



ETEC PAULINO BOTELHO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

**LINHA DE PRODUÇÃO SELETORA COM BRAÇO
ROBÓTICO DE 5 EIXOS**

Ana Luiza Di Giovani

Anna Julya de Souza Gabelhere

Bryan Cezar dos Santos

Helena Rita Candido

Kauã Martins de Jesus

Raphael Periotto de Oliveira

São Carlos-SP

2024



**LINHA DE PRODUÇÃO SELETORA COM BRAÇO ROBÓTICO DE 5
EIXOS**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecatrônica da Etec Paulino Botelho, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

Monografia aprovada em: ___/___/___.

Orientador

Prof. Cláudio Torres Gonçalves.

Orientador

Prof. Celso Hiroshi Tamashiro

1º Examinador (a)

Prof. Magali Araujo

2º Examinador (a)

Prof. Aparecido Sedi Moriwaki

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos dado forças para que nós nunca desistíssemos dessa luta. Aos nossos pais, que já sonharam tanto com nós, para que tudo fosse alcançado com sucesso.

Queremos agradecer ao Professor e coordenador do curso, Fábio Kiei Nakasone e aos orientadores, a oportunidade, o apoio e, sobretudo, a orientação durante o processo de construção deste trabalho.

Estendemos estes agradecimentos a todos os nossos professores que, ao longo dos anos, se dedicaram a essa jornada. Ao Centro Paula Souza, em nome da Unidade Etec Paulino Botelho, por proporcionar um serviço público de qualidade para que nós nos tornássemos Técnicos em Mecatrônica. E a empresa de eletrônicos Ca And Ma que nos proporcionou alguns componentes necessários para a montagem do nosso TCC.

EPÍFAGRE

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

(Leonardo da Vinci)

RESUMO

A necessidade de implementar recursos mais atuais nos métodos de ensino das escolas vem se tornando cada vez mais fundamental. É essencial ter equipamentos didáticos a fim de apresentar aos alunos uma demonstração de como é a realidade industrial, e como parte da mão de obra humana foi e vêm sendo substituída por máquinas e equipamentos. Desse modo, garantindo mais eficiência na produção (automatizada), qualidade dos produtos e uma maior segurança no trabalho. Pensando nisso, este projeto de Trabalho de Conclusão de Curso consiste em demonstrar um linha de produção seletora, montando e programando um braço robótico de 5 eixos e uma esteira transportadora; incluindo a utilização de componentes tais como Arduino, sensores, garra por impressão 3D e entre outros. Com o propósito de ensinar de uma maneira menos complexa e de fácil entendimento, proporcionando um ensino de qualidade e um futuro promissor aos alunos da Etec Paulino Botelho.

Palavras-chave: (Braço Robótico, Esteira Transportadora, Arduino, Automação, Industrialização)

ABSTRACT

The need to implement more current resources in schools' teaching methods is becoming increasingly fundamental. It is essential to have teaching equipment in order to present students with a demonstration of what industrial reality is like, and how part of the human workforce has been and is being replaced by machines and equipment. This ensures greater efficiency in (automated) production, product quality and greater workplace safety. With this in mind, this Course Completion Project consists of demonstrating a selector production line, assembling and programming a 5-axis robotic arm and a conveyor belt; including the use of components such as Arduino, sensors, 3D printing gripper and others. With the purpose of teaching in a less complex and easy-to-understand way, providing quality teaching and a promising future for Etec Paulino Botelho students..

Keywords: (Robotic Arm, Conveyor Belt, Arduino, Automation, Industrialization)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Juntas e elos.....	13
Figura 2 - Junta P.....	13
Figura 3 - Junta R.....	13
Figura 4 - Junta esférica.....	14
Figura 5- Estrutura do braço robótico.....	14
Figura 6 - Servo motor.....	15
Figura 7 - Arduíno mega 2560.....	16
Figura 8 - Jumpers macho-macho.....	16
Figura 9 - Jumpers macho-fêmea.....	16
Figura 10 - Placa fenolite.....	17
Figura 11- Fonte 15V.....	17
Figura 12- Esteira transportadora.....	18
Figura 13- Estrutura esteira transportadora.....	19
Figura 14- Roletes.....	19
Figura 15- Sensor VL53L1X.....	20
Figura 16-Sensor TCS34725.....	20
Figura 17-Motor Parabrisa Bosch.....	21
Figura 18- Manta emborrachada.....	22
Figura 19- Multiplexador PCA9548A I2C.....	22
Figura 20- Relé Miniatura JQC-3FFS-F.....	23
Figura 21- Projeto finalizado.....	27
Figura 22-Desenho técnico (garra).....	28
Figura 23- Acoplador do motor.....	29
Figura 24- Cubo.....	29
Figura 25-Caixa.....	30
Figura 26- Esquema elétrico Braço robótico.....	30
Figura 27- Esquema elétrico esteira transportadora.....	31

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	10
2.0 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivo específico	11
3.0 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	12
3.1 Mecatrônica	12
3.2 Braço robótico	12
3.2.1 Estrutura do braço.....	14
3.3 Componentes	15
3.3.1 Servo motor.....	15
3.3.2 Arduino Mega 2560	16
3.3.3 Jumpers.....	16
3.3.4 Placa fenolite.....	17
3.3.5 Fonte 15V.....	17
3.4 Esteira transportadora	18
3.4.1 Estrutura da Esteira transportadora.....	19
3.5 Componentes	19
3.5.1 Roletes	19
3.5.2 Sensor VL53L1X	20
3.5.3 Sensor TCS34725.....	20
3.5.4 Motor Parabrisa Bosch.....	21
3.5.5 Manta emborrachada	22
3.5.6 Multiplexador PCA9548A I2C	22
3.5.7 Relé Miniatura JQC-3FF-S-Z.....	23
4.0 DESENVOLVIMENTO PRÁTICO	24
4.1 Montagem	24
4.1.1 Braço robótico	24
4.1.2 Esteira transportadora	25
4.1.3 Junção dos dois protótipos.....	27
4.2 Desenhos técnico/ impressões 3D	28
4.2.1 Garra	28

4.2.2 Acoplador do motor	29
4.2.3 Cubo.....	29
4.2.4 Caixa	30
4.3 Esquema elétrico.....	30
4.3.1 Braço robótico	30
4.3.2 Esteira transportadora	31
4.4 Programação	32
5.0 TABELA DE CUSTOS	40
6.0 CONCLUSÕES	41
7.0 REFERÊNCIAS.....	42

1.0 INTRODUÇÃO

A tecnologia tem avançado e colaborado em muitas atividades do dia a dia, como na indústria. Logo, com o objetivo de tornar as tarefas mais produtivas, as indústrias têm investido cada vez mais em linhas de produção. Um dos equipamentos mais procurados é o braço robótico, que simula os movimentos de um braço humano, manipula uma série de ferramentas e objetos e atua em trabalhos que eram mecanizados e agora são automatizados. Ele se desenvolveu ao longo de um processo de criação que vai desde os primórdios dos robôs até o desenvolvimento de grandes máquinas nas indústrias com a Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra no Século XVIII. A partir de 2007, as indústrias de Braços Robóticos chegam a sua maturidade, e assim, os braços possuem velocidade, precisão, facilidade de manipulação de diferentes produtos, controle por vídeo etc. Eles são montados normalmente em uma base e usam de quatro a seis articulações (junta prismática ou linear, junta rotacional, junta esférica, junta cilíndrica, junta planar e junta parafuso). Além das articulações giratórias, os braços robóticos possuem um micro controlador, garra, atuadores, sensores, sistemas de visão, sistemas de energia e componentes de software.

Já a Esteira transportadora, surgiu na revolução industrial no século XVIII, na Inglaterra, com o intuito de otimizar o transporte de objeto a serem produzidos em grande escala viabilizando assim a sua produção. Atualmente com a revolução industrial 4.0 no auge da automatização de linhas de montagem de diversos seguimentos. Este equipamento consiste basicamente em um sistema tracionado por um motor, podendo ser elétrico ou a combustão, acoplado um redutor ao motor, tanto de correias quanto de corrente, podendo variar de acordo com o tipo de peso do produto a ser transportado, com os roletes, com os rolamentos e os elementos de fixação.

Dessa maneira, os dois equipamentos (esteira transportadora correia plana e o braço robótico de 5 eixos) trabalham juntos a fim de uma linha de produção mais eficiente e organizada.

2.0 OBJETIVOS

Os Objetivo do nosso Trabalho de Conclusão de Curso são:

2.1 Objetivo geral

Montar e programar um braço robótico de 5 eixos e uma esteira transportadora. O braço replicará os movimentos de um braço humano e, a esteira transportará objetos, demonstrando como é a realidade industrial. Assim, irá auxiliar didaticamente aos professores da Unidade escolar Etec Paulino Botelho.

2.2 Objetivo específico

Montar e programar um braço robótico e uma esteira transportadora com a finalidade de realizar atividades semelhantes as indústrias, demonstrando uma linha de produção eficiente e organizada. Dessa forma, a esteira será acionada transportando um objeto até o final do percurso, que será detectado por um sensor de presença e, assim, desligará o equipamento. Em seguida, devido as articulações do braço, ele terá a capacidade de detectar separar os objetos por cores devido a um sensor RGB e colocá-los em caixas de suas respectivas cores.

3.0 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

3.1 Mecatrônica

A mecatrônica é uma área interdisciplinar que combina conhecimentos de engenharia mecânica, eletrônica e de sistemas de controle. Ela envolve a integração de componentes mecânicos, elétricos e computacionais para criar sistemas automatizados e controlados por computador.

3.2 Braço robótico

Um braço robótico em alumínio de 5 eixos é um sistema robótico que possui cinco articulações ou graus de liberdade que permitem movimentos em cinco direções diferentes. Cada eixo representa uma articulação que possibilita o movimento controlado do braço robótico em um espaço tridimensional. Com cinco eixos, o braço robótico pode se movimentar de forma mais complexa e realizar uma variedade maior de tarefas em comparação com sistemas de menos eixos.

Fisicamente o braço é constituído por: base, elos, juntas, efetuador final, atuadores, sensores.

Base: Fixa no chão ou em suporte;

Elos: Formam uma cadeia cinemática;

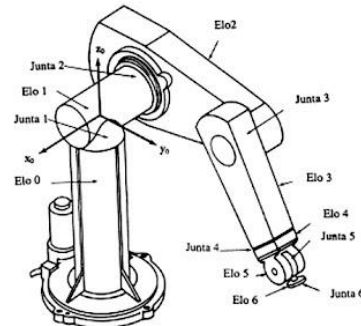
Juntas: Formado pelo punho e uma garra;

Atuadores: Motores elétricos;

Sensores: lasers, câmeras, cor etc.

O braço robótico possui aspectos mecânicos estruturais: Elos e juntas. Elos são os corpos da cadeia, juntas são as articulações entre os corpos que conectam os elos e permitem a realização de movimentos de um elo em relação ao elo anterior. Na figura 1 a exemplificação de juntas e elos.

Figura 1- Juntas e elos

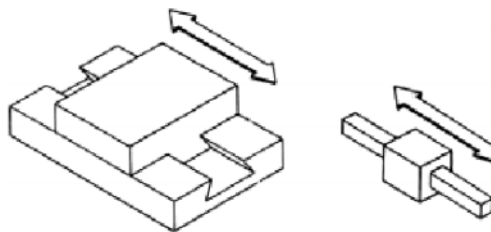


Fonte: Lopes (2002)

Juntas são compostas por dois elos adjacentes e existem dois tipos básicos: Rotação e Prismática (de translação), veremos os tipos a seguir.

Juntas prismáticas (lineares) “P”

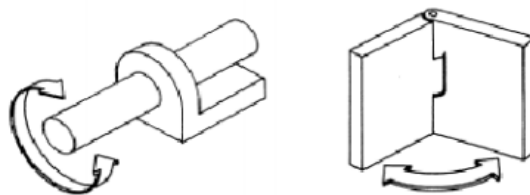
Figura 2- Junta P



Fonte: SANTOS et al. (2018)

Juntas de Rotação (revolução) “R”

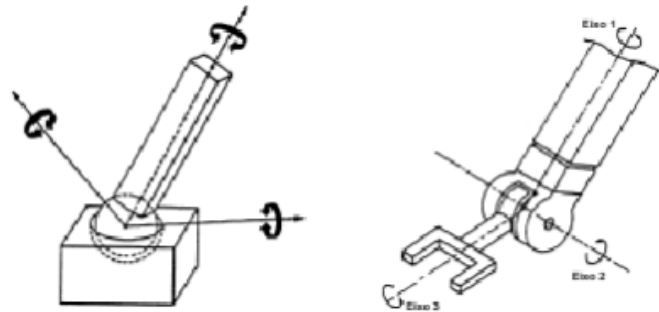
Figura 3- Junta R



Fonte: SANTOS et al. (2018)

Junta Esférica (rótula)

Figura 4 - Junta esférica



Fonte: SANTOS et al. (2018)

3.2.1 Estrutura do braço

Material: Alumínio resistente jateado com espessura da carcaça de 2 mm.

Figura 5- Estrutura do braço robótico



Fonte: Mercado livre (2024)

3.3 Componentes

A seguir, informamos todos os componentes utilizados no braço robótico.

3.3.1 Servo motor

Um servo motor é um tipo de motor que é projetado para manter uma posição específica com precisão do braço, com base em sinais de controle enviados a partir de um sistema externo. Ele consiste em um motor elétrico acoplado a um circuito de controle que regula a posição do eixo do motor. A função principal de um servo motor é converter um sinal de controle em movimento preciso, permitindo controlar a velocidade e a posição do eixo com alta precisão.

Figura 6 - Servo motor

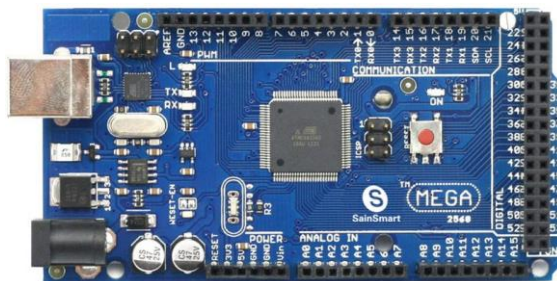


Fonte: Arducore (2024)

3.3.2 Arduino Mega 2560

Placa de desenvolvimento de hardware de código aberto baseada em microcontrolador ATmega2560. Esse microcontrolador é de 16 MHz e vem com 54 pinos digitais de entrada/saída, 16 entradas analógicas, 4 portas seriais para comunicação, uma conexão USB, entre outras características. Essa placa é especialmente útil para projeto do braço robótico, porque demanda muitas conexões, sensores e atuadores.

Figura 7 – Arduino mega 2560

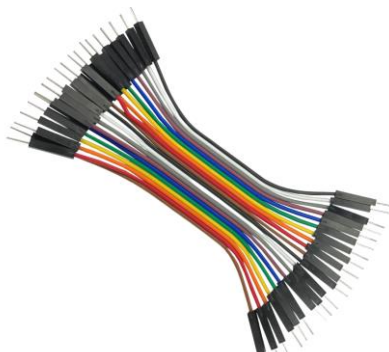


Fonte: Blog Saravati (2024)

3.3.3 Jumpers

Pequeno condutor utilizado para conectar dois pontos de um circuito eletrônico. No nosso projeto utilizamos: jumpers macho-macho e macho-fêmea. A principal diferença entre os dois é o tipo de conector, enquanto os jumpers machos-machos possuem dois conectores do tipo pino, os jumpers macho-fêmea possuem um lado com pino e o outro conector do tipo soquete. Usado também para a Esteira transportadora.

Figura 8- Jumpers macho-macho



Fonte: Casa da robótica (2024)

Figura 9- Jumpers macho-fêmea

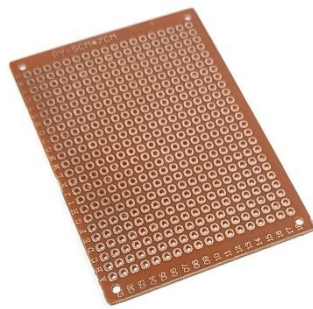


Fonte: Magazine Luiza (2024)

3.3.4 Placa fenolite

É um material laminado industrial que é usado para isolamento elétrico. A base da placa fenolite é composta por papel neutro impregnado com resina fenólica. Utilizamos a placa com medida 10x10cm no nosso projeto. Usado também para a Esteira transportadora.

Figura 10- Placa fenolite



Fonte: Casa da robótica (2024)

3.3.5 Fonte 15V

Uma fonte 15V é um dispositivo que fornece energia elétrica para aparelhos eletrônicos, com uma tensão de saída de 15V. É indicada para diversos aparelhos eletrônicos, a fim de um menor consumo de energia.

Figura 11- Fonte 15V



Fonte: próprio autor (2024)

3.4 Esteira transportadora

É um equipamento projetado para reduzir o esforço físico dos funcionários durante os processos industriais como montagem, produção e outros serviços. A esteira transportadora permite o transporte de uma variedade de materiais que precisam trafegar horizontalmente. Um sistema de correias e rolamentos permite que o equipamento seja movido. É amplamente utilizada nas linhas de montagem e produção, pois permite a redução do trabalho manual dos funcionários, reduzindo o esforço físico necessário, o que resulta em um aumento na produção da empresa. Uma esteira industrial de transporte é construída em metal com tubos retangulares e elementos de tração e movimentação, como: roletes, buchas e rolamentos feitos de aço ou PVC, além disso, possui um motor redutor do tipo sintético que é usado para acionar a máquina.

Figura 12- Esteira transportadora

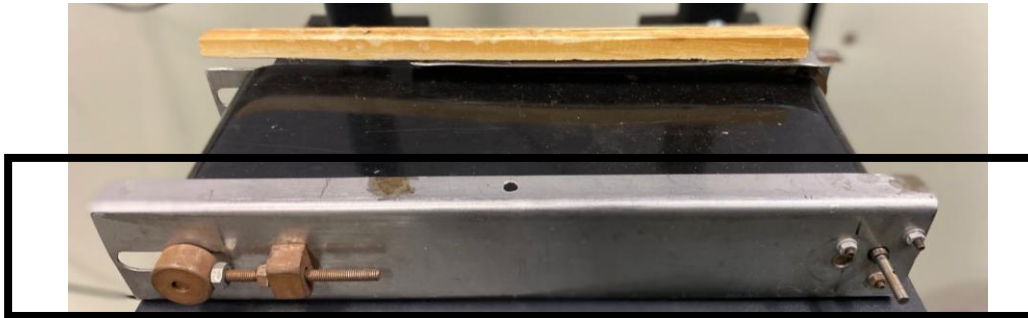


Fonte: Anpraco (2024)

3.4.1 Estrutura da Esteira transportadora

Material: metal, sua função é proteção para os objetos deslizarem na manta emborrachada. Além disso, serve como base para fiar os roletes, sensores e motor da esteira.

Figura 13- Estrutura esteira transportadora



Fonte: próprio autor (2024)

3.5 Componentes

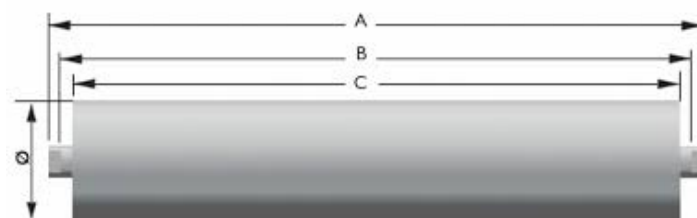
A seguir, informamos todos os componentes utilizados na esteira

Obs: usamos também Arduino Mega 2560, Jumpers, Placa fenolite, e fonte 15V, cujas especificações e figuras se encontram dentro do subconjunto “**3.3 Componentes**” do Braço robótico.

3.5.1 Roletes

Os roletes para esteiras são essencialmente rolamentos cilíndricos que são utilizados para suportar o peso de uma correia transportadora e sua carga. Estes roletes giram livremente em seu eixo para permitir que a correia transportadora se movimente suavemente ao longo de seu comprimento.

Figura 14- Roletes

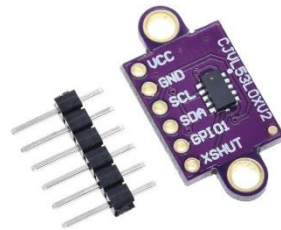


Fonte: IPC Industrial (2024)

3.5.2 Sensor VL53L1X

O Sensor Distância Laser VL53L1X é um pequeno módulo sensor de distância de alta precisão, capaz de fazer medições de distâncias com mínima margem de erro se comparado a outros sensores existentes.

Figura 15- Sensor VL53L1X



Fonte: Usainfo (2024)

3.5.3 Sensor TCS34725

O sensor de cor RGB (Red, Green, Blue). Ele é capaz de detectar e medir a intensidade de luz em diferentes comprimentos de onda, permitindo a identificação e análise detalhada das cores presentes em um ambiente. Possui uma matriz de fotodiodos sensíveis à luz vermelha, verde, azul e infravermelha, que permitem a leitura precisa da cor de um objeto ou superfície. Ele é capaz de converter a luz captada em valores digitais que representam as componentes RGB da cor detectada, possibilitando no nosso projeto a identificação de objetos.

Figura 16- Sensor TCS34725



Fonte: Elecbee (2024)

3.5.4 Motor Parabrisa Bosch

Os motores DC da Bosch são utilizados para diferentes aplicações, com uma grande gama de potência em um design compacto. Os motores de corrente contínua foram utilizados por vários anos na indústria de automóveis e podem ser usados também para diferentes aplicações industriais.

Características:

- Alimentação: 12V
- Torque Nominal :9Nm
- Potência: 57W
- Rotação: 75RPM

Figura 17- Motor Parabrisa Bosch



Fonte: Kalatec automação (2024)

3.5.5 Manta emborrachada

Trata-se de um produto desenvolvido através de um composto emborrachado em formato de uma manta. Possuem resistência a impactos, rasgos, cortes e abrasões.

Figura 18- Manta emborrachada

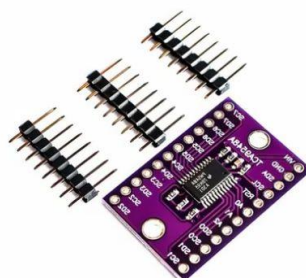


Fonte: Mercado livre (2024)

3.5.6 Multiplexador PCA9548A I2C

O **PCA9548A** é um multiplexador I2C de 8 canais fabricado pela NXP Semiconductors. Ele é projetado para gerenciar a comunicação entre múltiplos dispositivos I2C, permitindo que um único barramento I2C seja compartilhado por vários dispositivos, que de outra forma poderiam ter conflitos devido ao mesmo endereço I2C.

Figura 19-Multiplexador PCA9548A I2C



Fonte: IOT ROBÓTICA (2024)

3.5.7 Relé Miniatura JQC-3FF-S-Z

Um relé é um dispositivo eletromecânico que atua como um interruptor controlado por um sinal elétrico. Sua principal função é permitir que uma corrente baixa controle uma corrente mais alta, isolando os circuitos de controle dos circuitos de potência.

Figura 20- Relé Miniatura JQC-3FF-S-Z



Fonte: Eletropeças (2024)

4.0 DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

O projeto foi realizado a partir de reuniões dentro e fora da escola, e também utilizamos as Redes sociais como meio de comunicação durante o desenvolvimento do projeto.

Dividimos o desenvolvimento prático do projeto em partes, as quais foram feitas com a colaboração dos 6 participantes do grupo do projeto de TCC. Foi realizado unindo a montagem respectivamente do braço robótico de 5 eixos e da esteira transportadora, sendo:

1. Montagem
2. Desenhos técnicos e impressões
3. Esquema elétrico
4. Programação

4.1 Montagem

Foi realizado a montagem das partes na escola, utilizando as oficinas da “Etec Paulino Botelho”, seguindo normas de segurança do trabalho e supervisão de um professor e auxiliar de oficina.

4.1.1 Braço robótico

Para a montagem e funcionamento do braço robótico, utilizamos os materiais descritos na página 15.

Primeiramente, foi tirado as medidas da estrutura do braço, a fim de fazer o desenho técnico da nossa garra, uma vez que nosso braço não a possuía, posteriormente concluímos o desenho técnico e imprimimos em impressora 3D, no material ABS e fixamos ela na estrutura do braço

Logo após, iniciamos a confecção do braço robótico com a montagem dos componentes eletrônicos. Para tal, utilizamos a matriz de contato Protoboard, que é uma placa de prototipagem eletrônica com orifícios e conexões condutoras, que permite montar circuitos eletrônicos sem haver a necessidade de soldar os componentes na placa.

Para o controle e o funcionamento dos componentes eletrônicos que foram inseridos na placa de Protoboard, utilizamos a placa de “Arduino Mega 2560”. A

conexão da placa de Arduino com a placa Protoboard foi feita por meio de jumpers, que são cabos condutores utilizados para conectar dois pontos de um circuito eletrônico.

Para controlar os movimentos do braço robótico em seus diferentes eixos e sua garra, utilizamos cinco servos motores. A última etapa da montagem dos componentes eletrônicos é a conexão dos servos, através de jumpers, às placas de Arduino e Protoboard. Para tanto, ligamos jumpers aos terminais de cada servo.

Ao final de toda a montagem e testes do circuito na Protoboard, soldamos ele na Placa Fenolite, a qual possibilita mais segurança ao projeto.

Logo após, fizemos a programação do braço robótico, a qual está descrita na Página 32.

4.1.2 Esteira transportadora

Para a montagem e funcionamento da esteira transportadora, utilizamos os materiais descritos na página 19.

Não precisamos realizar a montagem desde o início, já que a estrutura esteira foi uma doação da escola através do professor do curso; na qual estava “parcialmente” montada.

Realizamos a regulagem da manta emborracha, a fim de esticá-la o necessário para melhor deslizamento nos roletes e melhor transporte dos objetos carregados por ela.

Testamos o motor de Para-brisa a partir de ligações feitas com jumpers em uma fonte 15V e, conforme esperávamos, ele funcionou, porém, foi preciso tirar as medidas do seu eixo, para que, pudéssemos realizar um desenho técnico (conforme figura 23- pág. 29) de um acoplador, o qual estava ausente para fixar o motor na esteira. Depois da finalização do desenho, a peça foi impressa em 3D, no material ABS e, assim, finalizamos a montagem do motor na esteira.

Após decidirmos onde ficaria todos os sensores da nossa esteira, parafusamos eles nos seus devidos lugares.

Com a montagem dos componentes eletrônicos pronta, começamos a realizar o circuito, utilizamos a matriz de contato Protoboard, que é uma placa de

prototipagem eletrônica com orifícios e conexões condutoras, que permite montar circuitos eletrônicos sem haver a necessidade de soldar os componentes na placa.

Para o controle e o funcionamento dos componentes eletrônicos que foram inseridos na placa de Protoboard, utilizamos a placa de “Arduino Mega 2560”. A conexão da placa de Arduino com a placa Protoboard foi feita por meio de jumpers, que são cabos condutores utilizados para conectar dois pontos de um circuito eletrônico.

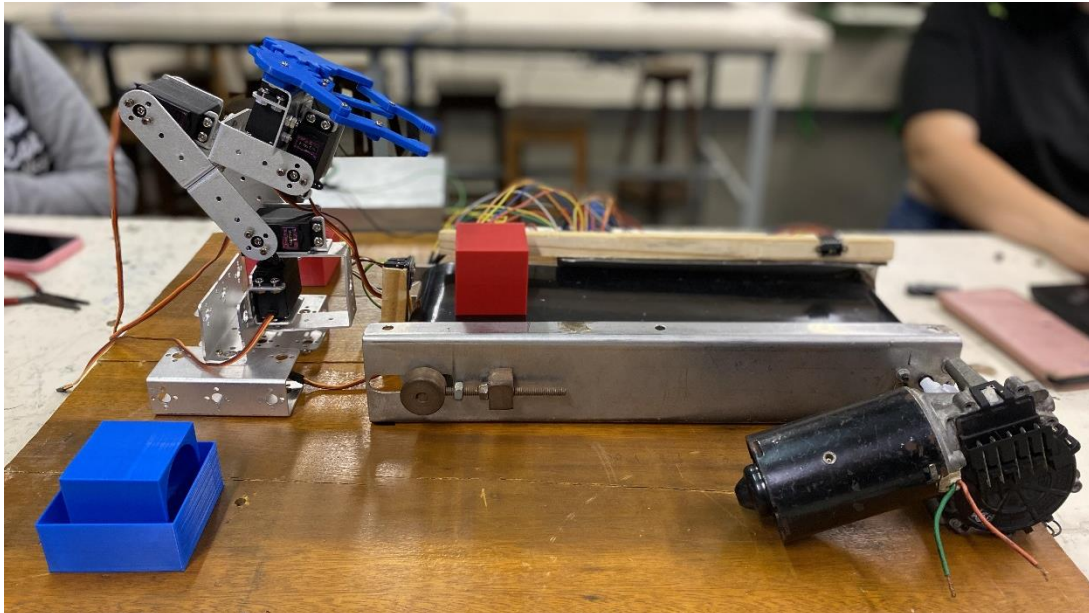
Ao final de toda a montagem e testes do circuito na Protoboard, soldamos ele na Placa Fenolite, a qual possibilita mais segurança ao projeto.

Logo após, fizemos a programação da esteira transportadora, a qual está descrita na Página 32.

4.1.3 Junção dos dois protótipos

Após montagem dos dois protótipos, organizamos todo o projeto em uma base de madeira (40x30cm). Conforme nossa ideia inicial, o braço robótico, a esteira transportadora, as caixas e os cubos, demonstraram uma linha de produção organizada e simplificada. Com o espaço delimitado para cada equipamento e com o circuito e programação pronta, foi possível realizar os testes necessários para que o objetivo do Trabalho de Conclusão de Curso fosse concluído.

Figura 21- Projeto finalizado



Fonte: Próprio autor (2024)

4.2 Desenhos técnico/ impressões 3D

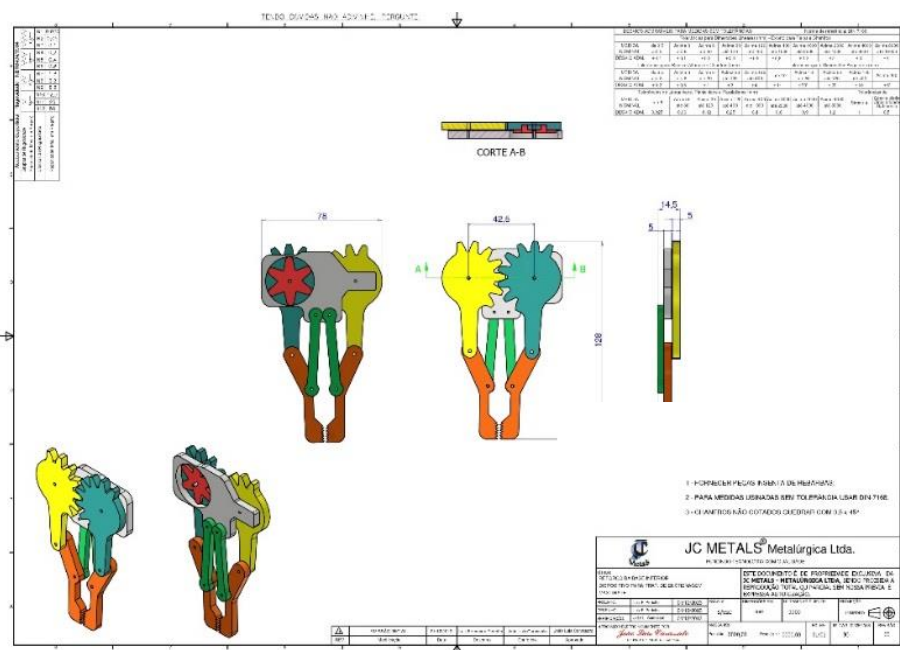
Desenhos: Software “Inventor”

Confecção: Impressora 3D, material ABS.

4.2.1 Garra

A garra em um braço robótico tem a função de recolher objetos. Como a estrutura do nosso braço robótico não possuía garra, decidimos fazer uma confecção própria.

Figura 22- Desenho técnico (garra)

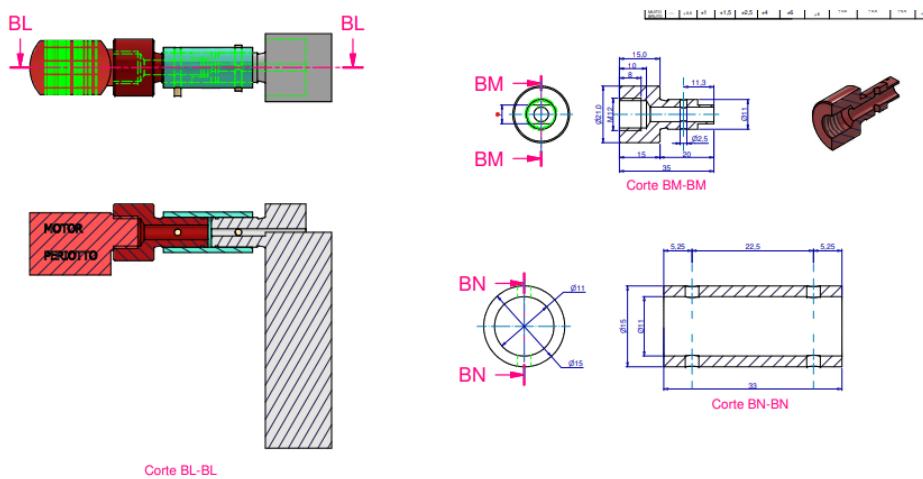


Fonte: próprio autor (2024)

4.2.2 Acoplador do motor

O acoplamento é um tipo de conjunto mecânico responsável por fazer a conexão de sistemas de máquinas e realizar a transmissão de torque de acionamentos rotativos. Ou seja, ele é responsável por interligar os eixos de uma máquina.

Figura 23- Acoplador do motor

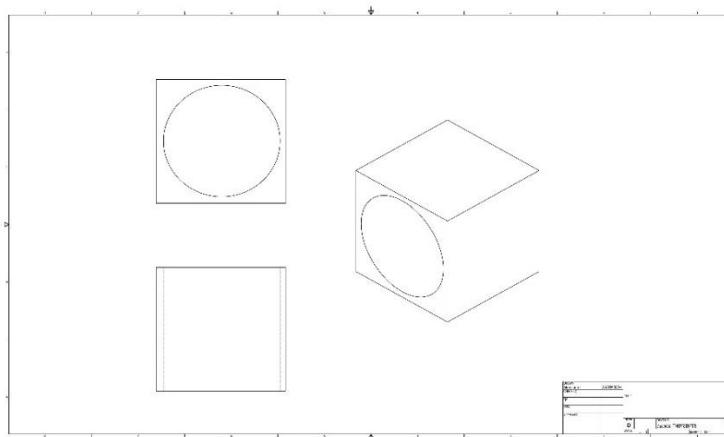


Fonte: próprio autor (2024)

4.2.3 Cubo

Foram utilizados dois cubos como objeto transportado pela esteira transportadora

Figura 24- Cubo

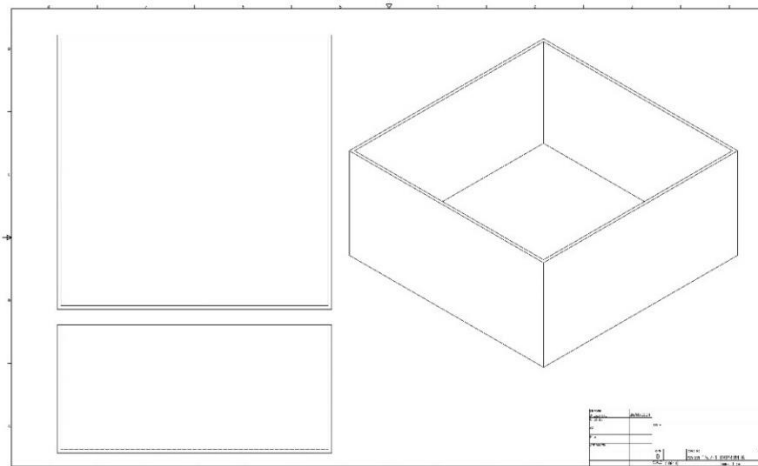


Fonte: próprio autor (2024)

4.2.4 Caixa

Foram utilizadas duas caixas de cores diferentes para separar os objetos (cubos) em suas respectivas colorações.

Figura 25- Caixa



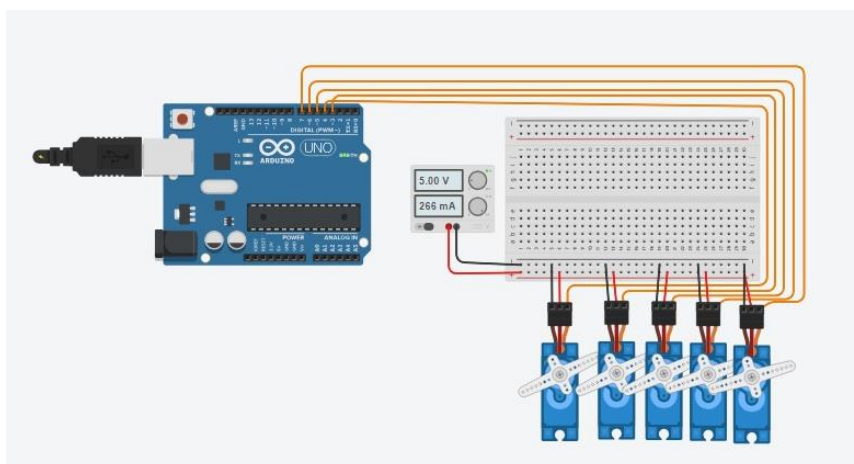
Fonte: próprio autor (2024)

4.3 Esquema elétrico

Elaborado no software “TinkerCad”

4.3.1 Braço robótico

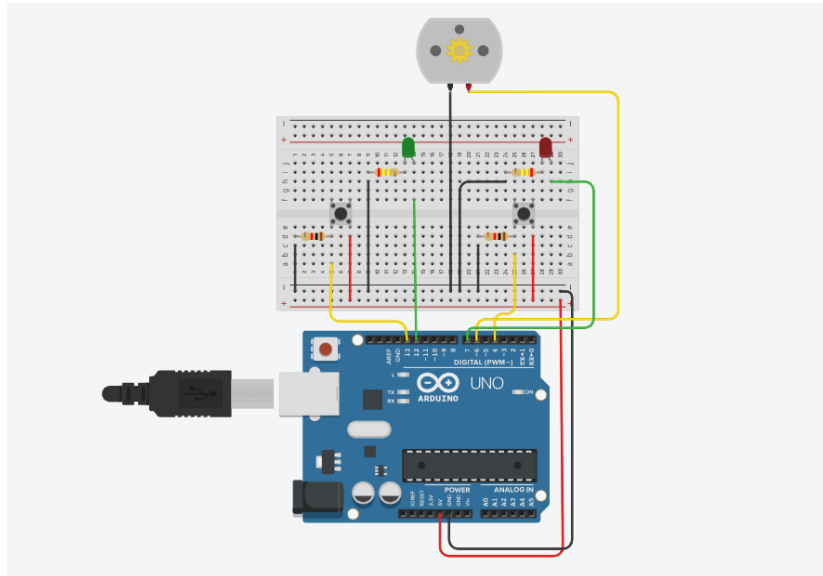
Figura 26- Esquema elétrico braço robótico



Fonte: próprio autor (2024)

4.3.2 Esteira transportadora

Figura 27- Esquema elétrico esteira transportadora



Fonte: próprio autor (2024)

4.4 Programação

Feita no software “Arduino”

```
#include <Adafruit_TCS34725.h>
```

```
#include "TCA9548A.h"
```

```
#include <VL53L1X.h>
```

```
#include <VarSpeedServo.h>
```

```
VL53L1X sensor1;
```

```
VL53L1X sensor2;
```

```
TCA9548A I2CMux;
```

```
Adafruit_TCS34725 tcs =
```

```
Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_50MS,
```

```
TCS34725_GAIN_4X);
```

```
VarSpeedServo Base;
```

```
VarSpeedServo Ombro;
```

```
VarSpeedServo Cotovelo;
```

```
VarSpeedServo Punho;
```

```
VarSpeedServo Garra;
```

```
const int esteiraPin = 30; // Pino de controle da esteira
```

```
void setup() {
```

```
  Base.attach(13);
```

```
  Ombro.attach(12);
```

```
  Cotovelo.attach(11);
```

```
  Punho.attach(10);
```

```
  Garra.attach(9);
```

```
  I2CMux.begin(Wire);
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
// Inicializa os sensores de distância
I2CMux.openChannel(7);
sensor1.init();
sensor1.setTimeout(1000);
sensor1.setDistanceMode(VL53L1X::Long);
sensor1.setMeasurementTimingBudget(50000);
sensor1.startContinuous(50);
I2CMux.closeChannel(7);

I2CMux.openChannel(6);
sensor2.init();
sensor2.setTimeout(500);
sensor2.setDistanceMode(VL53L1X::Long);
sensor2.setMeasurementTimingBudget(50000);
sensor2.startContinuous(50);
I2CMux.closeChannel(6);

// Inicializa o sensor de cor
tcs.begin();

// Configura o pino da esteira como saída
pinMode(esteiraPin, OUTPUT);
digitalWrite(esteiraPin, LOW); // Esteira desligada inicialmente
}

void loop() {
// Leitura do sensor de cor
I2CMux.openChannel(3);
```

```
uint16_t r, g, b, c;
tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c);
I2CMux.closeChannel(3);

// Identificação de cor
char cor = '0';
if (r > g && r > b && c < 800) {
    Serial.println("Vermelho detectado");
    cor = 'v';
} else if (b > g && b > r && c < 1000) {
    Serial.println("Azul detectado");
    cor = 'a';
}

// Leitura do sensor 1
I2CMux.openChannel(7);
int distance1 = sensor1.read();
if (sensor1.timeoutOccurred()) {
    Serial.println("Sensor 1 TIMEOUT");
} else {
    Serial.print("Distância Sensor 1: ");
    Serial.println(distance1);
    delay(550);
}
I2CMux.closeChannel(7);

// Leitura do sensor 2
I2CMux.openChannel(6);
```

```
int distance2 = sensor2.read();
if (sensor2.timeoutOccurred() {
  Serial.println("Sensor 2 TIMEOUT");
} else {
  Serial.print("Distância Sensor 2: ");
  Serial.println(distance2);
}
I2CMux.closeChannel(6);

// Controle da esteira
if (distance1 < 60) { // Ajuste a distância conforme necessário
  digitalWrite(esteiraPin, HIGH); // Liga a esteira
  Serial.println("Esteira desligada");
} else if (distance2 < 60) { // Ajuste a distância conforme necessário
  digitalWrite(esteiraPin, LOW); // Desliga a esteira
  Serial.println("Esteira ligada");
}

delay(500);
if (distance1 < 60){
  pegarcaixa();

  delay(2000);

  if (cor == 'v'){
    caixavermelha();
  }
  if (cor == 'a'){
```

```
    caixaazul();
}
else{
    posinicial();
}

delay(2000);
posinicial();
delay(2000);
}
}

void posinicial(){
Base.slowmove(109,40);
delay(500);
Ombro.slowmove(90,40);
delay(500);
Cotovelo.slowmove(80,40);
delay(500);
Punho.slowmove(50,40);
delay(500);

}

void pegarcaixa(){
    delay (2000);
    Base.slowmove(111,40);
    delay (2000);
    Ombro.slowmove(80,20);
```

```
Cotovelo.slowmove(80,40);
Punho.slowmove(50,40);
Base.slowmove(110,40);
delay(500);
Ombro.slowmove(77,40);
delay(500);
Cotovelo.slowmove(90,40);
delay(500);
Punho.slowmove(40,40);
delay(500);
Ombro.slowmove(80,40);
Cotovelo.slowmove(135,40);
delay(1000);
Garra.slowmove(10,40);
delay(2000);
Cotovelo.slowmove(100,40);
Ombro.slowmove(120,40);
delay(2000);
}

void caixaazul(){
    delay(500);
    Base.slowmove(0,40); // mudar os angulos
    delay(1000);
    Ombro.slowmove(60,40); // mudar os angulos
    delay(1000);
    Cotovelo.slowmove(103,40); // mudar os angulos
    delay(500);
```

```
Punho.slowmove(30,40); // mudar os angulos
Garra.slowmove(65,40);
delay(500);
Cotovelo.slowmove(60,40); // mudar os angulos
delay(500);
}
```

```
void caixavermelha(){
    delay(500);
    Base.slowmove(175,40); // mudar os angulos
    delay(500);
    Ombro.slowmove(60,40); // mudar os angulos
    delay(500);
    Cotovelo.slowmove(103,40); // mudar os angulos
    delay(500);
    Punho.slowmove(30,40); // mudar os angulos
    Garra.slowmove(70,40);
    delay(500);
    Cotovelo.slowmove(60,40); // mudar os angulos
    delay(500);
}
```

```
void posmovimentovermelha(){
    Base.slowmove(175,40);
    Ombro.slowmove(80,40);
    Cotovelo.slowmove(80,40);
    Punho.slowmove(50,40);
    Base.slowmove(110,40);
}
```

```
delay(2000);
Ombro.slowmove(77,40);
delay(2000);
Cotovelo.slowmove(138,40);
delay(2000);
Punho.slowmove(40,40);
delay(2000);
}
void pospegarvermelha(){
    Base.slowmove(179,40); // mudar os angulos
    delay(2000);
    Ombro.slowmove(60,40); // mudar os angulos
    delay(2000);
    Cotovelo.slowmove(103,40); // mudar os angulos
    delay(2000);
    Punho.slowmove(30,40); // mudar os angulos
    delay(2000);
}
void abregarra(){
    Garra.slowmove(70,40);
}
void fechagarra(){
    Garra.slowmove(5,40);
}
```

5.0 TABELA DE CUSTOS

ORÇAMENTO		
ITENS	DESCRIÇÃO	VALOR R\$
1	Estrutura braço robótico	300
5	Servo motor	30
1	Arduino mega	100
1	Sensor TCS34725	32,99
2	Sensor VL53L1X	38
2	Jumper	12
1	Placa fenolite	16,9
1	Garra	68
1	Motor bosch 12V	320
1	Estrutura esteira	150
1	Sensor PCA9548A	20
1	Relé Miniatura	22,90
	SOMA TOTAL	1.280,79

OBS:

Estrutura de alumínio e servo motor: doado pelo professor Aparecido Sedi Moriwaki, a fim de ser usado como material didático nos próximos anos.

Arduino Mega: fomos patrocinados pela loja de componentes eletrônicos: CaAndMa

Garra por impressão 3D: impressa pelo professor e coordenador de curso Fábio Kiei Nakasone.

Estrutura esteira e motor para-brisa bosch 12V: doado pelo professor Celso Hiroshi Tamashiro, a fim de ser usado como material didático nos próximos anos.

6.0 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do protótipo “Linha de produção seletora e braço robótico de 5 eixos” representa um avanço significativo na automação de processos industriais e logísticos. Ao longo deste trabalho, foi possível demonstrar a viabilidade técnica e a eficiência do sistema, que combina a precisão dos movimentos do braço robótico com a agilidade da esteira transportadora e, assim, demonstra uma linha de produção organizada, separando objetos em caixas de suas respectivas cores.

Através da implementação de sensores e atuadores adequados, o protótipo foi capaz de realizar tarefas específicas, como identificar, pegar, mover e posicionar objetos com precisão. Essa capacidade aumenta a produtividade e reduz a margem de erro humano. Logo, contribui para um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Os resultados obtidos durante os testes mostraram que a combinação entre o braço robótico e a esteira transportadora permite uma operação fluida e coordenada, facilitando o fluxo de materiais em diferentes etapas do processo produtivo. Além disso, o sistema demonstrou ser flexível e adaptável, podendo ser ajustado para atender a diferentes demandas e configurações produtivas.

Em conclusão, o protótipo desenvolvido não apenas valida os conceitos teóricos discutidos ao longo do curso de Mecatrônica, mas também, abre novas possibilidades para futuras pesquisas e aplicações na área de automação. Com o avanço contínuo da tecnologia é possível prever que sistemas como o demonstrados nesse Trabalho de Conclusão de Curso tornarão cada vez mais comuns nas indústrias, contribuindo para uma produção mais inteligente e sustentável.

A experiência adquirida por nós através deste protótipo serve como uma base sólida para futuros projetos e para futuras inovações e aprimoramentos na automação industrial.

7.0 REFERÊNCIAS

BORGES PEREIRA, L.; SILVA, P. **Processo de Fabricação: Esteira Transportadora Industrial.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/53906/1/LUCIANO_BORGES_PEREIRA.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

DE SOUZA, E. V. O. DE S. M. E. S. C. M. R. C. A. S. V. S. **Etec Paulino Botelho – São Carlos/SP Ensino Médio Integrado ao Técnico em Mecatrônica.** Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/16643/1/TCC-%20CENTR%c3%8dFUGA%20DE%20LABORAT%c3%93RIO-24.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2024.

ENGENHOCANDO. **Braço robótico com arduino.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=de9S91jU7m8>>. Acesso em: 15 set. 2024.

ROBÓTICO, B. **TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO TÉCNICO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.** Disponível em: <<https://www.jorgestreet.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Bra%C3%A7o-Robotico.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2024.