são, se encontra no fácil uso no trabalho em equipe, permitindo que o mesmo aplicativo seja editado por vários usuários de forma simultânea; a comunicação com sensores, CLPs, inversores de frequência; criação de displays virtuais; emissão de gráficos e relatórios, criação de alarmes e eventos, e geração de bancos de dados. A Figura 1.12 ilustra os passos do processo.

Figura 1.12 - Layout E3 Studio



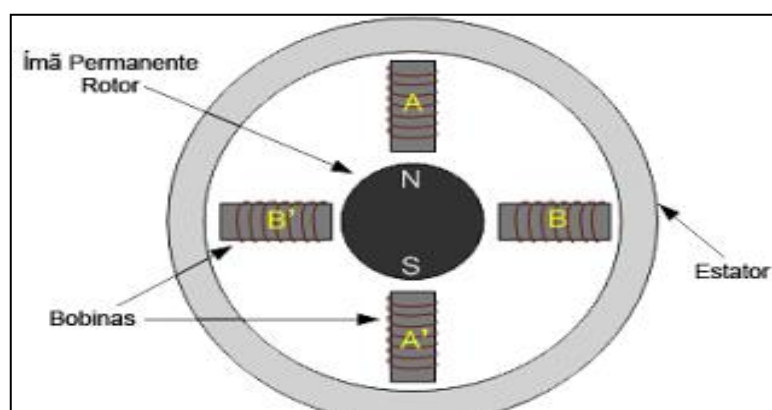
Fonte: Autoria própria, 2022

1.7 Motores

Segundo Sales (2022) motor elétrico é um dispositivo construído para a para a conversão de energia elétrica em mecânica, sendo então utilizado por uma gama enorme de equipamentos. Tem seus princípios baseados nas leis do eletromagnetismo, de forma resumida seu movimento deriva de uma repulsão dos eletroímãs presentes em sua construção, fazendo o rotor girar, para a definição dos motores elétricos associa-se a partir de duas correntes sendo: Motor de corrente alternada (CA) e motor de corrente contínua (CC).

Dentre os mais comuns motores a serem utilizados, Coelho (2020) destaca que o motor de passo tem como sua principal característica a alta precisão de obtenção da posição do rotor, possuindo diversos modelos diferenciados pela quantidade de passos, variando de 3 até 72 passos. Pode-se dizer que, quanto maior a quantidade de passos, maior sua precisão. A Figura 1.13 ilustra o funcionamento de um motor de passo.

Figura 1.13 - Funcionamento do motor de passo



Fonte: <https://blog.fazedores.com/serie-motores-introducao-ao-motor-de-passo>

Cravo (2021) cita que devido a sua eficiência os motores de passo se fazem viáveis, sendo o principal fator seu elevado grau de precisão, tendo também como pontos fortes a acessibilidade e utilização, sendo um equipamento de fácil operação.

Entretanto, a geração de ruídos provenientes de outros equipamentos, como inversores de frequência podem gerar falhas em seu funcionamento, portanto é necessário escolher motores que possuem filtros eletrônicos para evitar essa falha.

1.8 Engenharia reversa

Ao iniciarmos o estudo do projeto com engenharia reversa, fazendo o levantamento de todos os pontos de entradas e saídas da estação mecatrônica, sendo este o primeiro passo para entender o funcionamento completo da estação mecatrônica de armazenamento e reposição.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo são abordados os métodos, técnicas, procedimentos e fases do desenvolvimento. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da FATEC São Bernardo do Campo e nas residências dos integrantes do grupo.

Severino (2016) destaca que a preparação metódica e planejada de um trabalho científico supõe uma sequência de etapas que compreende: determinação do tema e justificativa; levantamento da bibliografia que trata o tema proposto; leitura e estudo da bibliografia selecionada; construção lógica do trabalho e redação de texto.

A construção lógica do trabalho tem como base o conhecimento adquirido com as pesquisas bibliográficas sobre o tema proposto. A redação do texto segue as normas da ABNT que está ancorado no Manual de TCC da Fatec São Bernardo do Campo (2017). A escrita está centrada em uma linguagem simples, clara e concisa, ou seja, em uma linguagem adequada ao estilo exigido em um trabalho científico desse porte.

2.1 Tema-problema e justificativa

O presente trabalho intitulado Armazenamento Cartesiano do Setor Automotivo visa o desenvolvimento e construção de um equipamento capaz de armazenar de forma organizada e automatizada veículos já finalizados ou em processo de produção, visando segurança no armazenamento e manipulação dos veículos de forma precisa.

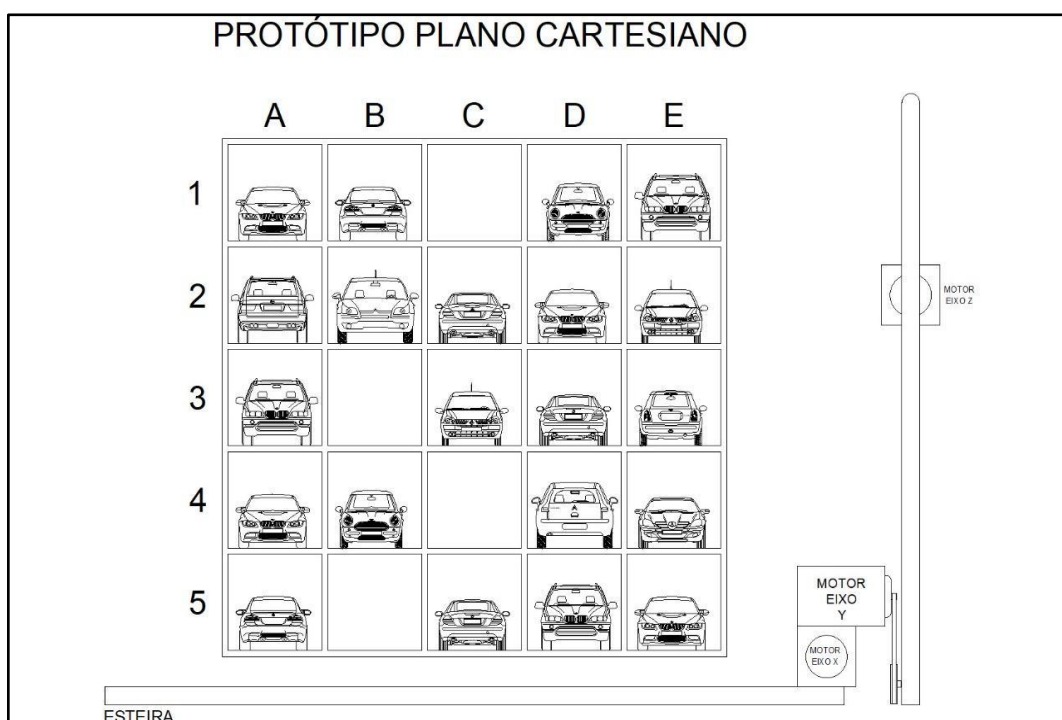
Com ele pode-se utilizar o espaço volumétrico de forma eficiente, aumentando a produtividade devido ao equipamento a realizar as manobras do veículo ou sua carroceria, o melhor controle de armazenamento e sua conseqüente produção, agregando também uma melhor qualificação dos profissionais responsáveis pelo setor logístico.

2.2 Descrição do projeto

A ideia do projeto é a produção de uma versão em escala reduzida do sistema baseado no DEPOVERT, presente na planta fabril da Volkswagen unidade Anchieta e no Autostad presente em Wolfsburg também pertencente a marca, consistindo na fabricação de uma estrutura vertical e entre os motores de corrente contínua que tracionam as correias para realizar movimentos transversais e longitudinais em uma talha acoplada na intersecção desses cabos, responsável pela movimentação dos motores nos eixos X e Y, realizando a movimentação dos motores baseado no funcionamento de um robô cartesiano.

O controle dos motores é realizado por meio de um sistema lógico e aritmético aplicado para ambiente industrial. Neste caso o CLP, sendo usado para a comunicação e supervisão do sistema OPC, a partir de um software de sistema supervisório. Assim, o operador pode visualizar as variáveis e, se necessário, iniciar o controle de forma manual. Para melhor visualização do projeto é apresentado na Figura 2.1 um croqui da estrutura.

Figura 2.1 - Croqui do projeto



Fonte: Autoria própria, 2022

2.3 Cronograma das etapas

A seguir é apresentado o planejamento para execução de todas as atividades pertinentes ao desenvolvimento e construção do projeto (5º e 6º semestres), conforme ilustra a Figura 2.2.

Figura 2.2 - Cronograma de trabalho em 2022

ATIVIDADES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	
Definição do grupo e estudo do tema	Programada	Realizada										
Escolha do orientador		Programada										
Definição do tema do projeto		Programada	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	
Levantamento bibliográfico			Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	
Desenvolvimento da monografia			Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	
Apresentação para a banca examinadora						Programada					Programada	
Seleção de material para o protótipo						Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	
Construção do projeto							Programada	Programada	Programada	Programada	Programada	
Análises Testes do protótipo								Programada	Programada	Programada	Programada	
LEGENDA	Programada	Programada					Realizada	Realizada				

Fonte: Autoria própria, 2022

2.4 Etapas de desenvolvimento do projeto

Após a definição do tema e sua respectiva justificativa, são detalhadas as etapas do projeto:

Primeira etapa: escolha do orientador para auxiliar no desenvolvimento do projeto e apresentação do tema proposto para validação;

Segunda etapa: levantamento bibliográfico em livros, revistas técnicas, materiais didáticos e sites especializados, bem como pesquisa de mercado sobre os equipamentos já existentes;

Terceira etapa: estudo e seleção do material pertinente ao tema proposto para a elaboração da fundamentação teórica;

Quarta etapa: levantamento dos equipamentos e materiais necessários para a construção, consultas as lojas especializadas,

Quinta etapa: realização da engenharia reversa da Estação Mecatrônica, realizando a integração da mesma e implantar o sistema supervisorio.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesse capítulo são apresentadas as seguintes etapas de desenvolvimento do projeto:

- Apresentação do princípio de funcionamento do projeto;
- Engenharia reversa, comissionamento e parametrizações;
- Programação do CLP em linguagem LADDER;
- Desenvolvimento do Supervisório;
- Integração dos componentes do projeto;
- Testes finais e resultados;

3.1 Princípio de funcionamento do projeto

O projeto é desenvolvido com base em um problema observado pelos autores dentro de suas atividades práticas profissionais no setor industrial, onde em sistemas de produção, o acúmulo e desorganização se tornam decorrentes devido à falta de armazenamento correto e organizado. Para demonstrar tal situação, esse trabalho busca ambientar o leitor (que também pode ser usuário), em uma empresa que produz componentes automotivos.

Por intermédio de uma interface de supervisório, o funcionário acessa o sistema que tem acesso aos itens em questão como quantidade, material, cor, e a posição que está disposta em um sistema vertical endereçado. Assim, pode ser selecionado para sequência de montagem ou entrega para expedição do produto já finalizado por meio de manipuladores e esteiras.

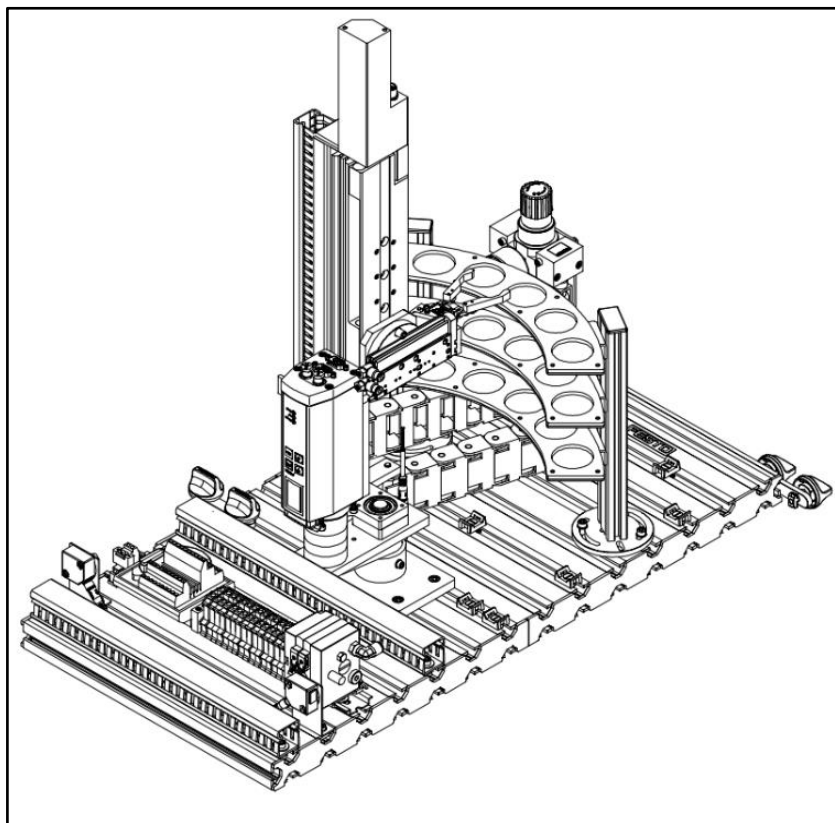
Ao término do dia, o funcionário tem a opção de selecionar o modo de organização, assim por meio de uma receita, o mesmo pode devolver para uma ordem em que todos os materiais se mantenham na mesma coluna ou linha. Esse pode seguir um padrão de cores ou tamanho da peça, gerando um relatório minimizando possíveis erros em sua alocação.

Por meio do relatório que pode ser obtido ao final do expediente, o supervisor ou gestor tem acesso a um banco de dados contendo os números detalhados de alterações no estoque, podendo identificar as variáveis influentes para a gestão, rendendo uma maior eficácia na produção.

3.2 Desenvolvimento do projeto

Após apresentação da ideia do projeto à banca avaliadora de TCC no 5º semestre, sugeriu-se a utilização da estação 8 do laboratório nas dependências da FATEC SBC, pois a proposta do projeto e a utilização da estação convergem para o mesmo fim, sendo desnecessário o desenvolvimento de um protótipo mecânico uma vez que a estação cumpre esse papel. A Figura 3.1 ilustra a estação mecatrônica de armazenamento e reposição, sendo a principal figura do projeto.

Figura 3.1 – Estação Mecatrônica de Armazenamento e Reposição



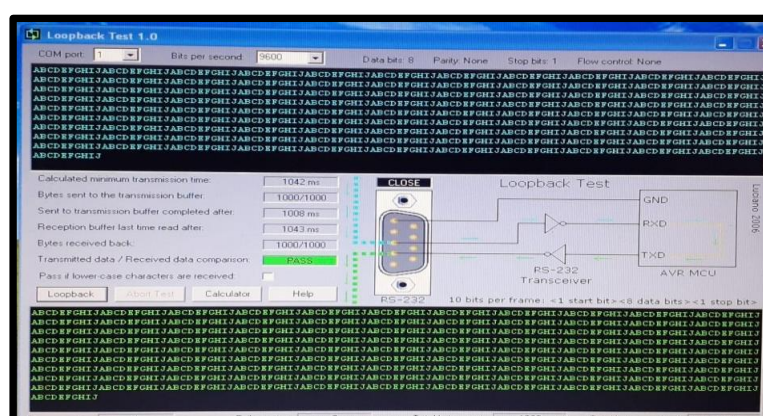
Fonte: FESTO, 2022

Inicia-se o projeto com análise documental da estação mecatrônica, onde é encontrado em alemão e inglês, pós análise da documentação, energizamos a estação para o comissionamento manual e verificação dos acionamentos dos motores, sensores e sistema pneumático. Após o comissionamento, vimos que o software de parametrização dos servomotores só inicializava em máquinas com sistema operacional 32bits, então, fez-se a cópia do software e posteriormente em notebook, é criado uma máquina virtual (Virtual Box) que possibilita fazer a instalação do Windows XP 32bits.

Nessa máquina virtual é instalado o software “Festo Configuration Tools”, após a instalação do software, houve a necessidade de aquisição de um cabo de comunicação (USB – RS232), o qual estabelece a comunicação física do notebook com os servomotores individualmente. Não foi possível estabelecer esta conexão com a estação mecatrônica, vê-se que a comunicação serial RS232 com os servomotores, ao tentarmos via software “Festo” acusava erro de comunicação.

Pensando em isolar o problema e identificar a solução, é instalado um software de teste serial - Loopback, em seguida faz-se um circuito num conector DB9 fêmea, com um “curto” entre “RX” e “TX” e um led ligado ao Terra via resistor de 220R, fazendo a indicação luminosa quando se estabelecia a comunicação “RX” “TX”., conforme ilustra a figura 3.2.

Figura 3.2 - Software de comunicação Loopback

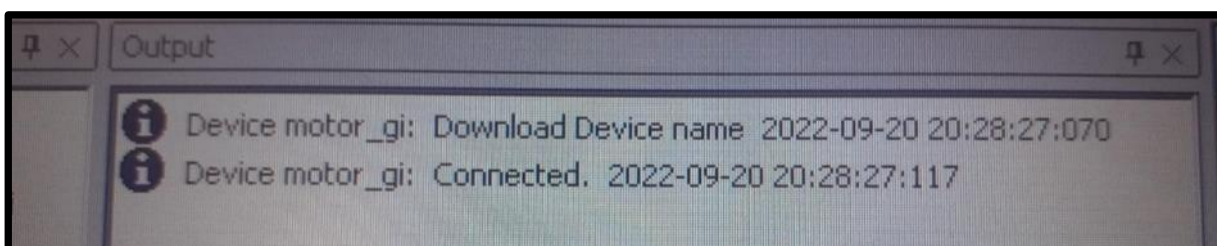


Fonte: Teste serial, 2022

*Festo Configuration Tools : Software de parametrização dos servomotores

Após feito este conector e o software de Loopback instalado, consegue-se ter a certeza que a porta serial COM1 do gerenciador de dispositivos do Notebook é a mesma que indicava para uso na máquina virtual e consegue-se estabelecer a comunicação com os dois servomotores da estação mecatrônica. A Figura 3.3 ilustra a comunicação estabelecida.

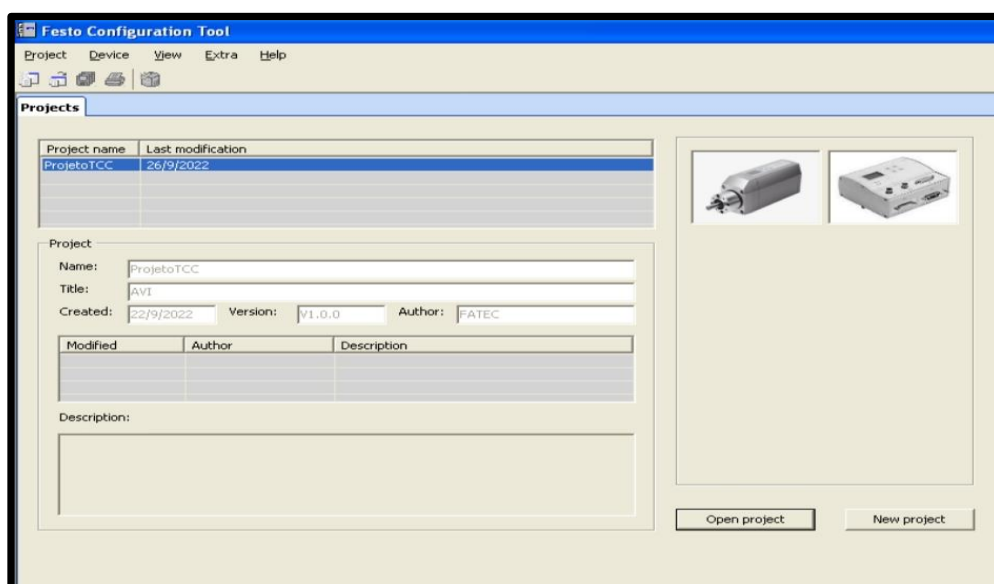
Figura 3.3 - Comunicação estabelecida



Fonte: Autoria própria, 2022

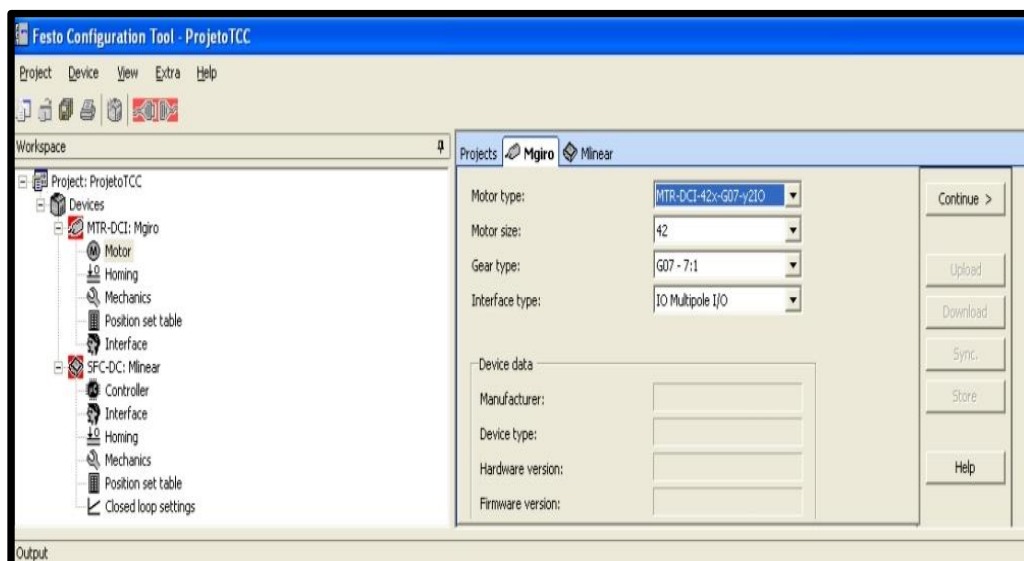
Com a comunicação estabelecida, o próximo passo é a parametrização dos servomotores conforme a documentação da bancada e realizar a configuração de posicionamento e, então, iniciar o desenvolvimento da programação em Ladder no Software FST4 da FESTO somente depois de realizar o levantamento das entradas e saídas da estação. As Figuras 3.4; 3.5 e 3.6, ilustram os passos para parametrização dos servomotores.

Figura 3.4 – Passos para parametrização dos servomotores



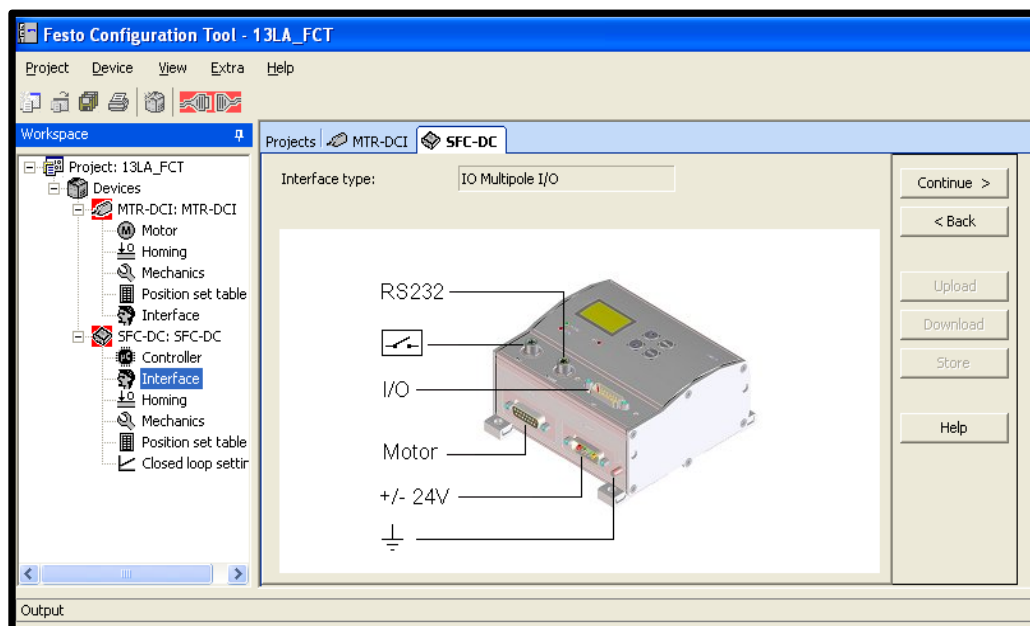
Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 3.5 – Passos para parametrização dos servomotores



Fonte: Autoria própria, 2022

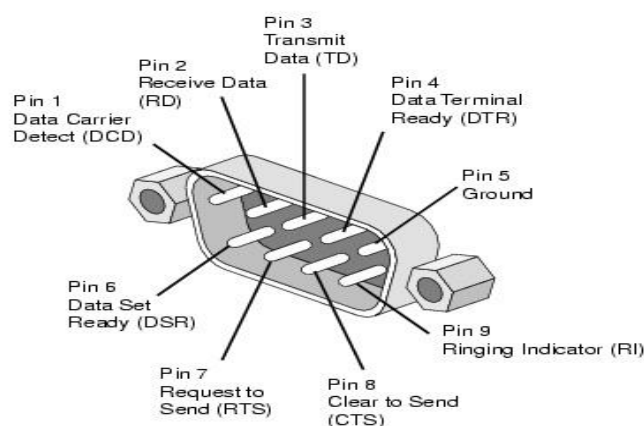
Figura 3.6 – Passos para parametrização dos servomotores



Fonte: Autoria própria, 2022

Foi estabelecido a comunicação com o outro motor: eixo vertical (SFC-DC), após a substituição do cabo serial USB - RS232, com a configuração completa dos pinos de comunicação. A Figura 3.7 indica os pinos utilizados no conector serial DB9 macho.

Figura 3.7 – Pinagem cabo serial DB9



Fonte: Eletronic Team, Inc, 2022

Ficou estabelecido a comunicação com os 2 servomotores (MTR-DCI - eixo horizontal) e (SFC-DC - eixo vertical) sendo possível a parametrização via software FCT (Festo Configuration Tools).

Conforme, manual da Estação de Armazenamento - Reposição (LAGERN), um programa “default” foi instalado, com a parametrização dos 2 servomotores: 13LA_FCT.zip

O Programa *Festo Configuration Tools*, já descompacta esse arquivo, porém ao tentar “dearchive” descompactar, o programa acusava erro, foram feitas várias tentativas sem sucesso de descompactar esse arquivo.

O meio utilizado para conseguir a descompactação foi criar um projeto, compactar esse projeto e investigar qual o caminho que esse projeto faz na descompactação e foi verificado que o projeto fica salvo da seguinte maneira na pasta “archive” na raiz do programa: TESTE.V1.0.0, dessa forma voltando ao arquivo

“default” que precisa ser descompactado, o mesmo estava salvo como: 13LA_FCT_V1_0_0, quando foi feito a renomeação desse arquivo para: 13LA_FCT.V1.0.0 e salvo na pasta “archive” da raiz do programa, consegue-se descompactar o arquivo e carregar na parametrização do servomotores.

Estabelecido a comunicação com os servomotores e iniciado o levantamento de entradas e saídas fazendo um levantamento detalhado com identificação de variáveis no esquema elétrico e programação baseada na documentação da bancada.

A tabela 1 abaixo ilustra as entradas.

Tabela 1 - Entradas

INPUTS	TAGs	DESCRIÇÃO
I0.0	_1B1	Braço da garra retraído
I0.1	_1B2	Braço da garra estendido
I0.2	_2B1	Sensor de cor: vermelho
I0.3	_2B2	Sensor de cor: preto
I0.4	_2B3	Sensor de cor: prata
I0.5	_MC_LA	Movimento completo eixo-vertical
I0.6	_MC_RA	Movimento completo eixo-horizontal
I1.0	S1	Botão Início - START
I1.1	S2	Botão Parada - STOP (Normalmente fechado)
I1.2	S3	Interruptor (Automático - Manual)
I1.3	S4	Botão de reset
I1.5	Em_Stop	Parada de emergência desbloqueada

Fonte: Autoria própria, 2022

A tabela 2 abaixo ilustra as saídas.

Tabela 2 - Saídas

OUTPUTS	TAGs	DESCRIÇÃO
O0.0	_1M1	Estende braço da garra
O0.1	_2M1	Fecha garra
O0.2	_BIT0	Controlador de posição: bit 0
O0.3	_BIT1	Controlador de posição: bit 1
O0.4	_BIT2	Controlador de posição: bit 2
O0.5	_Start_LA	Sinal de partida - eixo-vertical (linear)
O0.6	_Start_RA	Sinal de partida - eixo-horizontal (rotary)
O0.7	IP_N_FO	Estação ocupada
O1.0	_P1	Luz indicadora de partida
O1.1	_P2	Luz indicadora de reset
O1.2	_P3	Luz indicadora de armazenamento cheio
OW0	OWStat	Outputword Station
OW1	OWPan	Outputword Station

Fonte: Autoria própria, 2022

A tabela 3 abaixo ilustra as flags.

Tabela 3 - Flags

FLAGS e Demais	TAGs	DESCRIÇÃO
F20.0	F_Start	Iniciar flag
F20.1	Init_Pos	Posição Inicial Estação Armazenamento
F20.2	Reset_OK	Reset finalizado
F20.3	CycleEnd	Fim de ciclo
F20.4	Init_Bit	Bit de Inicialização
F20.5	Preached	Posição alcançada
F20.6	StrtPosD	Iniciar posicionamento do eixo D
F20.7	StrtPosL	Iniciar posicionamento do eixo L
F20.8	P_Edge	Borda positiva
F30.0	PosDBit0	Posição do eixo horizontal (bit 0)
F30.1	PosDBit1	Posição do eixo horizontal (bit 1)
F30.2	PosDBit2	Posição do eixo horizontal (bit 2)
F31.0	PosLBit0	Posição do eixo vertical (bit 0)
F31.1	PosLBit1	Posição do eixo vertical (bit 1)
F31.2	PosLBit2	Posição do eixo vertical (bit 2)
FW20	Var1	Var1
FW30	PosD	Posição do eixo horizontal (rotary)
FW31	PosL	Posição do eixo vertical (linear)
FW32	Psilver	Posição das peças (cor prata)
FW33	Pblack	Posição das peças (cor preto)
FW34	Pred	Posição das peças (cor vermelho)
FW35	ColTyp	Tipo de cor
P1	Não usado
P2	Não usado
T0	T_Blink1	Pisca temporizador 1
T1	T_Blink2	Pisca temporizador 2
T2	Não usado
T3	Não usado

Fonte: Autoria própria, 2022

*Flag: é uma marca de fim dos dados de entrada (não é um dado de entrada) e não pode ser processado.

As tabelas abaixo, representam o modo como é determinado as posições de rotação do eixo horizontal (MTR-DCI) e as posições de altura do eixo vertical (SFC-DC).

O comando pelo CLP dos servomotores é feito por uma "WORD", são 2 bytes, sendo 1 byte de controle para cada servomotor, portanto são 16 bits, sendo os primeiros 8 bits (0 à 7) para o controle do servomotor vertical (SFC-DC) e os demais 8 bits (8 à 15) para o controle do servomotor horizontal (MTR-DCI).

Posição 8 - representada pelos bits (0 0 0)

Posição 9 - representada pelos bits (0 0 1)

Posição 10 - representada pelos bits (0 1 0)

Posição 11 - representada pelos bits (0 1 1)

Posição 12 - representada pelos bits (1 0 0)

Posição 13 - representada pelos bits (0 0 1)

Posição 14 - representada pelos bits (1 1 0)

Posição 15 - representada pelos bits (1 1 1)

A Figura abaixo ilustra como são definidas as posições de rotação.

Figura 3.8 - Tabela de definição de posição MTR-DCI (rotação) eixo horizontal.

Position set table rotary axis MTR-DCI									
Position set (E4...E1)	PLC Byte (E3...E1)	E4(2 ³)/ 24 V (XK4)	E3(2 ²)/ OUT 2 (XMA2)	E2(2 ¹)/ OUT 1 (XMA2)	E1(2 ⁰)/ OUT 0 (XMA2)	Mode (A/R)	Position [in °]	v [in °/s]	Comment
8	0	1	0	0	0	A	- 33,5	30	rotary position A, rack position 1
9	1	1	0	0	1	A	- 49,5	30	rotary position B, rack position 2
10	2	1	0	1	0	A	- 65,5	30	rotary position C, rack position 3
11	3	1	0	1	1	A	- 81,5	30	rotary position D, rack position 4
12	4	1	1	0	0	A	- 97,5	30	rotary position E, rack position 5
13	5	1	1	0	1	A	- 113,5	30	rotary position F, rack position 6
14	6	1	1	1	0	A	- 136,0	30	rotary position G, Holder module position
15	7	1	1	1	1	A	-16,6	30	rotary position H, pick-up point, reference point rotary axis

Fonte: FESTO, 2022

Posição 0 - representada pelos bits (0 0 0)

Posição 1 - representada pelos bits (0 0 1)

Posição 2 - representada pelos bits (0 1 0)

Posição 3 - representada pelos bits (0 1 1)

Posição 4 - representada pelos bits (1 0 0)

Posição 5 - representada pelos bits (0 0 1)

Posição 6 - representada pelos bits (1 1 0)

Posição 7 - representada pelos bits (1 1 1)

A Figura abaixo ilustra como são definidas as posições de altura.

Figura 3.9 - Tabela de definição de posição SFC-DC (linear) eixo vertical.

Position set table Z-axis SFC-DC										
Position set (E5...E1)	PLC Byte (E3...E1)	E5(2 ⁶)/0 V (XK4)	E4(2 ⁵)/0 V (XK4)	E3(2 ⁴)/OUT 2 (XMA2)	E2(2 ³)/OUT 1 (XMA2)	E1(2 ²)/OUT 0 (XMA2)	Mode (A/R)	Position [in mm]	v [in mm/s]	Comment
0	0	0	0	0	0	0	A	0,00	10,0	Height 0, reference point Z-axis
1	1	0	0	0	0	1	A	0,00	15,0	Height 1/driving rack level 1
2	2	0	0	0	1	0	A	20,00	15,0	Height 2/storing rack level 1
3	3	0	0	0	1	1	A	63,00	15,0	Height 3/driving rack level 2
4	4	0	0	1	0	0	A	85,00	15,0	Height 4/storing rack level 2
5	5	0	0	1	0	1	A	133,00	15,0	Height 5/measuring colour identification
6	6	0	0	1	1	0	A	126,00	15,0	Height 6/driving rack level 3
7	7	0	0	1	1	1	A	150,00	15,0	Height 7/holder module, pick-up point, storing at rack level 3

Fonte: FESTO, 2022

*Word: representa 2 bytes, ou 16 bits e significa representar 65536 informações numéricas de 0 à 65535.

As telas abaixo são do programa “default” da FESTO feito em lista de instruções, obtidos no CD-ROM da estação mecatrônica de armazenamento e reposição.

Figura 3.10 - Tela “MAIN PROG”: Linguagem - lista de instruções

```

IF      N      Em_Stop      'Emergency stop unlocked
OR
THEN    CMP 0      FI      'Emergency program

IF      N      NOP      'Emergency Blink
THEN    CMP 2

IF      N      S2      'Stop button (normally closed)
THEN    CMP 1      'Stop program

IF      N      S1      'Start button
AND      Init_Pos      'Stock station in initial pos
THEN    SET      F_Start      'Start flag

IF      (      CycleEnd      'Cycle end
AND      S3      'Automatic-manual switch
OR      N      Em_Stop      'Emergency stop unlocked
THEN    RESET      F_Start      'Start flag

IF      N      P1
THEN    SET      P1

IF      N      P2
THEN    SET      P2

IF      N      S2      'Stop button (normally closed)
OR      N      Em_Stop      'Emergency stop unlocked
THEN    RESET      P1

IF      N      FI
THEN    LOAD      VO
TO      OUSStat      'Outputword station
  
```

Fonte: FESTO, 2022

- Telas de sequência do programa.

Figura 3.11 - Passo S1 ao S4

```

STEP S1
IF      AND      N      Em_Stop      'Emergency stop unlocked
AND      Reset_OK      'Reset finished
THEN    JMP TO S26

IF      Reset_OK      'Reset finished
THEN    NOP

STEP S2
IF      N      NOP      'Cycle end
THEN    RESET      CycleEnd      'Start flag
IF      F_Start
THEN    JMP TO S4

IF      N      F_Start      'Start flag
THEN    JMP TO S3

STEP S3
IF      N      NOP
THEN    SET      _P1      'Start indicator light

IF      F_Start      'Start flag
THEN    RESET      _P1      'Start indicator light

STEP S4
IF      N      NOP
THEN    RESET      IP_H_FO      'Station occupied

IF      _2B1      'colour sensor: red workpiece
OR      _2B2      'colour sensor: black workpiece
OR      _2B3      'colour sensor: silver workpiece
THEN    NOP
  
```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.12 - Passo S5 ao S7

```

FST - 13LAIFEC (Station Lagern / Storing station) - FEC Standard - [Program 1 (V1) - sequence program]
Project Edit View Insert Program Online Extras Window Help
OR      _2B3      'colour sensor: silver workpiece
THEN    NOP

STEP S5
IF      NOP
THEN   SET      T3
      WITH      3s

STEP
IF      N      T3
THEN   NOP

STEP S6
IF      NOP
THEN   SET      IP_N_FO      'Station occupied

IF      N      _2B1      'colour sensor: red workpiece
      AND      N      _2B2      'colour sensor: black workpiece
      AND      N      _2B3      'colour sensor: silver workpiece
THEN   JMP TO S4

IF      _2B1      'colour sensor: red workpiece
      OR      _2B2      'colour sensor: black workpiece
      OR      _2B3      'colour sensor: silver workpiece
THEN   NOP

STEP S7
IF      _2B1      'colour sensor: red workpiece
THEN   JMP TO S33

IF      _2B2      'colour sensor: black workpiece
THEN   JMP TO S32

IF      _2B3      'colour sensor: silver workpiece
THEN   JMP TO S31

For Help, press F1
Line 1 of 380      NUM      INS
Iniciar      FST - 13LAIFEC (Stab...      PT      09:55

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.13 - Passo S8; S33; S32

```

FST - 13LAIFEC (Station Lagern / Storing station) - FEC Standard - [Program 1 (V1) - sequence program]
Project Edit View Insert Program Online Extras Window Help
THEN    NOP

STEP S7
IF      _2B1      'colour sensor: red workpiece
THEN   JMP TO S33

IF      _2B2      'colour sensor: black workpiece
THEN   JMP TO S32

IF      _2B3      'colour sensor: silver workpiece
THEN   JMP TO S8

STEP S33
IF      NOP
THEN   LOAD      V1
      TO      ColTyp      'Colour Typ
      JMP TO S9

STEP S32
IF      NOP
THEN   LOAD      V2
      TO      ColTyp      'Colour Typ
      JMP TO S9

STEP S8
IF      NOP
THEN   LOAD      V3
      TO      ColTyp      'Colour Typ
      JMP TO S9

STEP S9
IF      NOP
THEN   LOAD      V7
      TO      Pos1      'Position linear axis

For Help, press F1
Line 1 of 380      NUM      INS
Iniciar      FST - 13LAIFEC (Stab...      PT      09:56

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.14 - Passo S9 ao S10

```

FST - 13LAIFEC (Station Lagern / Storing station) - FEC Standard - [Program 1 (V1) - sequence program]
Project Edit View Insert Program Online Extras Window Help
100%
STEP S9
IF
THEN LOAD      NOP
      TO        V7
      TO        PosL      'Position Linear axis
LOAD      V6
      TO        PosD      'Position Rotary axis
SET       StrtPosD      'Start positioning axis D
SET       StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP
IF
THEN RESET    PReached      'Position reached
      RESET    StrtPosD      'Start positioning axis D
      RESET    StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP S10
IF
THEN RESET    Init_Pos      'Stock station in initial pos
SET          _2M1          'close gripper
SET          T3
      WITH      Is

STEP
IF
THEN N       T3
      NOP

STEP S11
IF
THEN LOAD      NOP
      TO        V5
      TO        PosL      'Position Linear axis
LOAD      V6
      TO        PosD      'Position Rotary axis
SET       StrtPosD      'Start positioning axis D
SET       StrtPosL      'Start positioning axis L

```

For Help, press F1 Line 1 of 380 NUM INS PT 09:56

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.15 - Passo S11 ao S12

```

FST - 13LAIFEC (Station Lagern / Storing station) - FEC Standard - [Program 1 (V1) - sequence program]
Project Edit View Insert Program Online Extras Window Help
100%
STEP S11
IF
THEN LOAD      NOP
      TO        V5
      TO        PosL      'Position Linear axis
LOAD      V6
      TO        PosD      'Position Rotary axis
SET       StrtPosD      'Start positioning axis D
SET       StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP
IF
THEN RESET    PReached      'Position reached
      RESET    StrtPosD      'Start positioning axis D
      RESET    StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP S12
IF
THEN RESET    _IM1          'extende mini slide

IF
THEN _IB1          'mini slide retracted
      NOP

STEP S13
IF      ( ColTyp
      =   V1      )
THEN JUMP TO S35

IF      ( ColTyp
      =   V2      )
THEN JUMP TO S34

IF      ( ColTyp
      =   V3      )
THEN JUMP TO S14

```

For Help, press F1 Line 1 of 380 NUM INS PT 09:57

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.16 - Passo S13; S35; S34

```

STEP S13
IF      =      (   ColTyp      'Colour Typ
                =      V1      )
THEN   JMP TO S35

IF      =      (   ColTyp      'Colour Typ
                =      V2      )
THEN   JMP TO S34

IF      =      (   ColTyp      'Colour Typ
                =      V3      )
THEN   JMP TO S14

STEP S35
IF      NOP
THEN   LOAD      PRed          'Position red parts
        TO      PosD          'Position Rotary axis
        LOAD      V1          'Position Lineær axis
        TO      PosL
        JMP TO S15

STEP S34
IF      NOP
THEN   LOAD      PSilver       'Position silver parts
        TO      PosD          'Position Rotary axis
        LOAD      V3          'Position Lineær axis
        TO      PosL
        JMP TO S15

STEP S14
IF      NOP
THEN   LOAD      PBlack        'Position black parts
        TO      PosD          'Position Rotary axis

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.17- Passo S13; S35; S34

```

STEP S14
IF      NOP
THEN   LOAD      PBlack        'Position black parts
        TO      PosD          'Position Rotary axis
        LOAD      V6          'Position Lineær axis
        TO      PosL
        JMP TO S15

STEP S15
IF      NOP
THEN   SET      StrtPosL       'Start positioning axis L
        SET      StrtPosD       'Start positioning axis D

STEP
IF      PReached             'Position reached
THEN   RESET     StrtPosD       'Start positioning axis D
        RESET     StrtPosL       'Start positioning axis L

STEP S16
IF      NOP
THEN   SET      _IM1          'extende mini slide

IF      _IB2                 'mini slide extended
THEN   NOP

STEP S17
IF      =      (   ColTyp      'Colour Typ
                =      V1      )
THEN   JMP TO S37

IF      =      (   ColTyp      'Colour Typ
                =      V2      )
THEN   JMP TO S36

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.18 - Passo S17; S37; S36

```

STEP S17
IF      =      (   ColTyp      ) 'Colour Typ
          V1      )
THEN   JMP TO S37

IF      =      (   ColTyp      ) 'Colour Typ
          V2      )
THEN   JMP TO S36

IF      =      (   ColTyp      ) 'Colour Typ
          V3      )
THEN   JMP TO S18

STEP S37
IF      NOP
THEN   LOAD      V2
      TO      PosL      'Position Linear axis
      LOAD      PRed     'Position red parts
      TO      PosD      'Position Rotary axis
      LOAD      PRed     'Position red parts
      +      V1
      TO      PRed     'Position red parts
      JMP TO S19

STEP S36
IF      NOP
THEN   LOAD      V4
      TO      PosL      'Position Linear axis
      LOAD      PSilver   'Position silver parts
      TO      PosD      'Position Rotary axis
      LOAD      PSilver   'Position silver parts
      +      V1
      TO      PSilver   'Position silver parts
  
```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.19 - Passo S18

```

STEP S36
IF      NOP
THEN   LOAD      V4
      TO      PosL      'Position Linear axis
      LOAD      PSilver   'Position silver parts
      TO      PosD      'Position Rotary axis
      LOAD      PSilver   'Position silver parts
      +      V1
      TO      PSilver   'Position silver parts
      JMP TO S19

STEP S18
IF      NOP
THEN   LOAD      V7
      TO      PosL      'Position Linear axis
      LOAD      PBlack    'Position black parts
      TO      PosD      'Position Rotary axis
      LOAD      PBlack    'Position black parts
      +      V1
      TO      PBlack    'Position black parts
      JMP TO S19

STEP S19
IF      NOP
THEN   SET      StrtPosL  'Start positioning axis L
      SET      StrtPosD  'Start positioning axis D

STEP
IF      PReached        'Position reached
THEN   RESET      StrtPosD 'Start positioning axis D
      RESET      StrtPosL  'Start positioning axis L

STEP S20
For Help, press F1
  
```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.20 - Passo S19 ao S21

```

STEP S19
IF
THEN SET      StrtPosL  'Start positioning axis L
      SET      StrtPosD  'Start positioning axis D

STEP
IF
THEN RESET    PReached  'Position reached
      RESET    StrtPosD  'Start positioning axis D
      RESET    StrtPosL  'Start positioning axis L

STEP S20
IF
THEN RESET    _2M1      'close gripper
      SET      T3
      WITH     Is

STEP
IF          N      T3
THEN       NOP

STEP S21
IF
THEN RESET  _1M1      'extende mini slide
IF          _1B1      'mini slide retracted
THEN       NOP

STEP S22
IF
THEN LOAD   V5
      TO    PosL      'Position Linear axis
LOAD       V6
      TO    PosD      'Position Rotary axis
SET        StrtPosD  'Start positioning axis D
SET        StrtPosL  'Start positioning axis L

```

For Help, press F1

Line 1 of 380

NUM INS

10:00

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.21 - Passo S22 ao S24

```

STEP S22
IF
THEN LOAD   V5
      TO    PosL      'Position Linear axis
LOAD       V6
      TO    PosD      'Position Rotary axis
SET        StrtPosD  'Start positioning axis D
SET        StrtPosL  'Start positioning axis L

STEP
IF
THEN RESET  PReached  'Position reached
      RESET  StrtPosD  'Start positioning axis D
      RESET  StrtPosL  'Start positioning axis L

STEP S23
IF
THEN SET    _1M1      'extende mini slide
IF          _1B2      'mini slide extended
THEN       NOP

STEP S24
IF
THEN SET    Init_Pos  'Stock station in initial pos

IF
= ( ( PRed
    V6 )
OR ( PBlack
    V6 )
OR ( PSilver
    V6 ) )
THEN JMP TO S38

```

For Help, press F1

Line 1 of 380

NUM INS

10:01

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.22 - Passo S38; S25

```

=
V6
)
THEN JMP TO S38

IF
( ( PRed      'Position red parts
<
V6
)
AND
( PBlack     'Position black parts
<
V6
)
AND
( PSilver    'Position silver parts
<
V6
)
THEN JMP TO S25

STEP S38
IF
THEN NOP
THEN LOAD
V0
TO
PSilver     'Position silver parts
TO
PRed       'Position red parts
TO
PBlack     'Position black parts
SET
_P1       'Start indicator light
SET
_P3       'Stock full indicator light

IF
S1       'Start button
THEN RESET
_P1       'Start indicator light
RESET
_P3       'Stock full indicator light
JMP TO S25

STEP S25
IF
THEN NOP
THEN SET
CycleEnd  'Cycle end
JMP TO S2

STEP S26
IF
THEN NOP
THEN SET
_P2       'Reset indicator light

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.23 - Passo S26 ao S27

```

STEP S26
IF
THEN SET
_P2       'Reset indicator light

IF
S4       'Reset button
THEN RESET
_P2       'Reset indicator light

STEP S27
IF
THEN RESET
_P3       'Stock full indicator light
RESET
_M1       'extende mini slide
RESET
_M1       'close gripper
LOAD
V0
TO
PSilver    'Position silver parts
TO
PRed       'Position red parts
TO
PBlack     'Position black parts

IF
_B1       'mini slide retracted
THEN
NOP

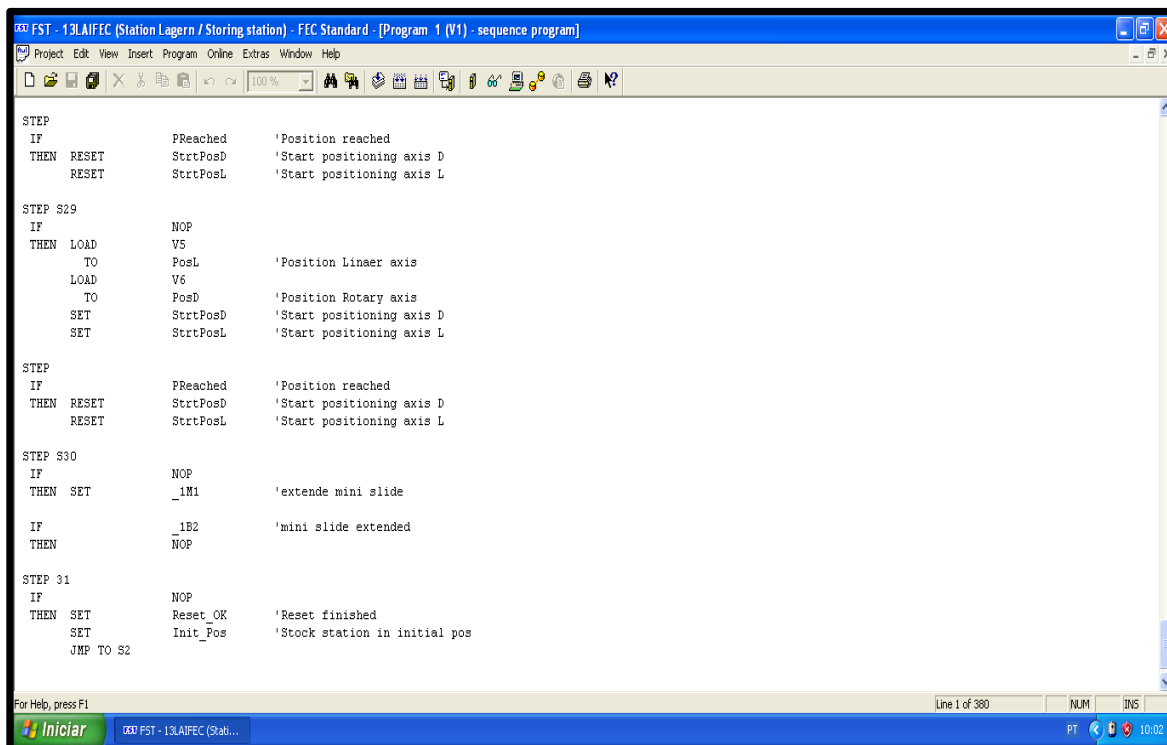
STEP S28
IF
THEN LOAD
V0
TO
PosL       'Position Linear axis
LOAD
V7
TO
PosD       'Position Rotary axis
SET
StrtPosD   'Start positioning axis D
SET
StrtPosL   'Start positioning axis L

STEP
IF
PReached   'Position reached
THEN RESET
StrtPosD   'Start positioning axis D
RESET
StrtPosL   'Start positioning axis L

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.24 - Passo S28; S30; S31



```

STEP
IF
THEN RESET      PReached      'Position reached
RESET           StrtPosD      'Start positioning axis D
RESET           StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP S29
IF
THEN LOAD       NOP
TO              V5
LOAD           PosL          'Position Linear axis
TO              V6
LOAD           PosD          'Position Rotary axis
TO              StrtPosD      'Start positioning axis D
TO              StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP
IF
THEN RESET      PReached      'Position reached
RESET           StrtPosD      'Start positioning axis D
RESET           StrtPosL      'Start positioning axis L

STEP S30
IF
THEN SET        _IM1          'extende mini slide

IF
THEN           _IB2          'mini slide extended
THEN           NOP

STEP S31
IF
THEN SET        Reset_OK      'Reset finished
SET            Init_Pos       'Stock station in initial pos
JMP TO S2

```

For Help, press F1

Line 1 of 380

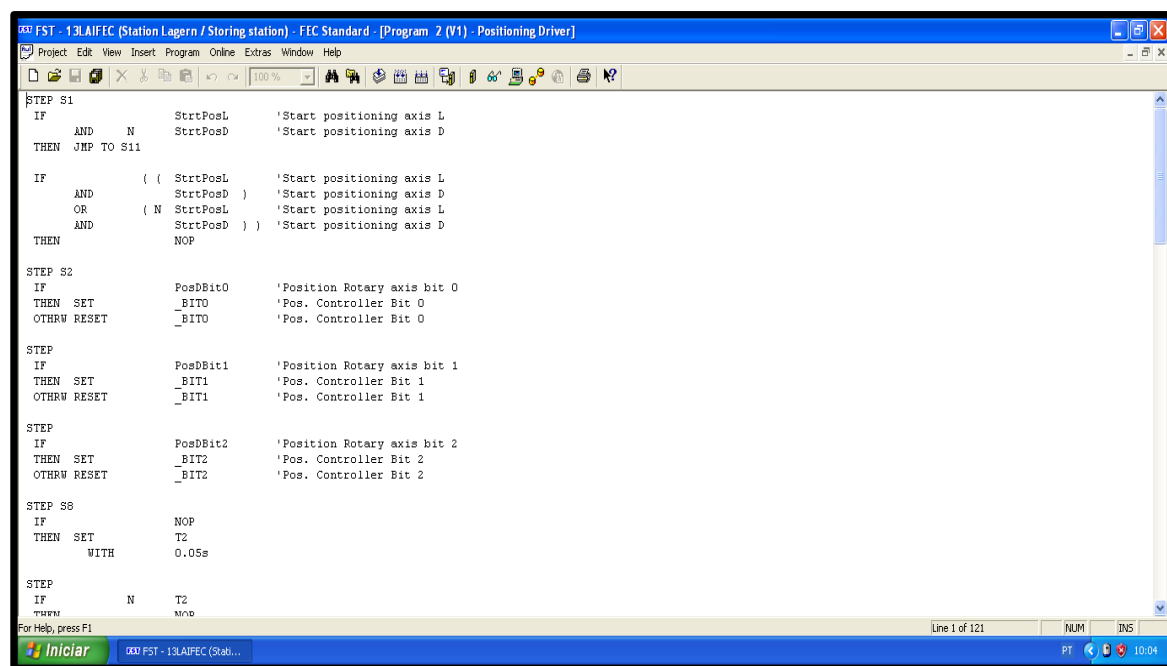
NUM | INS

10:02

Fonte: FESTO, 2022

- Telas de Emergência

Figura 3.25 - Passo S1; S2



```

STEP S1
IF
AND N           StrtPosL      'Start positioning axis L
AND           StrtPosD      'Start positioning axis D
THEN JMP TO S11

IF
AND ( ( StrtPosL      'Start positioning axis L
AND StrtPosD )      'Start positioning axis D
OR ( N StrtPosL      'Start positioning axis L
AND StrtPosD ) )    'Start positioning axis D
THEN
NOP

STEP S2
IF
THEN SET        PosDBit0      'Position Rotary axis bit 0
OTHERW RESET   _BIT0         'Pos. Controller Bit 0

STEP
IF
THEN SET        PosDBit1      'Position Rotary axis bit 1
OTHERW RESET   _BIT1         'Pos. Controller Bit 1

STEP
IF
THEN SET        PosDBit2      'Position Rotary axis bit 2
OTHERW RESET   _BIT2         'Pos. Controller Bit 2

STEP S8
IF
THEN SET        NOP
WITH           T2            0.05s

STEP
IF
THEN           N           T2
OTHERW         NOP

```

For Help, press F1

Line 1 of 121

NUM | INS

10:04

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.26 - Passo S8; S10

```

FST - 13LAIPEC (Station Lagern / Storing station) - FEC Standard - [Program 2 (V1) - Positioning Driver]
Project Edit View Insert Program Online Extras Window Help
STEP S8
IF
THEN SET          NOP
      WITH        T2
              0.05s

STEP
IF
THEN          N   T2
              NOP

STEP S9
IF
THEN SET          NOP
      SET         _Start_RA  'Starting signal rotary axis
      WITH        T2
              0.05s

STEP
IF
THEN RESET       N   T2
      RESET      _Start_RA  'Starting signal rotary axis

STEP S10
IF
THEN SET          NOP
      WITH        T2
              0.05s

STEP
IF
THEN AND         ( N T2
      AND         N   StrtPosL ) 'Start positioning axis L
      THEN JMP TO S20

IF
THEN AND         ( N T2
      AND         StrtPosL ) 'Start positioning axis L
      THEN          NOP

For Help, press F1
Line 1 of 121
NUM INS
10:04

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.27 - Passo S13; S35; S34

```

FST - 13LAIPEC (Station Lagern / Storing station) - FEC Standard - [Program 2 (V1) - Positioning Driver]
Project Edit View Insert Program Online Extras Window Help
IF
THEN AND         ( N T2
      AND         StrtPosL ) 'Start positioning axis L
      THEN          NOP

STEP S11
IF
THEN SET          PosLBit0  'Position Linear axis bit 0
      OTHRW RESET  _BIT0     'Pos. Controller Bit 0

STEP
IF
THEN SET          PosLBit1  'Position Linear axis bit 1
      OTHRW RESET  _BIT1     'Pos. Controller Bit 1

STEP
IF
THEN SET          PosLBit2  'Position Linear axis bit 2
      OTHRW RESET  _BIT2     'Pos. Controller Bit 2

STEP
IF
THEN SET          NOP
      WITH        T2
              0.05s

STEP
IF
THEN          N   T2
              NOP

STEP
IF
THEN SET          NOP
      SET         _Start_LA  'Starting signal linear axis
      WITH        T2
              0.05s

For Help, press F1
Line 1 of 121
NUM INS
10:05

```

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.28 - Passo S20

```

w11R      U:USS

STEP
IF
THEN RESET      N      T2
                _Start_LA  'Starting signal linear axis

STEP
IF
THEN SET        NOP
                T2
                WITH      0.05s

STEP
IF
THEN           N      T2
                NOP

STEP S20
IF
AND           ( ( StrtPosL  'Start positioning axis L
                StrtPosD   'Start positioning axis D
AND           _MC_RA      'Motion complete rotary axis
AND           _MC_LA      'Motion Complete linear axis
OR           ( N StrtPosL  'Start positioning axis L
AND           StrtPosD   'Start positioning axis D
AND           _MC_RA      'Motion complete rotary axis
OR           ( StrtPosL  'Start positioning axis L
AND           N StrtPosD  'Start positioning axis D
AND           _MC_LA      'Motion Complete linear axis
THEN SET      PReached   'Position reached

STEP
IF
THEN RESET    NOP
                PReached  'Position reached
                JMP TO S1
  
```

For Help, press F1

Line 1 of 121

NUM INS

10:06

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.29 - Programa de emergência

```

THEN LOAD      V0
                TO      OWPan      'Outputword station
                TO      Var1      'Var 1
LOAD          V128
                TO      OWSStat    'Outputword station
RESET        P1
RESET        P2
  
```

For Help, press F1

Line 1 of 9

NUM INS

10:07

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.30 - Programa “STOP”

```

IF      NOP
THEN LOAD   VO
      TO    Vvar1      'Var 1
      LOAD  V128
      TO    OWStat     'Outputword station
      RESET P1
      RESET P2

IF      _P1      'Start indicator light
THEN RESET _P1  'Start indicator light

IF      _P2      'Reset indicator light
THEN RESET _P2  'Reset indicator light

```

For Help, press F1

Line 1 of 15

NUM INS

10:07

Fonte: FESTO, 2022

Figura 3.31 - Tela “Emergency blink”

```

IF      T_Blink2      'Blink timer 2
THEN SET T_Blink1    'Blink timer 1
      WITH 0.5s

IF      N T_Blink1    'Blink timer 1
THEN SET T_Blink2    'Blink timer 2
      WITH 0.5s

IF      N T_Blink2    'Blink timer 2
      AND N Em_Stop   'Emergency stop unlocked
THEN LOAD Vi2
      TO    OWPan     'Outputword station

IF      N Em_Stop     'Emergency stop unlocked
THEN SET P_Edge      'Positive edge

IF      ( T_Blink2    'Blink timer 2
      AND N Em_Stop ) 'Emergency stop unlocked
OR      ( P_Edge      'Positive edge
      AND N Em_Stop ) 'Emergency stop unlocked
THEN LOAD VO
      TO    OWPan     'Outputword station
      RESET P_Edge    'Positive edge

```

For Help, press F1

Line 1 of 27

NUM INS

10:08

Fonte: FESTO, 2022

3.3 Dificuldades no desenvolvimento e soluções.

- Compreensão da documentação em inglês técnico e alemão;
- Realizar comunicação com a máquina virtual e o cabo RS232.
- Identificar a razão pela qual não comunicava com um dos drivers sendo o cabo o motivo do problema, depois da troca do mesmo o problema foi solucionado, a solução foi substituir o cabo serial por um cabo serial com os pinos CTS e RTS ligados.
- Compreensão da programação FST4 da Festo em linguagem lista de instruções;
Não foi possível “rodar” essa programação.
- Fazer a movimentação do servomotor vertical, para movimentação em modo manual, descobrimos que o mesmo não realizava a parametrização do “homing”.
A solução foi aumentar para 100% a detecção de corrente, pois quando o motor vertical, termina seu fim de curso, a corrente aumenta e indica o “homing” de sua posição.
- Não movimentação no modo automático, apenas “forçando” as saídas.
- Demonstração à seguir de soluções virtuais, simulando o funcionamento da Estação Mecatrônica de Reposição e Armazenamento.

3.4 Simulação do funcionamento da estação mecatrônica de armazenamento e reposição.

O botão de START, aciona os leds que representam as cores (Preto, Vermelho e Prata).

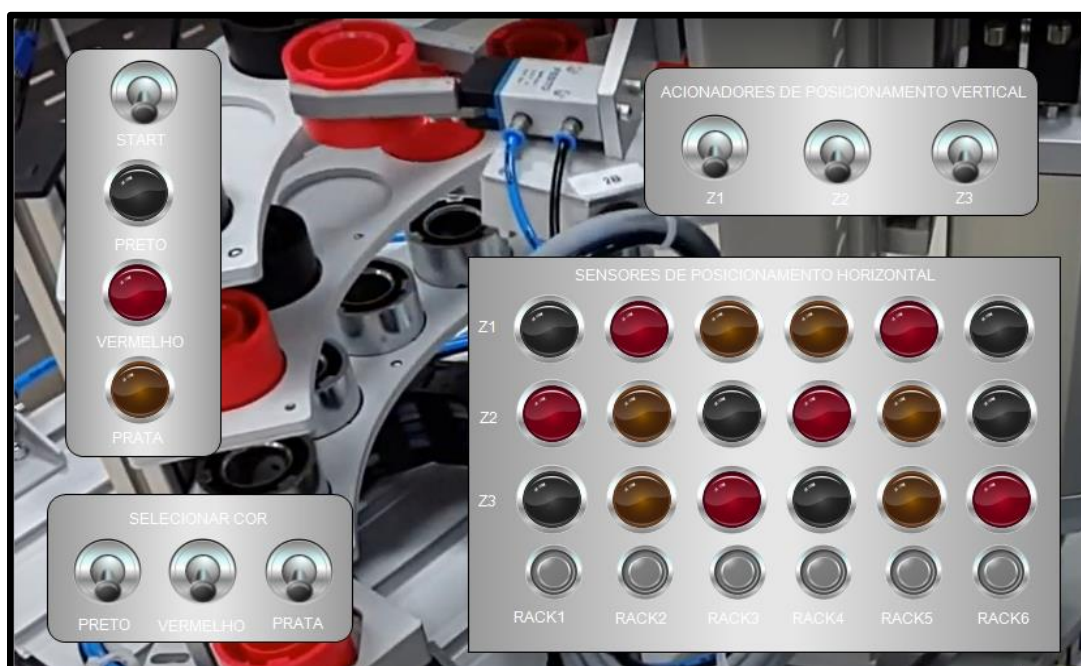
Os acionadores de posicionamento vertical representam os racks de altura, sendo determinados como Z1, Z2 e Z3.

As chaves de seleção de cor, determinam a cor que o sensor vai procurar em cada rack de posição.

Os sensores de posicionamento horizontal, são acionados manualmente pelos botões de rack1 até rack6 abaixo de cada coluna, ou seja, simulam a detecção do sensor de cor quando o motor horizontal acionado faz a movimentação pelas seis posições.

O funcionamento baseia-se no seguinte: Ao determinar o rack Z1 por exemplo, e ao escolher a cor, inicia o movimento em “procura” dessa cor e ao encontrá-la, o LED correspondente a essa cor acende, indicando que o sensor de cor fez a leitura correta. A figura abaixo, ilustra a tela “Visualization” do software CODESYS.

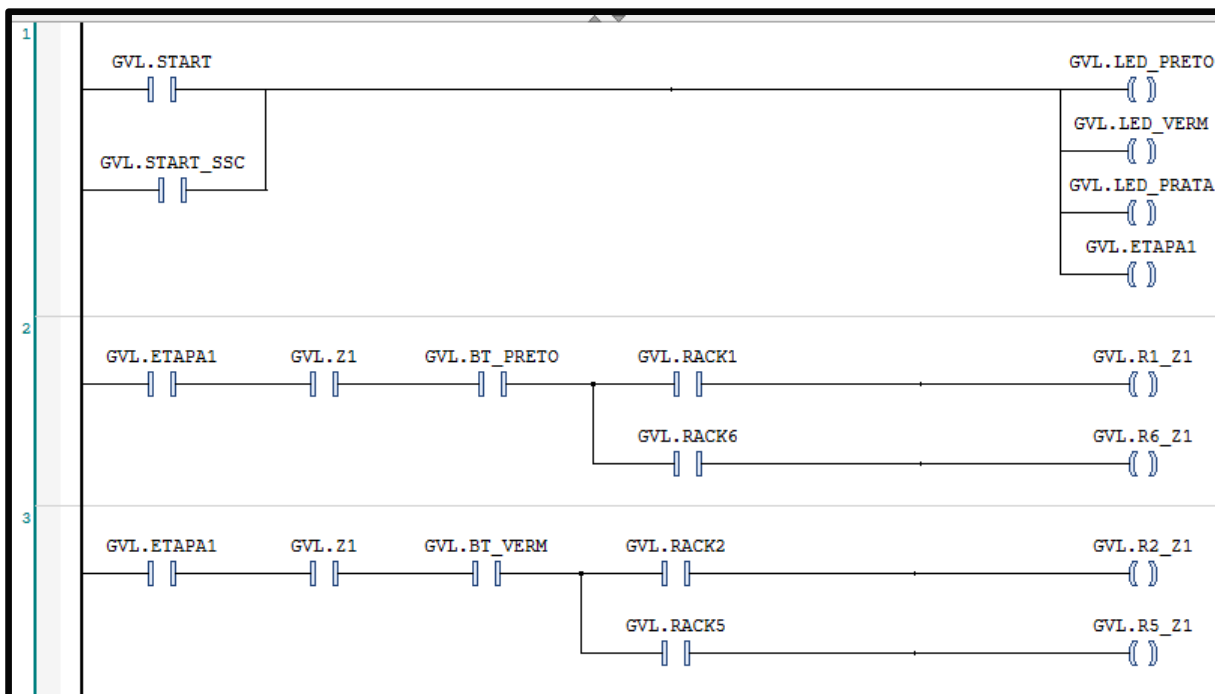
Figura 3.32 – Tela “Vizualization”



Fonte: Autoria própria, 2022

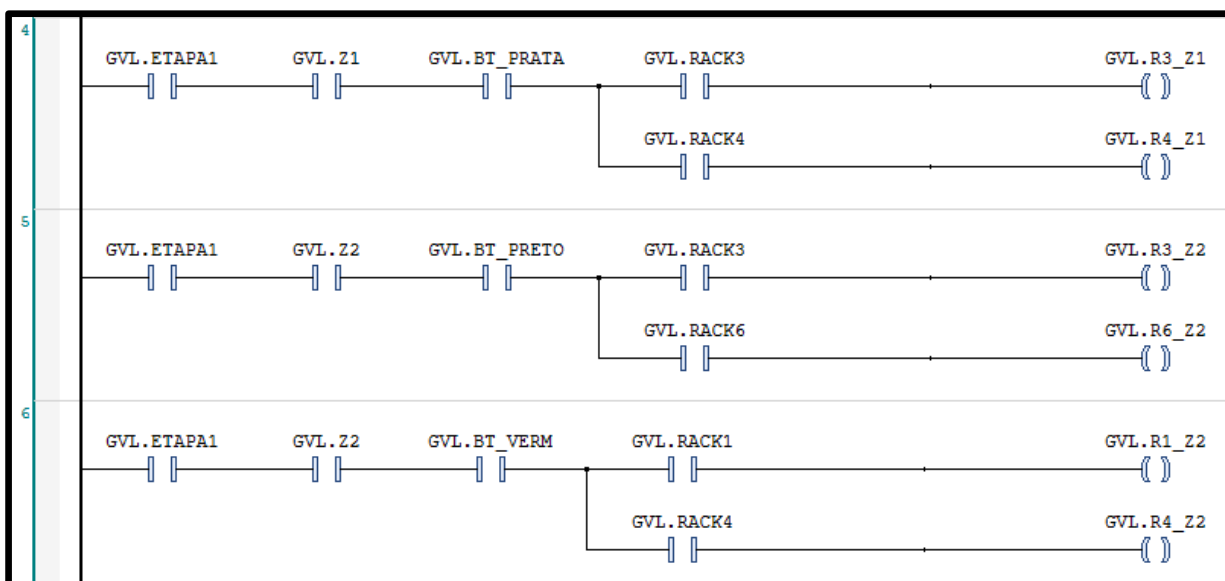
3.5 Programação em LADDER no software CODESYS.

Figura 3.33 - Tela programação em LADDER 1



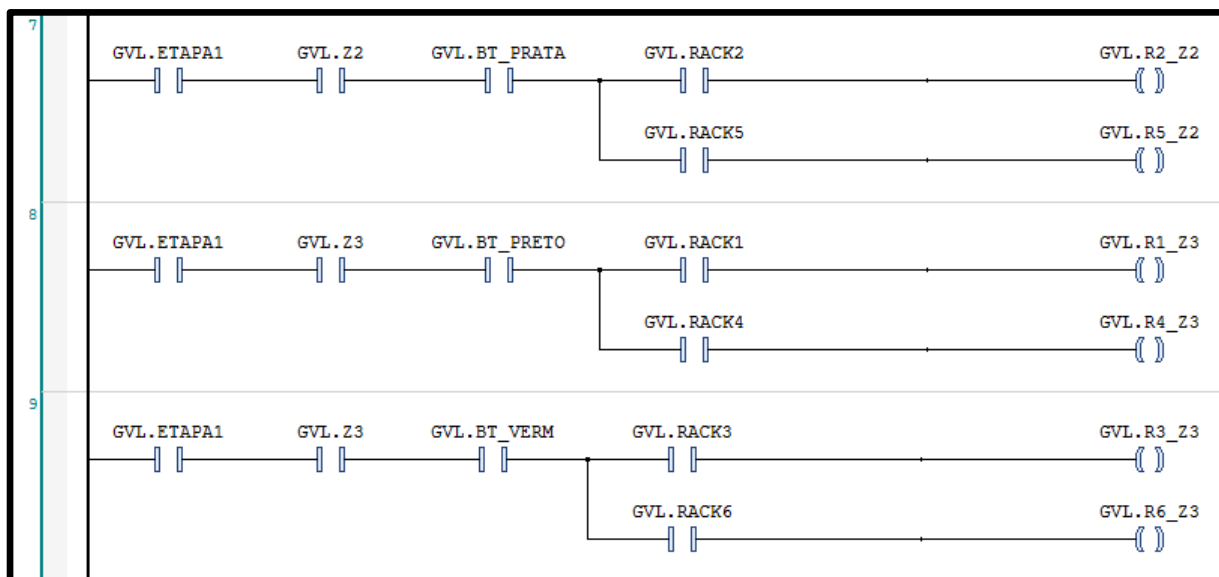
Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 3.34 - Tela programação em LADDER 2



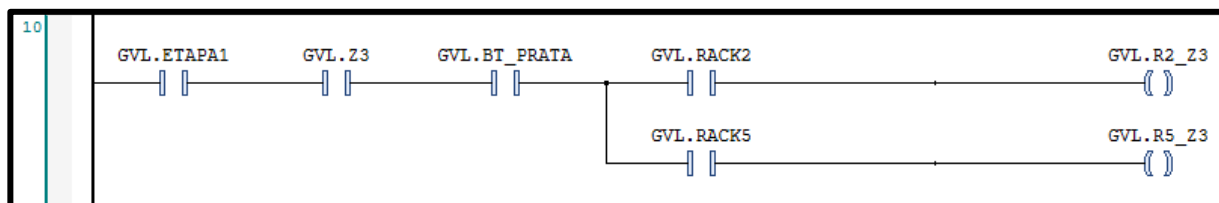
Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 3.35 - Tela programação em LADDER 3



Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 3.36 - Tela programação em LADDER 4

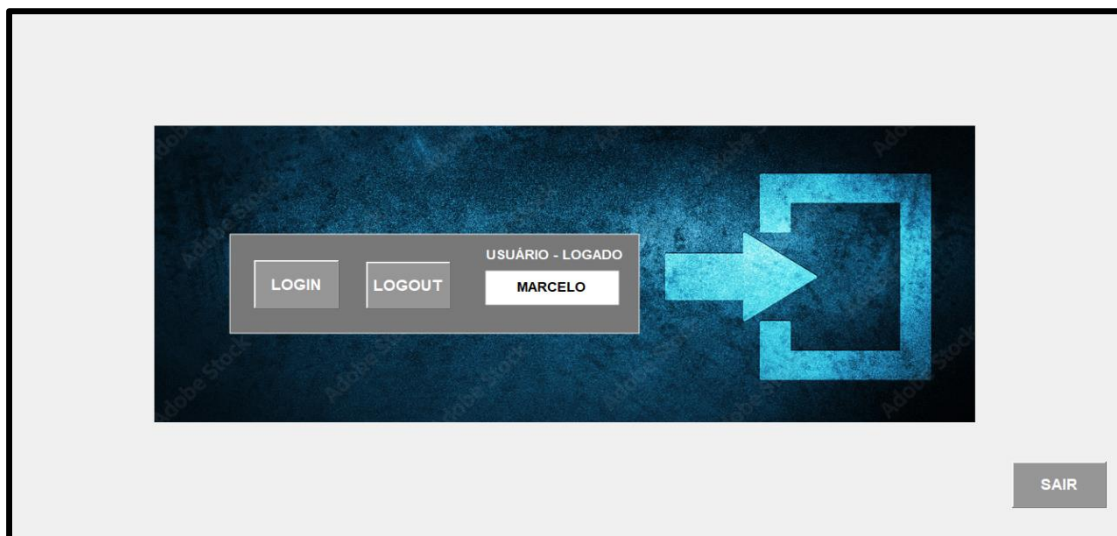


Fonte: Autoria própria, 2022

3.6 Supervisório Elipse E3

A figura abaixo, ilustra a tela inicial do supervisório Elipse E3.

Figura 3.37 – Tela inicial do Elipse E3



Fonte: Autoria própria, 2022

A figura abaixo, ilustra a tela principal do supervisório Elipse E3

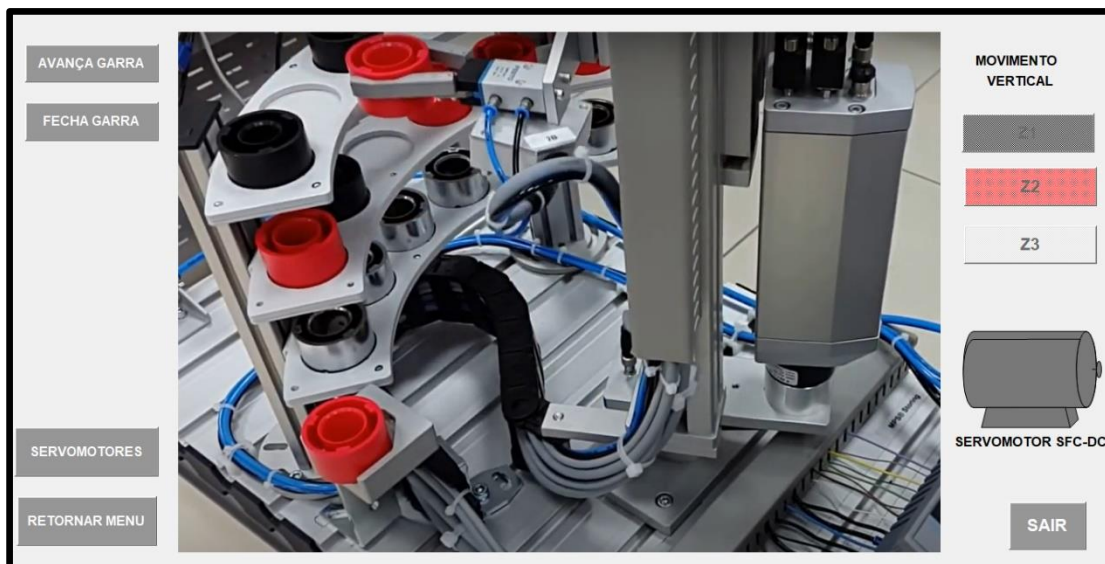
Figura 3.38 – Tela principal do Elipse E3



Fonte: Autoria própria, 2022

A figura abaixo, ilustra a tela de acionamento de posição vertical.

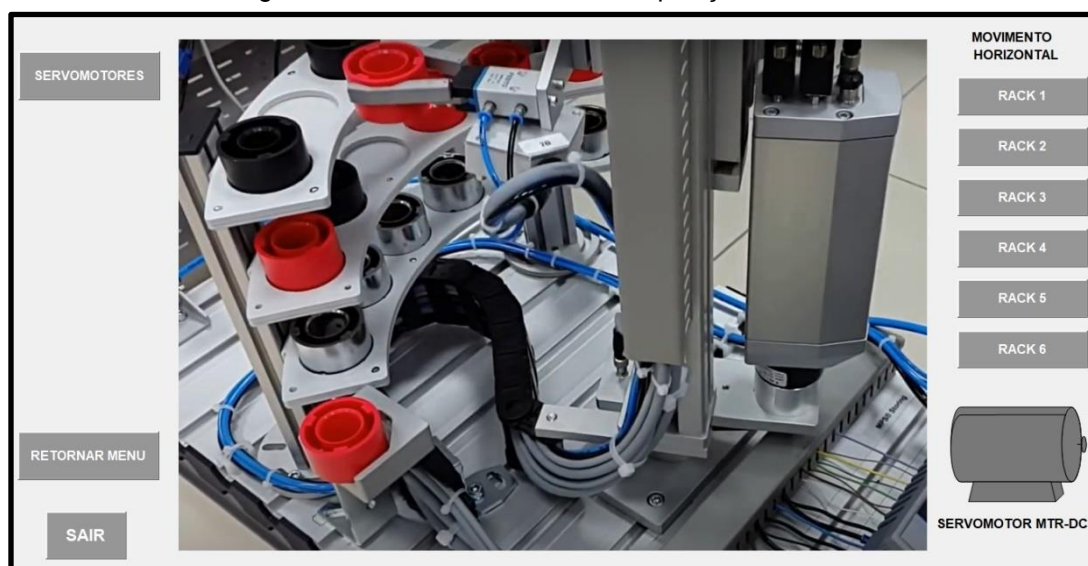
Figura 3.39 – Tela acionamento da posição vertical



Fonte: Autoria própria, 2022

A figura abaixo, ilustra a tela de acionamento de posição horizontal.

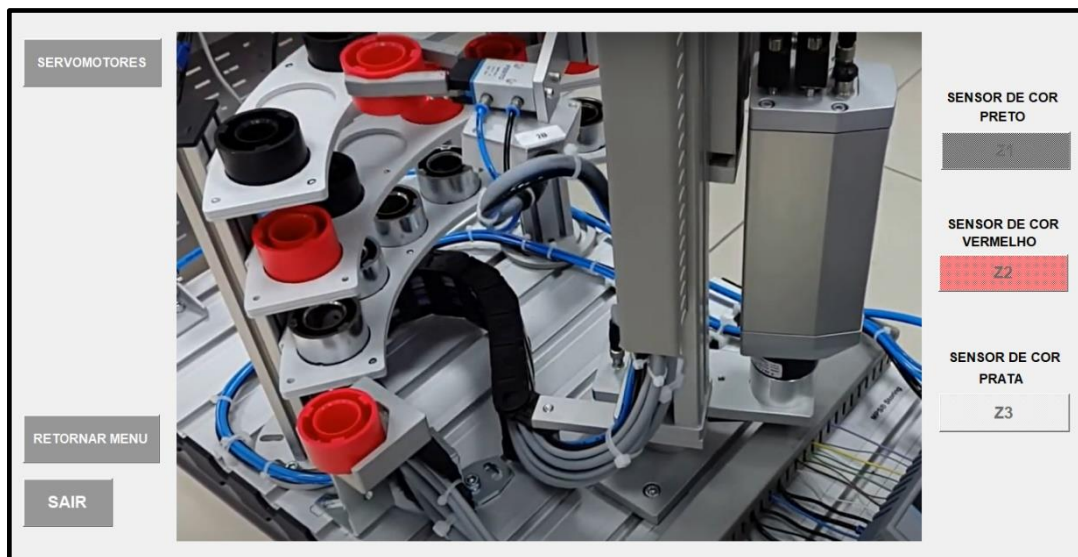
Figura 3.40 – Tela acionamento da posição horizontal



Fonte: Autoria própria, 2022

A figura abaixo, ilustra a tela de seleção de cores.

Figura 3.41 – Tela seleção de cores

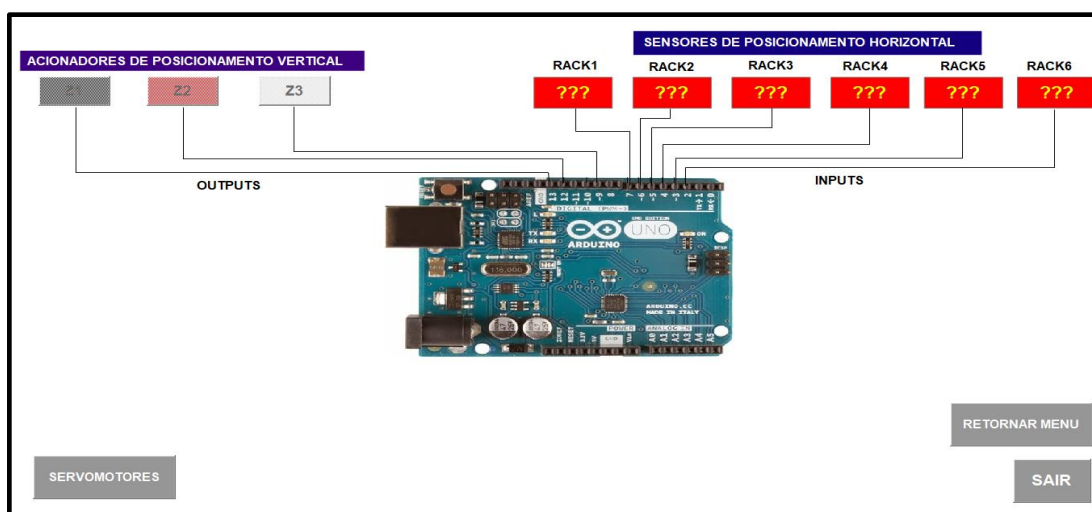


Fonte: Autoria própria, 2022

A tela de comunicação com Arduino é uma simulação via protocolo MODBUS do supervisor E3 acionando saídas do Arduino e o Arduino acionando entradas sendo monitorados pelo supervisor E3.

A figura abaixo, ilustra a tela de comunicação com Arduino via MODBUS

Figura 3.42 – Tela comunicação com Arduino via MODBUS



Fonte: Autoria própria, 2022

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia reversa da Estação Mecatrônica de Reposição e Armazenamento “LAGERN” foi parcialmente concluída, pois, apesar do PLC Festo FC640 estabelecer comunicação com a estação mecatrônica, não foi possível “rodar” o programa “default” feito em lista de instruções, sendo possível apenas, “forçar coils” e constatar o acionamento das solenóides, controlando a movimentação do braço e do fechamento da garra e controlar as luzes de indicação do painel onde está instalado o controle SFC-DC.

O trabalho de TCC, contemplou, por fim, com a demonstração de um monitoramento via supervisor Elipse E3, atuando como “cliente” na comunicação OPC DA, gerenciando as entradas e saídas por meio de um programa feito em LADDER no software CODESYS, atuando com “servidor” de leitura de sensores e atuadores e com uma simulação via tela “Visualization” do CODESYS simulando a leitura do sensor de cor e associando a cada rack de posição, onde se encontra as peças com suas respectivas cores.

REFERÊNCIAS

ALTUS SISTEMA DE AUTOMAÇÃO - São Paulo: 2022. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/suporte/download/baixararquivo/AwQAXw==/2>>. Acesso em: 06 jun. 2022.

ASFAHL, C. R. **Robots and manufacturing automation**. 2. ed., vol. I. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.

CASTRUCCI, P. L; MORAES, C. C. Engenharia de automação industrial. 2. Ed. São Paulo. LTC, 2010.

CÉSAR, A. **Redes industriais: o que são e para que servem na Indústria 4.0**. Transformação digital, 2018. Disponível em: <<https://transformacaodigital.com/mercado/redes-industriais-o-que-sao-e-para-que-servem-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

COELHO, I. **O que é motor de passo? Entenda seu funcionamento e aplicações**. SC: FilipeFlop, 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-motor-de-passo-entenda-seu-funcionamento-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

COSTA, Fábio J.C. Leal. Introdução à administração de materiais em sistemas informatizados. São Paulo Editora, 2002.

CRAVO, E. **Motor de passo ou servo motor: saiba qual o melhor para você!** SP: Kalatec Automação, 2021. Disponível em: <<https://blog.kalatec.com.br/motor-de-passo-ou-servo-motor/>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

DIEGO MARQUES DA SILVA, ARNOLDO; FREGATE BÉO, BRUNO; MARIA DA SILVA, ELAINE; MURILO MENDES MORAES, GREGORIO. **ESTOQUE VERTICAL AUTOMÁTICO**. Orientador: Prof. Dr. Wellington Batista de Sousa. 2017. 44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) - Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo "Adib Moisés Dib", [S. l.], 2017.

ELIPSE. Elipse E3. Elipse Software, 2001. Disponível em: <<https://www.elipse.com.br/produto/elipse-e3/>>. Acesso em: 31 mai. 2022.

FESTO. Storing Station Manual. Disponível em: <<https://www.festo-didactic.com/%20Services>>. Acesso em: 16 set. 2022.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. Controladores Lógicos Programáveis: sistemas discretos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE PROJETO DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO - FATEC SBC. **Material didático para utilização nos projetos de trabalho de graduação dos cursos de tecnologia em automação industrial e informática**. São Bernardo do Campo: Fatec, 2017.

NICOLAU, José, 2003. Ethernet Industrial. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/ethernet/Eth_Industrial.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2022.

NOF, S.Y. Handbook of Industrial Robotics. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc. 1999.

PAOLESCHI, B. Almoxarifado e gestão de estoques. São Paulo: Érica, 2009.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.

SALES, Raquel. Motor elétrico: o que é e como funciona? Acoplastbrasil, 2022. Disponível em: <<https://blog.acoplastbrasil.com.br/motor-eletrico/>>. Acesso em: 31 mai. 2022.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2016.

ELETRONIC TEAM, INC. Disponível em: < <https://www.eltima.com/pt/article/9-pin-serial-port.html>>. Acesso em: 21 ago.2022

TESTE SERIAL. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=WUrf_AAif1c>. Acesso em: 21 ago. 2022.

THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, P.U.B. de. **Sensores Industriais: Fundamentos e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Editora Érica, 2019.