



HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO EM MECATRÔNICA

PROTÓTIPO DE UMA MÁQUINA DE SOLDA PONTEADEIRA DE SOLDA POR RESISTÊNCIA

Adriano da Abreu Barreto

Adriel Antônio da Silva

André da Silva Queiroz

André Luís Machado dos Santos de Brito

José Nilson de Nascimento

Lemuel Gonçalves de Oliveira

Matheus da Silva Ribeiro

Paulo Ricardo Munhoz Caldeirão

Santo André
2022/2023

AGRADECIMENTOS

A todos os professores que contribuíram para nossa formação até o momento, seu entusiasmo, dedicação e amor por lecionar.

Aos colegas de classe, parte essencial do curso, pois, sem companheiros para trocarmos ideias e dicas tudo seria mais difícil.

Às nossas famílias que nos apoiaram em todos os momentos e reconheceram a importância do estudo e todos os dias nos deram forças para continuar até chegarmos nesse momento.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo, apresentar um protótipo de uma máquina de solda a ponto por resistência. O intuito do projeto é minimizar o processo de uma grande máquina para uma mais simples e compacta, com isso mostrar ao mercado a possibilidade de reduzir custos, uma fácil manutenção e simples funcionalidade aos colaboradores que possam chegar a utilizar a máquina. E com isso, a adição de alguns processos que irão auxiliar no funcionamento deste trabalho.

Abstract

This work aims to present a prototype of a resistance spot welding machine. The objective of the project is to minimize the process of moving from a large machine to a simpler and more compact one, showing the market the possibility of cost reduction, easy maintenance and simple functionality for employees who may use the machine. And with that the addition of some processes that will help in the functioning of the same.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Solda por Resistência.....	13
Figura 2 – Eletrodo.....	16
Figura 3 – Transformador.....	17
Figura 4 – Diagrama Elétrico da Máquina.....	19
Figura 5 – Arduino.....	20
Figura 6 – Protoboard.....	58
Figura 7 – Jumpers.....	59
Figura 8 – Braço Robótico 6 Eixos.....	60
Figura 9 – Cilindro de Dupla Ação.....	62
Figura 10 – Montagem.....	65
Figura 11 – Vista Expandida.....	68
Figura 12 – Projeto Final Máquina.....	69
Figura 13 – Projeto Completo.....	69
Figura 14 – Diagrama de GANTT.....	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

V - Volt;

MPa - resistência à compressão;

A - Ampères;

VA - volt-ampère

mA - Miliampère

Vcc - tensão contínua;

CC - Corrente Contínua;

Hz - Hertz.

mm - milímetro

cm - centímetro

cm² - centímetro ao quadrado

KB - kilobyte

MH - Mega henry

C° - graus Celsius

N - Newton

P - Pressão

Kgf - quilograma-força

Kgf/cm² - quilograma-força por centímetro quadrado

r² - raio ao quadrado

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Dados do projeto.....	8
2. OBJETIVO GERAL DO PROJETO	9
3. Metodologia	9
4. Vantagens.....	11
5. Desvantagens.....	11
6. MATERIAIS E MÉTODOS	12
6.1 Soldagem por resistência	13
6.2 Cálculos:.....	14
6.3 Operações da solda passo-a-passo:.....	15
7. Eletrodos.....	16
8. Fonte de corrente elétrica (transformador).....	17
9. Diagrama elétrico da máquina:.....	19
10. Arduino	20
10.1 Especificações do Arduino:	20
10.2 Programação utilizada para o Arduino:.....	21
10.3 Protoboard:.....	58
10.4 Jumpers:.....	59
11. Braço robótico	60
11.1 Método:.....	60
12. Cilindro de dupla ação	62
12.1 Métodos:.....	62
12.2 Cálculos:.....	63
13. Montagem.....	65
14. Vista expandida:.....	68
15. Projeto final (máquina):.....	69
15.1 Projeto completo:	69
16. Orçamento	70

17. Monitoramento.....	71
17.1 Diários de bordo.....	71
18. Diagrama de GANTT.....	82
19. Considerações Finais.....	83
20. Referências.	84

1. INTRODUÇÃO

Esse projeto tem como o objetivo a automatização de uma máquina de solda, a ideia partiu com base nas mudanças das empresas para uma maior velocidade em fabricação de seus produtos, muitas adotaram a automatização em seus processos. Com isso a indústria viu a possibilidade de reduzir custos, aumentar sua produtividade e o mais interessante de tudo isso e de ter lucros maiores. Então o propósito é visar a agilidade e abordar a facilidade de como ocorrerá a soldagem para que o mercado possa ver isso e se interessar pela ideia e possam adquirir aos seus processos.

O intuito de nossa ideia se baseia no seguinte funcionamento:

A máquina terá um sensor para reconhecer se a peça está no ponto, e ativar um atuador pneumático para fixar a mesma, e assim acontece a solda, mas para movimentar as chapas a serem soldadas e o processo ocorrer todo automaticamente; um braço robótico programado por Arduino vai deslocar as peças para o local em que a pessoa responsável as utilize.

1.1 Dados do projeto

Soldagem é o processo de união permanente de peças metálicas por meio de fusão ou pressão, assegurando na junta da solda a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas, que vem sendo desenvolvido pelo homem durante anos e atualmente é o fundamental processo de união permanente de peças metálicas (MARQUES, et al 2007). Os processos de soldagem podem ser caracterizados em processo de soldagem por fusão ou processo de soldagem por pressão ou deformação. A Máquina de Solda Ponteadeira (MSP) tem função de soldagem por pressão.

A soldagem por resistência a ponto, por ser um processo destinado a chapas de espessura fina, e não alterar o peso da peça, pois não leva metal de adição no momento do processo, o qual se dá o nome de soldagem autógena, técnica essa que acontece quando as peças sobrepostas são pressionadas uma contra a outra através de um eletrodo, movimentado por uma força mecânica,

hidráulica, pneumática ou a mistura das três, e no exato momento passa uma corrente elétrica unindo permanentemente as peças.

2. OBJETIVO GERAL DO PROJETO

O objetivo geral, é automatizar uma máquina de solda. Analisado o seu funcionamento, vimos que, seu processo exigia grande força humana para realizar a operação, além da repetição do mesmo movimento executada pelo profissional disposto para a função. E com isso, decidimos automatizar esse processo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A ideia partiu também para entender como funciona a programação das máquinas nas indústrias; conhecendo um pouco sobre esse ramo, entendemos que a automação cresce cada vez mais no mercado e possibilita novas criações e tecnologias para o processo acontecer;
- Foi considerado também, que com esta ideia poderia ser feita a junção de alguns mundos da indústria, a parte de: Solda, Robótica e automação. Onde uma pode se conectar com a outra e realizar diversas operações;
- Um dos objetivos discutido sobre o grupo também, foi o braço robótico; dispositivo que hoje é responsável por grande parte da fabricação dos produtos das grandes empresas, o que atraiu o nosso interesse e com isso adicionamos ele ao projeto com o intuito de que o processo se realizasse de forma mais automatizada ainda. Onde o braço seria responsável de movimentar as chapas para serem soldadas; material que vai ser utilizado no TCC.

3. Metodologia

Desde o início da elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso, o grupo desenvolveu uma técnica para a realização de pesquisas, controle do cronograma de tarefas, atualização do diário de bordo, confecção de desenhos

e desenvolvimento da programação e relatórios semestrais. Sendo essa técnica a de designar uma pessoa que ficaria responsável por alguma função. Por exemplo, uma pessoa fica responsável por pesquisar e organizar as informações relacionadas aos componentes do projeto. Já outra se responsabiliza pela parte de confeccionar os desenhos técnicos. Essa designação foi feita de forma democrática, pois eram expostas as funções à serem executadas para que cada integrante escolhesse de acordo com a tarefa que mais se sentia confortável em fazer.

4. Vantagens

- Adaptável à indústria, de acordo com proporções desejadas;
- Otimização do processo industrial;
- Agilidade na linha de produção;
- Visa tirar o esforço físico e repetitivo
- Projeto econômico por ser compacto e possuir componentes de fácil obtenção;
- Proporciona melhor custo-benefício na produção;

5. Desvantagens

- Dificuldade para a troca de componentes, por conta da fixação deles;
- Programação complexa
- Projeto para uma área específica da indústria
- Conhecimento técnico sobre o assunto

6. MATERIAIS E MÉTODOS

A soldagem por resistência tem suas origens no final do século XIX, quando os avanços tecnológicos e a necessidade de unir metais de forma eficiente impulsionaram o desenvolvimento de novos métodos de soldagem. A soldagem por resistência surgiu como uma técnica promissora que utiliza o calor gerado pela resistência elétrica para unir peças de metal.

A história da soldagem por resistência começou com a invenção do processo de soldagem por ponto em 1885 por Elihu Thomson, um inventor e engenheiro elétrico americano. Ele patenteou o método de aplicar uma corrente elétrica de alta intensidade em um ponto de contato entre duas peças metálicas para fundi-las e criar uma junta sólida. Esse processo foi inicialmente utilizado para unir peças de cobre e latão.

Ao longo dos anos, a soldagem por resistência foi aprimorada e amplamente adotada em diversas indústrias. Na década de 1920, o processo de soldagem por costura foi desenvolvido, permitindo a união de bordas longitudinais de chapas metálicas. O processo de soldagem por projeção também foi desenvolvido para unir peças com protuberâncias ou pontos de contato específicos.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a soldagem por resistência teve um grande avanço com a demanda por produção em massa de aviões, navios e outros equipamentos militares. A técnica mostrou-se eficiente para a união de peças de aço e alumínio, sendo amplamente utilizada na indústria aeroespacial e automotiva.

Ao longo do tempo, foram realizadas melhorias nas máquinas de soldagem por resistência, nos eletrodos e nas técnicas de controle de processo. Os avanços tecnológicos permitiram a automação e a robotização da soldagem por resistência, aumentando a produtividade e a precisão das operações.

Atualmente, a soldagem por resistência é amplamente utilizada em várias indústrias, incluindo automotiva, aeroespacial, eletrodomésticos, construção civil e muitas outras. Os processos de soldagem por ponto, costura e projeção

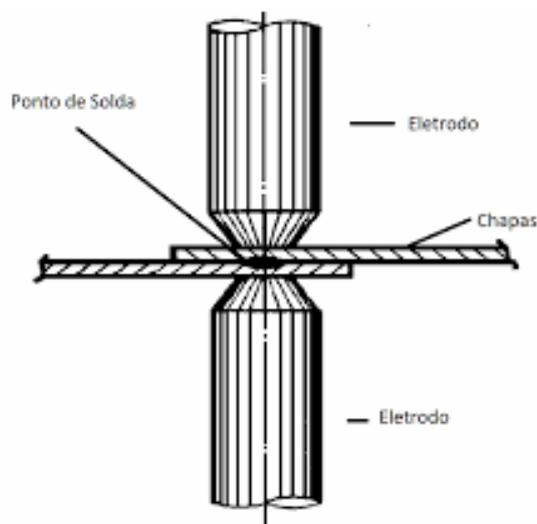
são aplicados em diferentes aplicações, desde a fabricação de carros até a produção de componentes eletrônicos.

A história da soldagem por resistência demonstra seu papel fundamental no desenvolvimento industrial, fornecendo uma técnica eficiente e confiável para a união de metais. A constante evolução e inovação nessa área continuam impulsionando o progresso da soldagem por resistência e sua aplicação em novas áreas e materiais.

6.1 Soldagem por resistência

Soldagem é a união de dois materiais em uma junta, com aplicação de calor ou pressão, com ou sem material adicionado. A solda utilizada no projeto é a **solda por resistência**, ela ocorre quando duas peças normalmente de alumínio são pressionadas uma contra a outra por eletrodos que possuem uma corrente elétrica alta, que é convertida em calor para acontecer a fusão dos materiais. Esse processo se baseia na lei de joule ($Q=KRT$) onde o calor é proporcionado pelo tempo exposto, resistência elétrica do eletrodo e a intensidade da corrente utilizada. A solda que iremos utilizar se baseia nesse princípio, porém com o tiristor fazendo o papel de transistor liberando a passagem de corrente sobre a chapa a ser soldada.

Imagem 1: (Solda por resistência)



Fonte: (DEMAT –cefet-mg, 2017)

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (1)$$

Onde, Q – calor gerado (joules);

I – Intensidade da corrente (Ampères);

R – Resistência elétrica (Ohms);

t – Tempo de passagem da corrente (segundos)

6.2 Cálculos:

Determinando alguns parâmetros em cálculos para que ocorra a soldagem.

Resistência elétrica do material: Resistividade elétrica (também resistência elétrica específica) é uma medida da oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica.

O alumínio apresenta resistividade de $0,0282 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Resistência elétrica: A resistência elétrica (R) é determinada pela fórmula $R = \text{resistividade} \times \text{comprimento} / \text{área}$.

Resistência (R):

$$R = (\rho \cdot L) / A$$

$$R = (2,65 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}) \times (0,01 \text{ m}) / (2,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2) = 0,0106 \Omega \text{ (valor aproximado)}$$

Corrente elétrica:

$$I = V / R$$

$$I = 127 \text{ V} / 0,0106 \Omega = 11981 \text{ A (valor aproximado)}$$

Potência:

$$P = V \cdot I$$

$$P = 127 \text{ V} \cdot 11981 \text{ A} = 1,521,487 \text{ W (valor aproximado)}$$

Vantagens:

- Melhor acabamento visual no ponto para a soldagem;
- Possibilidade de automação do processo;
- Soldagem com maior precisão e repetibilidade;

- Alta velocidade (dependendo da solda a utilizar);
- Facilidade em aprender como ocorre a soldagem (operação simples de se fazer).

Desvantagens:

- Possibilidade de danificação das chapas pelo calor gerado durante a operação;
- Qualidade de solda varia de acordo com a habilidade do profissional que está fazendo a soldagem;
- Fumos e respingos ocasionados pelo processo.

6.3 Operações da solda passo-a-passo:

Etapa 1: Os eletrodos iniciam o processo de descida para que as chapas sejam pressionadas;

Etapa 2: As chapas devem ser pressionadas de modo a garantir um bom assentamento do metal base evitando problemas como a expulsão do metal fundido da zona de solda;

Etapa 3: O material é mantido sobre pressão e a corrente de soldagem é liberada através do eletrodo, iniciando a formação do ponto de solda;

Etapa 4: Quando o processo de formação é concluído a corrente cessa, mas os eletrodos mantêm a pressão nas chapas até que o ponto se solidifique;

Etapa 5 e 6: A força aplicada é interrompida e os eletrodos se abrem (BRANCO,2004).

7. Eletrodos

Na solda por resistência, o eletrodo irá desempenhar um papel fundamental na criação do contato elétrico e na aplicação da corrente necessária para realizar a fusão dos materiais a serem unidos. O eletrodo é uma peça condutora que faz contato direto com as peças a serem soldadas.

Figura 2: (Eletrodo)



Fonte: Eletrodos – sold, 2015

Em geral, o cobre é o metal que compõe o eletrodo por apresentar boa condutividade tanto térmica como elétrica, essas são características importantes, pois possibilitarão a passagem de corrente elétrica na soldagem. A liga de latão é formada por 70% de Cobre e 30% de Zinco. O Zinco adicionado ao Cobre torna as peças com maior resistência mecânica que o Cobre puro. Assim, o latão é mais duro (menos dúctil) que o Cobre. (LG STEEL, 2016)

Aspectos do funcionamento do eletrodo na solda por ponto:

- Material do eletrodo: O eletrodo utilizado no projeto é feito de cobre sem adições de outros materiais, chamado de cobre Cromo **CUCR**, sua confecção é mais simples e com valor abaixo, porém com de maior condutividade e resistência ao desgaste.
- Dimensões: 3,2 mm de diâmetro
- Material: O eletrodo vai interagir com tampas de alumínio, material que foi utilizado como exemplo para o funcionamento da máquina

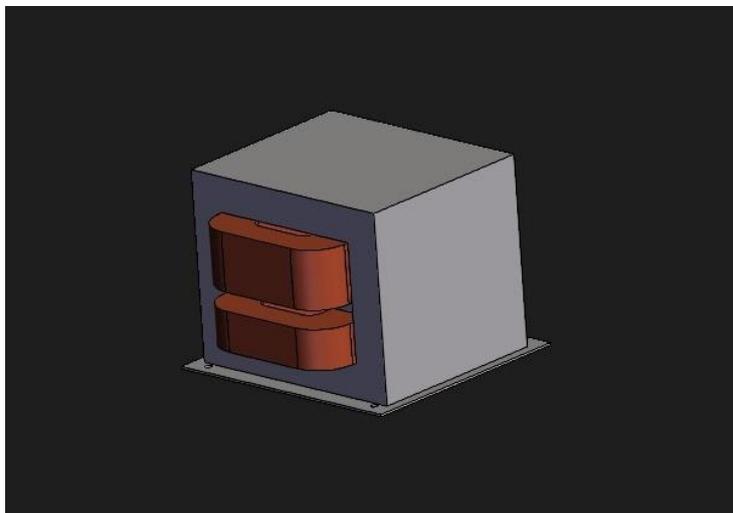
- Conexões: Utilizaremos para o controle e envio do eletrodo, o
- Faixa de operação: são parâmetros necessários para utilizar o eletrodo:

Corrente elétrica	Tempo da soldagem	Pressão dos Eletrodos
Varia de 100~200v	De 0,5~2 segundos	0,2 a 1,0 Mpa

8. Fonte de corrente elétrica (transformador)

O transformador converte a tensão elétrica da rede de alimentação em uma tensão adequada para o processo de soldagem. Ele amplifica a tensão de entrada e reduz a corrente para fornecer a potência necessária para a solda.

Figura 3: (Transformador)



Fonte própria - Inventor

Características elétricas:

- 900 WA
- Tensão de entrada: 127v
- Tensão de saída: 1v

Configuração:

- Apenas 1 enrolamento secundário
- Funcionamento monofásico

Relação de transformação: 2:1

Isolação e segurança: bobinas

Dimensões e peso:

- 3,5 Kg

Medidas:

Base: 9,6cm x 11cm

Distância entre os furos para fixação: 8,6cm x 8,6cm

Altura 8,3cm

Chapa mede 65 milímetros de largura

95 milímetros de comprimento

80 milímetros de altura

Bobina 110 milímetros de comprimento

50 milímetros de altura por 60 de largura

10. Arduino

O Arduino é um facilitador de projetos robóticos, atuando como uma mente eletrônica programável, de uso simples contendo diversas portas de conexões com módulos e sensores. A placa funciona através de pinos que conectam a um circuito eletrônico enviando e recebendo informações necessitando que um software baixado por computador, determinando todos os comandos e ações dele.

O Arduino utilizado é o mega 2560 que foi escolhido pela sua maior saída de entradas e saídas, a programação foi feita pelo software Arduino IDE.

Ele irá controlar o braço robótico para a movimentação das chapas a ser soldadas. Sua linguagem de programação irá ser a CC++, que teve uma maior facilidade para este programa.

Imagem 5: (Arduino)



Fonte: Eletronic system, 2019

10.1 Especificações do Arduino:

- Microcontrolador: ATmega2560
- Tensão de Operação: 5V
- Tensão de Entrada: 7-12V
- Portas Digitais: 54 (15 podem ser usadas como PWM)
- Portas Analógicas: 16
- Corrente Pinos I/O: 40mA
- Corrente Pinos 3,3V: 50mA

- Memória Flash: 256KB (8KB usado no bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Velocidade do Clock: 16MH

10.2 Programação utilizada para o Arduino:

```
#include <SpeedServo.h>
```

```
#include <AccelStepper.h>
```

```
//variaveis globais:
```

```
void (*PonteiroDeFuncao)(); //ponteiro de função da máquina de estados. Ele aponta sempre para a função da máquina de estados que deve ser executada
```

```
AccelStepper stepper(AccelStepper::FULL4WIRE, 42, 43, 44, 45);
```

```
//Servo Motors
```

```
#define pinServo0 13 //Axis 1
```

```
#define pinServo1 12 //Axis 2
```

```
#define pinServo2 11 //Axis 3
```

```
#define pinServo3 10 //Axis 4
```

```
#define pinServo4 9 //Axis 5
```

```
#define pinServo5 8 //Axis 6
```

```
#define pinServo6 7 //Gripper
```

```
//Botões
```

```
#define StartButton 53 //Start
```

```
#define StopButton 37 //Stop
```

```
#define CmdConveyorButton 38 //Conveyor
```

```
//Lights
```

```
#define Start_Light 39 //Start_Light
```

```
#define Stop_Light 40 //Stop_Light
```

```
//Sensores
```

```
#define SensorReflexivo 3
```

```
#define SensorIndutivo 2
```

```
VarSpeedServo servo0; //Axis 1
```

```
VarSpeedServo servo1; //Axis 2
```

```
VarSpeedServo servo2; //Axis 3
```

```
VarSpeedServo servo3; //Axis 4
```

```
VarSpeedServo servo4; //Axis 5
```

```
VarSpeedServo servo5; //Axis 6
```

```
VarSpeedServo servo6; //Gripper
```

```
int ButtonA1 = 22;
```

```
int ButtonA2 = 23;
```

```
int ButtonB1 = 24;
```

```
int ButtonB2 = 25;
```

```
int ButtonC1 = 26;
```

```
int ButtonC2 = 27;
```

```
int ButtonD1 = 28;
```

```
int ButtonD2 = 29;
```

```
int ButtonE1 = 30;
```

```
int ButtonE2 = 31;
```

```
int ButtonF1 = 32;
```

```
int ButtonF2 = 33;
```

```
int ButtonG1 = 51;
```

```
int ButtonG2 = 52;
```

```
int typeofpart = 0;
```

```

//Conditions for Home Position
float anguloServoA = 40;
float anguloServoB = 90;
float anguloServoC = 90;
float anguloServoD = 90;
float anguloServoE = 180;
float anguloServoF = 75;
float anguloServoG = 170;

unsigned long int TempoAnterior0 = 0;

//Machine States *****
void Init(void);
void Home_Position(void); //função que representa o estado inicial da máquina
de estados
void checker(void);
void checkerpart(void);
void p1(void); //função que representa o ponto 1
void p2(void); //função que representa o ponto 2
void p3(void); //função que representa o ponto 3
void p4(void); //função que representa o ponto 4
void p4_1(void); //função que representa o ponto 4_1
void p5(void); //função que representa o ponto 5
void p5_1(void); //função que representa o ponto 5_1
void p6(void); //função que representa o ponto 6
void p6_1(void); //função que representa o ponto 6_1
//*****
void setup() {
  //Setup of Servos
  servo0.attach(pinServo0);

```

```
servo1.attach(pinServo1);
servo2.attach(pinServo2);
servo3.attach(pinServo3);
servo4.attach(pinServo4);
servo5.attach(pinServo5);
servo6.attach(pinServo6);

//Outputs
//Lights
pinMode(Start_Light, OUTPUT);
pinMode(Stop_Light, OUTPUT);

//Actuators
stepper.setMaxSpeed(1000);
stepper.setSpeed(200);

//Inputs
//Sensors
pinMode(SensorReflexivo, INPUT);
pinMode(SensorIndutivo, INPUT);

//Buttons
pinMode(StartButton, INPUT_PULLUP);
pinMode(StopButton, INPUT_PULLUP);
pinMode(CmdConveyorButton, INPUT_PULLUP);

pinMode(ButtonA1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonA2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonB1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonB2, INPUT_PULLUP);
```

```
pinMode(ButtonC1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonC2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonD1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonD2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonE1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonE2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonF1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonF2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonG1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonG2, INPUT_PULLUP);
```

```
//Initial Position of robot
```

```
servo0.slowmove(40, 100);
servo1.slowmove(90, 100);
servo2.slowmove(90, 100);
servo3.slowmove(90, 100);
servo4.slowmove(180, 100);
servo5.slowmove(75, 100);
servo6.slowmove(170, 100);
```

```
//Initiation Contion for Conveyors
```

```
PonteiroDeFuncao = Init;
```

```
digitalWrite(Stop_Light, HIGH);
```

```
//Start the Serial Screen
```

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

```
}
```

```
//*****
```

```
void loop()
```

```
{  
  (*PonteiroDeFuncao)(); //chama a função apontada pelo ponteiro de função  
  (...
```

//Programação do robô Delta v1

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

```
//variaveis globais:
```

```
void (*PonteiroDeFuncao)(); //ponteiro de função da máquina de estados. Ele  
aponta sempre para a função da máquina de estados que deve ser executada
```

```
#define tempoPausaEntreMovimentos 500 //configura o tempo de pausa entre  
cada movimento
```

```
//Servo Motors
```

```
#define pinServo0 13 //Axis A
```

```
#define pinServo1 12 //Axis B
```

```
#define pinServo2 11 //Axis C
```

```
#define pinServo3 10 //Rotate Axis
```

```
#define pinServo4 9 //Gripper
```

```
//Motors
```

```
#define pinMotor_1_H 8 //Motor 1 Sentido Horário
```

```
#define pinMotor_2_H 7 //Motor 2 Sentido Horário
```

```
//Botões
```

```
#define ManualButton 6 //Manual Mode
```

```
#define Manual_Light 5 //In Manual Mode
```

```
//Sensores
```

```

#define SensorReflexivo 4
#define SensorIndutivo 3

#define pinPot0 A0 //Control of Axis A
#define pinPot1 A1 //Control of Axis B
#define pinPot2 A2 //Control of Axis C
#define pinPot3 A3 //Control of Rotate Axis
#define pinPot4 A4 //Control of Gripper
#define pinPot5 A5 //Control of Velocity

VarSpeedServo servo0; //Axis A
VarSpeedServo servo1; //Axis B
VarSpeedServo servo2; //Axis C
VarSpeedServo servo3; //Rotate Axis
VarSpeedServo servo4; //Gripper

int Man_Button = 0;
int State_Man_Button = 0;

int valor0; //Read position of potpin0 and write in Axis A
int valor1; //Read position of potpin1 and write in Axis B
int valor2; //Read position of potpin2 and write in Axis C
int valor3; //Read position of potpin3 and write in Axis Rotate Axis
int valor4; //Read position of potpin4 and write in Axis Gripper
int valor5; //Read the velocity of servos

int velocity; //variable that control of speed of servos

void ManualMode();
//Machine States *****

```

```

void Home_Position(void); //função que representa o estado inicial da máquina
de estados

void p1(void); //função que representa o estado 1

void p2(void); //função que representa o estado 2

//*****

void setup() {
  //Setup of Servos

  servo0.attach(pinServo0);
  servo1.attach(pinServo1);
  servo2.attach(pinServo2);
  servo3.attach(pinServo3);
  servo4.attach(pinServo4);

  //Outputs

  pinMode(Manual_Light, OUTPUT);
  pinMode(pinMotor_1_H, OUTPUT);
  pinMode(pinMotor_2_H, OUTPUT);

  //Inputs

  pinMode(SensorReflexivo, INPUT);
  pinMode(SensorIndutivo, INPUT);
  pinMode(ManualButton, INPUT_PULLUP);

  //Initial Position of robot

  servo0.slowmove(0, 100);
  servo1.slowmove(0, 100);
  servo2.slowmove(0, 100);
  servo3.slowmove(0, 100);
  servo4.slowmove(0, 100);

  //Inition Contion for Conveyors

```

```

digitalWrite(pinMotor_1_H, LOW);
digitalWrite(pinMotor_2_H, LOW);

//Start the Serial Screen
Serial.begin(9600);
}
//*****
void loop() {

    Man_Button = digitalRead(ManualButton);
    Serial.print("State of Manual Button:");
    Serial.println(State_Man_Button);

    velocity = analogRead(pinPot5);
    velocity = map(velocity,0,1023,1,255);

    if(Man_Button == HIGH)
    {
        State_Man_Button = !State_Man_Button;
        delay(1000);
    }

    if(State_Man_Button == 1)
    {
        //Automatic Mode
        digitalWrite(Manual_Light,LOW);
        digitalWrite(pinMotor_1_H, LOW);
        digitalWrite(pinMotor_2_H, LOW);
        Serial.print("Velocity:");

```

```

Serial.println(velocity);

//delay(1);

(*PonteiroDeFuncao()); //chama a função apontada pelo ponteiro de
função (logo, chama o estado corrente)
}
else
{
//Manual Mode
digitalWrite(Manual_Light,HIGH);
digitalWrite(pinMotor_1_H, HIGH);
digitalWrite(pinMotor_2_H, HIGH);
ManualMode();
PonteiroDeFuncao = Home_Position;
}
}
//*****
void Home_Position(void)
{
servo0.slowmove(0, velocity);
servo1.slowmove(0, velocity);
servo2.slowmove(0, velocity);
servo3.slowmove(0, velocity);
servo4.slowmove(0, velocity);

if( (servo0.read() == 0) &&
(servo1.read() == 0) &&
(servo2.read() == 0) &&
(servo3.read() == 0) &&
(servo4.read() == 0)){
delay(tempoPausaEntreMovimentos);

```

```

    PonteiroDeFuncao = p1;
}
}
//*****
void p1(void)
{
    servo0.slowmove(20, velocity);
    servo1.slowmove(20, velocity);
    servo2.slowmove(20, velocity);
    servo3.slowmove(20, velocity);
    servo4.slowmove(20, velocity);

    if( (servo0.read() == 20) &&
        (servo1.read() == 20) &&
        (servo2.read() == 20) &&
        (servo3.read() == 20) &&
        (servo4.read() == 20)){
        delay(tempoPausaEntreMovimentos);
        PonteiroDeFuncao = Home_Position;
    }
}
//*****
void p2(void)
{
    //Point 2
    servo0.slowmove(0, velocity);
    servo1.slowmove(0, velocity);
    servo2.slowmove(0, velocity);
    servo3.slowmove(0, velocity);
    servo4.slowmove(0, velocity);
}

```

```

}

//*****
void ManualMode()
{
  //In Manual Mode
  valor0 = analogRead(pinPot0);
  valor0 = map(valor0, 0, 1023, 180, 0);
  servo0.write(valor0);

  valor1 = analogRead(pinPot1);
  valor1 = map(valor1, 0, 1023, 180, 0);
  servo1.write(valor1);

  valor2 = analogRead(pinPot2);
  valor2 = map(valor2, 0, 1023, 180, 0);
  servo2.write(valor2);

  valor3 = analogRead(pinPot3);
  valor3 = map(valor3, 0, 1023, 180, 0);
  servo3.write(valor3);

  valor4 = analogRead(pinPot4);
  valor4 = map(valor4, 0, 1023, 180, 0);
  servo4.write(valor4);

  Serial.print("angulo0:");
  Serial.println(valor0);
  //delay(1);
}

```

```

Serial.print("angulo1:");
Serial.println(valor1);
//delay(1);

Serial.print("angulo2:");
Serial.println(valor2);
delay(1);

Serial.print("angulo3:");
Serial.println(valor3);
//delay(1);

Serial.print("angulo4:");
Serial.println(valor4);
//delay(1);
}

//Programação do robô Delta v1

#include <VarSpeedServo.h>

//variaveis globais:
void (*PonteiroDeFuncao)(); //ponteiro de função da máquina de estados. Ele
aponta sempre para a função da máquina de estados que deve ser executada

//Servo Motors
#define pinServo0 13 //Axis A
#define pinServo1 12 //Axis B
#define pinServo2 11 //Axis C
#define pinServo3 10 //Rotate Axis
#define pinServo4 9 //Gripper

```

```
#define pinServo5 8 //Stopper

//Motors
#define pinMotor_1_H 15 //Motor 1 Sentido Horário
#define pinMotor_2_H 16 //Motor 2 Sentido Horário

//Botões
#define StartButton 40 //Start
#define StopButton 41 //Stop
#define Enable 39 //Enable Machine

//Lights
#define Start_Light 22 //Start_Light
#define Stop_Light 23 //Stop_Light
#define Enable_Light 24 //Enable_Light

//Sensores
#define SensorReflexivo 3
#define SensorIndutivo 2

VarSpeedServo servo0; //Axis A
VarSpeedServo servo1; //Axis B
VarSpeedServo servo2; //Axis C
VarSpeedServo servo3; //Rotate Axis
VarSpeedServo servo4; //Gripper
VarSpeedServo servo5; //Stopper

//Definição dos Botões
int ButtonA1 = 52;
int ButtonA2 = 53;
```

```
int ButtonB1 = 50;
int ButtonB2 = 51;
int ButtonC1 = 48;
int ButtonC2 = 49;
int ButtonR1 = 46;
int ButtonR2 = 47;
int ButtonG1 = 44;
int ButtonG2 = 45;
int ButtonV1 = 42;
int ButtonV2 = 43;
```

```
float anguloServoA = 0;
float anguloServoB = 0;
float anguloServoC = 0;
float anguloServoR = 10;
float anguloServoG = 50;
float anguloServoV = 95;
```

```
int typeofpart = 0;
```

```
unsigned long int TempoAnterior0 = 0;
```

```
//Machine States *****
```

```
void Init(void);
```

```
void Home_Position(void); //função que representa o estado inicial da máquina de estados
```

```
void checker(void);
```

```
void checkerpart(void);
```

```
void Decision(void);
```

```
void p1(void); //função que representa o ponto 1
```

```
void p2(void); //função que representa o ponto 2
```

```

void p2_1(void); //função que representa o ponto 2, ponto de pega!
void p1_1(void); //função que representa o ponto 1, Aproximação!
void p3(void); //função que representa o ponto 3
void p4(void); //função que representa o ponto 4
void p4_1(void); //função que representa o ponto 4, Deixar a peça!
void p3_1(void); //função que representa o ponto 3, Aproximação
void Bypass(void); //função que libera peça plastica!
//*****
void setup() {
  //Setup of Servos
  servo0.attach(pinServo0);
  servo1.attach(pinServo1);
  servo2.attach(pinServo2);
  servo3.attach(pinServo3);
  servo4.attach(pinServo4);
  servo5.attach(pinServo5);

  //Outputs
  //Lights
  pinMode(Start_Light, OUTPUT);
  pinMode(Stop_Light, OUTPUT);
  pinMode(Enable_Light, OUTPUT);

  //Actuators
  pinMode(pinMotor_1_H, OUTPUT);
  pinMode(pinMotor_2_H, OUTPUT);

  //Inputs
  //Sensors
  pinMode(SensorReflexivo, INPUT);

```

```
pinMode(SensorIndutivo, INPUT);

//Buttons
pinMode(StartButton, INPUT_PULLUP);
pinMode(StopButton, INPUT_PULLUP);
pinMode(Enable, INPUT_PULLUP);

pinMode(ButtonA1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonA2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonB1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonB2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonC1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonC2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonR1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonR2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonG1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonG2, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonV1, INPUT_PULLUP);
pinMode(ButtonV2, INPUT_PULLUP);

//Initial Position of robot
servo0.slowmove(0, 100);
servo1.slowmove(0, 100);
servo2.slowmove(0, 100);
servo3.slowmove(10, 100);
servo4.slowmove(50, 100);
servo5.slowmove(95, 100);

//Initiation Contion for Conveyors
digitalWrite(pinMotor_1_H, LOW);
```

```

digitalWrite(pinMotor_2_H, LOW);

PonteiroDeFuncao = Init;

//Start the Serial Screen
Serial.begin(9600);
}
//*****
void loop()
{
  (*PonteiroDeFuncao()); //chama a função apontada pelo ponteiro de função
  (logo, chama o estado corrente)
}

//*****
void Init(void)
{

  int botaoA1, botaoA2;
  int botaoB1, botaoB2;
  int botaoC1, botaoC2;
  int botaoR1, botaoR2;
  int botaoG1, botaoG2;
  int botaoV1, botaoV2;

  botaoA1 = digitalRead(ButtonA1);
  botaoA2 = digitalRead(ButtonA2);
  botaoB1 = digitalRead(ButtonB1);
  botaoB2 = digitalRead(ButtonB2);
  botaoC1 = digitalRead(ButtonC1);
  botaoC2 = digitalRead(ButtonC2);

```

```

botaoR1 = digitalRead(ButtonR1);
botaoR2 = digitalRead(ButtonR2);
botaoG1 = digitalRead(ButtonG1);
botaoG2 = digitalRead(ButtonG2);
botaoV1 = digitalRead(ButtonV1);
botaoV2 = digitalRead(ButtonV2);

//Comando Start
if(!digitalRead(StartButton))
{
    digitalWrite(Start_Light, HIGH);
    digitalWrite(Stop_Light, LOW);
    PonteiroDeFuncao = Home_Position;
}

digitalWrite(pinMotor_1_H, HIGH);
digitalWrite(pinMotor_2_H, HIGH);

//***** Axis A *****
if (botaoA1 == 0)
{
    if (anguloServoA < 180)
    {
        anguloServoA = anguloServoA + 5;
    }
}

if (botaoA2 == 0)
{
    if (anguloServoA > 0)

```

```
{  
  anguloServoA = anguloServoA - 5;  
}  
}
```

```
/** ***** Axis B ***** */
```

```
  if (botaoB1 == 0)  
  {  
    if (anguloServoB < 180)  
    {  
      anguloServoB = anguloServoB + 5;  
    }  
  }  
}
```

```
  if (botaoB2 == 0)  
  {  
    if (anguloServoB > 0)  
    {  
      anguloServoB = anguloServoB - 5;  
    }  
  }  
}
```

```
/** ***** Axis C ***** */
```

```
  if (botaoC1 == 0)  
  {  
    if (anguloServoC < 180)  
    {  
      anguloServoC = anguloServoC + 5;  
    }  
  }  
}
```

```
if (botaoC2 == 0)
{
if (anguloServoC > 0)
{
anguloServoC = anguloServoC - 5;
}
}
```

```
/*******Axis R *****
```

```
if (botaoR1 == 0)
{
if (anguloServoR < 180)
{
anguloServoR = anguloServoR + 5;
}
}
```

```
if (botaoR2 == 0)
{
if (anguloServoR > 0)
{
anguloServoR = anguloServoR - 5;
}
}
```

```
/*******Axis Gripper *****
```

```
if (botaoG1 == 0)
{
if (anguloServoG < 50)
{
anguloServoG = anguloServoG + 5;
```

```

    }
}
if (botaoG2 == 0)
{
    if (anguloServoG > 2)
    {
        anguloServoG = anguloServoG - 5;
    }
}

//*****Stopper*****
if (botaoV1 == 0)
{
    if (anguloServoV < 180)
    {
        anguloServoV = anguloServoV + 5;
    }
}
if (botaoV2 == 0)
{
    if (anguloServoV > 0)
    {
        anguloServoV = anguloServoV - 5;
    }
}

// Aqui faço a leitura do Angulo do servo motor e imprimo o resultado no
monitor serial
servo0.write(anguloServoA);
Serial.print("AnguloA ");
Serial.println(anguloServoA);

```

```

servo1.write(anguloServoB);
Serial.print("AnguloB ");
Serial.println(anguloServoB);

servo2.write(anguloServoC);
Serial.print("AnguloC ");
Serial.println(anguloServoC);

servo3.write(anguloServoR);
Serial.print("AnguloR ");
Serial.println(anguloServoR);

servo4.write(anguloServoG);
Serial.print("AnguloG ");
Serial.println(anguloServoG);

servo5.write(anguloServoV);
Serial.print("AnguloV ");
Serial.println(anguloServoV);
}

//*****Home_Position*****
void Home_Position(void)
{
  typeofpart = 0;
  digitalWrite(pinMotor_1_H, HIGH);
  // digitalWrite(pinMotor_2_H, HIGH); //Testar o funcionamento
  servo5.slowmove(0, 100);
}

```

```

if(!digitalRead(StopButton))
{
digitalWrite(Stop_Light, HIGH);
digitalWrite(Start_Light, LOW);
PonteiroDeFuncao = Init;
}

anguloServoA = 0;
anguloServoB = 0;
anguloServoC = 0;
anguloServoR = 10;
anguloServoG = 50;
anguloServoV = 95;

servo0.slowmove(0, 60);
servo1.slowmove(0, 60);
servo2.slowmove(0, 60);
servo3.slowmove(10, 60);
servo4.slowmove(50, 60);
servo4.slowmove(95, 60);

if(!digitalRead(Enable))
{
digitalWrite(pinMotor_2_H, LOW);
PonteiroDeFuncao = checker;
}
}
//*****Checker*****
void checker(void)
{

```

```

    if(digitalRead(SensorReflexivo))
    {
        PonteiroDeFuncao = checkerpart;
    }

    //Comando Stop
    if(!digitalRead(StopButton))
    {
        digitalWrite(Stop_Light, HIGH);
        digitalWrite(Start_Light, LOW);
        PonteiroDeFuncao = Init;
    }

}

//*****Type of Part*****
void checkerpart(void)
{

    TempoAnterior0 = millis();

    while(millis() - TempoAnterior0 <= 2000)
    {
        if(!digitalRead(SensorIndutivo))
        {
            typeofpart = 1;
        }
    }

    PonteiroDeFuncao = p1;

```

```

}
//*****Decision*****
void Decision(void)
{

if(typeofpart == 1)
{
PonteiroDeFuncao = p1;
}
else
{
PonteiroDeFuncao = Bypass;
}

}
//*****P1*****
void p1(void)
{
if(!digitalRead(StopButton))
{
digitalWrite(Stop_Light, HIGH);
digitalWrite(Start_Light, LOW);
PonteiroDeFuncao = Init;
}

servo0.slowmove(60, 60);
servo1.slowmove(0, 60);
servo2.slowmove(35, 60);
servo3.slowmove(10, 60);

```

```

servo4.slowmove(50, 60);

if( (servo0.read() == 5) &&
    (servo1.read() == 0) &&
    (servo2.read() == 85) &&
    (servo3.read() == 10) &&
    (servo4.read() == 50))
{

    TempoAnterior0 = millis();

    while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
    {

        PonteiroDeFuncao = p2;
    }
}
//*****P2*****
void p2(void)
{
    //Point 2
    servo0.slowmove(60, 60);
    servo1.slowmove(0, 60);
    servo2.slowmove(35, 60);
    servo3.slowmove(10, 60);
    servo4.slowmove(15, 60);

    if( (servo0.read() == 5) &&
        (servo1.read() == 0) &&

```

```

    (servo2.read() == 85) &&
    (servo3.read() == 10) &&
    (servo4.read() == 15))
    {

        TempoAnterior0 = millis();

        while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
        {
        }

        PonteiroDeFuncao = p2_1;

    }
}
//*****P2_1*****
void p2_1(void) //Grab Position
{
    //Point 2
    servo0.slowmove(0, 60);
    servo1.slowmove(0, 60);
    servo2.slowmove(0, 60);
    servo3.slowmove(10, 60);
    servo4.slowmove(15, 60);

    if( (servo0.read() == 0) &&
        (servo1.read() == 0) &&
        (servo2.read() == 0) &&
        (servo3.read() == 10) &&
        (servo4.read() == 15))
    {

```

```

TempoAnterior0 = millis();

while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
{
}

PonteiroDeFuncao = p1_1;

}
}
//*****P1_1*****
void p1_1(void) //Approach Position
{
servo0.slowmove(15, 60);
servo1.slowmove(90, 60);
servo2.slowmove(0, 60);
servo3.slowmove(10, 60);
servo4.slowmove(15, 60);

if( (servo0.read() == 5) &&
(servo1.read() == 85) &&
(servo2.read() == 0) &&
(servo3.read() == 10) &&
(servo4.read() == 15))
{

TempoAnterior0 = millis();

while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)

```

```

    {
    }

    digitalWrite(pinMotor_2_H, HIGH);
    PonteiroDeFuncao = p3;
}
}
//*****P3*****
void p3(void)
{
    servo0.slowmove(15, 60);
    servo1.slowmove(90, 60);
    servo2.slowmove(0, 60);
    servo3.slowmove(10, 60);
    servo4.slowmove(50, 60);

    if( (servo0.read() == 5) &&
        (servo1.read() == 85) &&
        (servo2.read() == 0) &&
        (servo3.read() == 10) &&
        (servo4.read() == 50))
    {

        digitalWrite(pinMotor_1_H, LOW);
        TempoAnterior0 = millis();

        while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
        {
        }
    }
}

```

```

    PonteiroDeFuncao = p4;

}

}

//*****P4*****
void p4(void)
{
    servo0.slowmove(10, 60);
    servo1.slowmove(10, 60);
    servo2.slowmove(10, 60);
    servo3.slowmove(0, 60);
    servo4.slowmove(50, 60);

    if( (servo0.read() == 10)&&
        (servo1.read() == 10) &&
        (servo2.read() == 10) &&
        (servo3.read() == 0) &&
        (servo4.read() == 50)){

        TempoAnterior0 = millis();

        while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
        {

        }

        PonteiroDeFuncao = Home_Position;
    }
}

//*****P4_1*****

```

```

void p4_1(void)//Drop Position
{
servo0.slowmove(125, 60);
servo1.slowmove(71, 60);
servo2.slowmove(83, 60);
servo3.slowmove(76, 60);
servo4.slowmove(176, 60);

if( (servo0.read() == 125) &&
(servo1.read() == 71) &&
(servo2.read() == 83) &&
(servo3.read() == 76) &&
(servo4.read() == 127)){

TempoAnterior0 = millis();

while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
{
}

PonteiroDeFuncao = p4_1;
}
}
//*****P3_1*****
void p3_1(void) //Approach Position
{
servo0.slowmove(127, 60);
servo1.slowmove(64, 60);
servo2.slowmove(81, 60);
servo3.slowmove(80, 60);

```

```

servo4.slowmove(138, 60);

if( (servo0.read() == 127)&&
(servo1.read() == 64) &&
(servo2.read() == 81) &&
(servo3.read() == 80) &&
(servo4.read() == 127)){

    TempoAnterior0 = millis();

    while(millis() - TempoAnterior0 <= 1000)
    {

    }

    PonteiroDeFuncao = Home_Position;

}

}

//*****Bypass*****
void Bypass(void)
{
    servo5.slowmove(90, 100);

    TempoAnterior0 = millis();

    while(millis() - TempoAnterior0 <= 2000)
    {

    }
}

```

```

PonteiroDeFuncao = Home_Position;

}

//variaveis globais:
void (*PonteiroDeFuncao()); //ponteiro de função da máquina de estados. Ele
aponta sempre para a função da máquina de estados que deve ser executada

//Machine States *****
void Passo1(void);
void Passo2(void); //função que representa o estado inicial da máquina de
estados

//Botões
#define StartButton 32 //Start
#define StopButton 33 //Stop

//Lights
#define Start_Light 36 //Start_Light
#define Stop_Light 37 //Stop_Light

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  //Lights
  pinMode(Start_Light, OUTPUT);
  pinMode(Stop_Light, OUTPUT);

  //Inputs
  //Buttons
  pinMode(StartButton, INPUT_PULLUP);
  pinMode(StopButton, INPUT_PULLUP);

```

```

digitalWrite(Stop_Light, HIGH);
PonteiroDeFuncao = Passo1;
}

void loop()
{
  (*PonteiroDeFuncao)();
}
//*****

void Passo1(void)
{

  if(!digitalRead(StartButton)){
    digitalWrite(Start_Light, HIGH);
    digitalWrite(Stop_Light, LOW);
    PonteiroDeFuncao = Passo2;
  }
}
//*****

void Passo2(void)
{
  //Comando Stop
  if(!digitalRead(StopButton))
  {
    digitalWrite(Stop_Light, HIGH);
    digitalWrite(Start_Light, LOW);
    PonteiroDeFuncao = Passo1;
  }
}

```

```
#include <Servo.h>
#define pinServo 13

float anguloServo = 0;

int button1 = 22;
int button2 = 23;
Servo servo1;

unsigned long int TempoAnterior0 = 0;

void setup() {
  servo1.attach(pinServo);

  pinMode(button1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(button2, INPUT_PULLUP);

  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  int botaoA, botaoB;
  //Aqui estou atribuindo o valor do botão as variáveis botaoA e botaoB
  botaoA = digitalRead(button1);
  botaoB = digitalRead(button2);
  //Aqui estou fazendo um comparacao lógica com o valor dos botões A e B

  if (botaoA == 0)
```

```

{
  if (anguloServo < 180)
  {
    anguloServo = anguloServo + 0.5;
  }
}

if (botaoB == 0)
{
  if (anguloServo > 0)
  {
    anguloServo = anguloServo - 0.5;
  }
}

if(millis() - TempoAnterior0 >= 10)
{
  TempoAnterior0 = millis();
  // Aqui faço a leitura do Angulo do servo motor e imprimo o resultado no
  monitor serial
  servo1.write(anguloServo);
  Serial.print("Angulo");
  Serial.println(anguloServo);
}
}

```

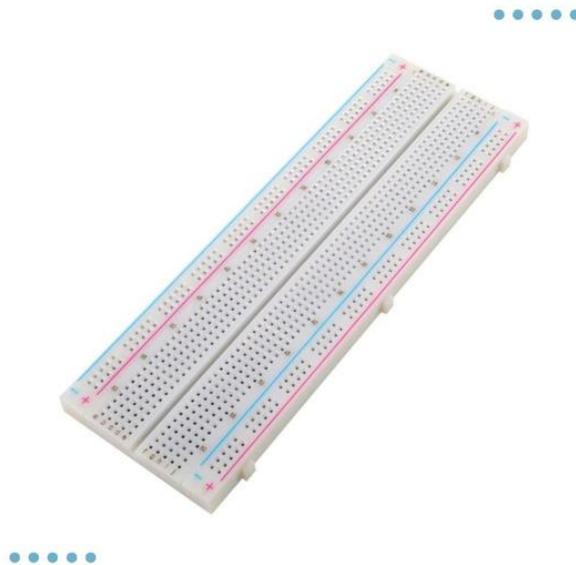
10.3 Protoboard:

A Protoboard, também conhecida como placa de ensaio, matriz de contato ou Bread board (em inglês), é uma placa que permite a montagem e teste de circuitos sem a necessidade de soldar, apenas inserindo os componentes na placa. Esse componente será utilizado para a montagem do circuito de programação, com a fixação dos potenciômetros, do capacitor e dos jumpers.

Especificações:

- Modelo: 830 furos;
- Bread board
- Material da base: ABS;
- Material de conexão: bronze banhado à níquel;
- Dimensões: 165mm x 55mm x 10mm;
- Peso: 70g.

Imagem 6: (Protoboard)



Fonte – Mercado Livre

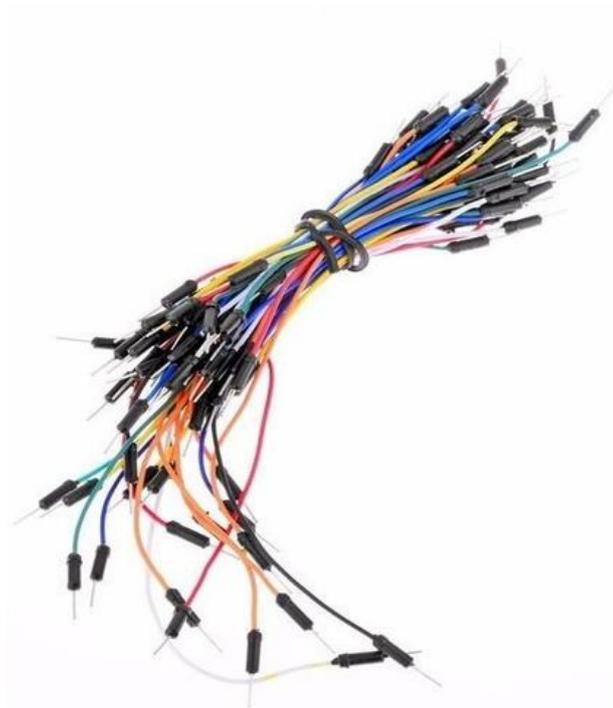
10.4 Jumpers:

Um jumper é uma peça plástica que contém um pequeno filamento de metal responsável pela condução de eletricidade. De acordo com a disposição destas peças nos chamados pinos, o fluxo de eletricidade é desviado, ativando configurações distintas. Esse componente será utilizado para conectar os componentes eletrônicos na protoboard e nas portas do Arduino, para que haja assim uma transferência de dados e energia.

Especificações:

- Modelo: macho – fêmea e macho – macho;
- Comprimento: 240mm;
- Largura do conector: 2,54mm;
- Fabricante: MJ

Imagem 7: (Jumpers)



Fonte: Mercado Livre

11. Braço robótico

Braço robótico é um dispositivo programável cujas funções e comportamentos principais se assemelham aos de um braço humano. As diferentes partes que compõem o robô são unidas e conectadas entre si para que ele execute movimentos de rotação e translação. Na extremidade do braço, como extensão, está localizada a mão robótica, que tem a forma de pinça, dependendo da função que deve desempenhar. Um braço robótico articulado de 6 eixos é composto por seis juntas rotativas, permitindo que o braço se mova em seis direções diferentes.

Imagem 8: (Braço robótico 6 eixos)



Fonte: GrabCad

11.1 Método:

O utilizado em questão para o projeto, foi construído para que as seis articulações sejam movimentadas; A ideia é que o braço se posicione no meio da estrutura e com a programação modificada, se desloque para o primeiro posto de trabalho, onde ele recolha a chapa a ser soldada e leve até a máquina de solda; com a solda finalizada, ele vai agarrar a peça soldada e conduzir até o último posto de trabalho.

Componentes:

Estrutura: A estrutura utilizada foi de dois principais materiais, plástico na base inferior que sustenta o robô em si, e filamento PLA para o resto de seus componentes de construção.

Motores: Cada junta requer um motor para mover o braço robótico em uma direção específica. No projeto é utilizado servomotores, componente eletromecânico utilizado para movimentar, com precisão, um objeto, permitindo-o girar em ângulos ou distâncias específicas, com garantia do posicionamento e garantia da velocidade. Os modelos utilizados são o MG996 e o MG90s especificamente.

Controlador: Um controlador é necessário para enviar sinais para os motores e controlar os movimentos do braço robótico. O controlador que encaixou melhor no projeto foi o Arduino Mega 2560, pelo seu maior número de portas e saídas que permitiu programar a movimentação do robô de forma mais simples e sem problemas.

12. Cilindro de dupla ação

Como parte do acionamento da máquina, aderimos a um cilindro de dupla ação que faz parte da ideia do projeto em automatizar o processo da soldagem. Com isso, o planejamento foi de adquirir um produto que fosse simples tanto em funcionamento e acionamento, pois a solda que irá ocorrer é rápida e sem tanto esforço pneumático.

12.1 Métodos:

O propósito do cilindro de dupla ação foi para que o processo da soldagem, ocorra com uma velocidade alta, além de retirar o esforço manual que o colaborador ou a pessoa imposta na função seria exigida. O material a ser soldado irá ser chapas de alumínio.

Imagem 9: (Cilindro de Dupla Ação)



Fonte: werk-schott.com.br

Diâmetro: O cilindro possui um diâmetro de 32mm, o que indica o tamanho da abertura do tubo cilíndrico no qual o pistão se move.

Curso: O curso do cilindro é de 100mm

Tipo: O cilindro não possui canal específico para sensor MK. Isso significa que não há uma abertura ou espaço dedicado para a instalação de um sensor de posição MK no cilindro.

Dupla Ação com Amortecimento: O cilindro é do tipo de dupla ação, o que significa que pode ser acionado tanto para avançar quanto para recuar. Além disso, possui um mecanismo de amortecimento, que ajuda a suavizar o movimento do pistão e reduzir impactos.

Pressão de Trabalho: O cilindro pode operar com pressões de até 10 bar, o que indica a faixa máxima de pressão que o cilindro pode suportar sem comprometer o seu desempenho.

Temperatura Ambiente: Vai variar entre -10C° ~ $+80\text{C}^{\circ}$

Fluido: Ar comprimido.

Construção:

Haste: A haste do cilindro é feita de aço SAE 1045, um tipo de aço com boas propriedades mecânicas, como resistência e dureza.

Cabeçotes: Os cabeçotes do cilindro são feitos de alumínio, um material leve e resistente à corrosão.

Vedações: As vedações do cilindro são feitas de Buna-N, um elastômero comumente utilizado devido às suas propriedades de resistência a óleos, combustíveis e temperaturas moderadas.

Camisa: A camisa do cilindro é feita de um tubo de alumínio, proporcionando proteção e suporte estrutural ao cilindro.

Êmbolo: O êmbolo do cilindro é feito de alumínio, que é leve e contribui para o movimento suave do pistão dentro do cilindro.

12.2 Cálculos:

Operação matemática para a adequação do cilindro ao trabalho

- Definindo Força e pressão necessária para o cilindro:

Fórmula: Iremos basear o cálculo no princípio de Pascal

(Força)

$$F = \text{kgf}, \text{ N}$$

$$P = \text{kgf/cm}^2$$

$$A = \text{mm}^2, \text{ cm}^2$$

$$D = 32\text{mm} = 3,2 \text{ cm}$$

$$A = \pi \times r^2$$

$$P = 3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A = 3,14 \times 1,6^2$$

$$F = ?$$

$$A = 3,14 \times 2,56$$

$$A = 8,0384 \text{ cm}^2$$

$$F = P \times A$$

$$F = 3 \text{ kgf/cm}^2 \times 8,0384 \text{ cm}^2$$

$$F = 24,1152 \text{ kgf}$$

(Pressão)

$$F = \text{kgf}, \text{ N}$$

$$P = \text{kgf/cm}^2$$

$$A = \text{mm}^2, \text{ cm}^2$$

$$D = 32 \text{ mm} = 3,2 \text{ cm}$$

$$A = \pi \times r^2$$

$$F = 24,1152$$

$$A = 3,14 \times 1,6^2$$

$$P = ?$$

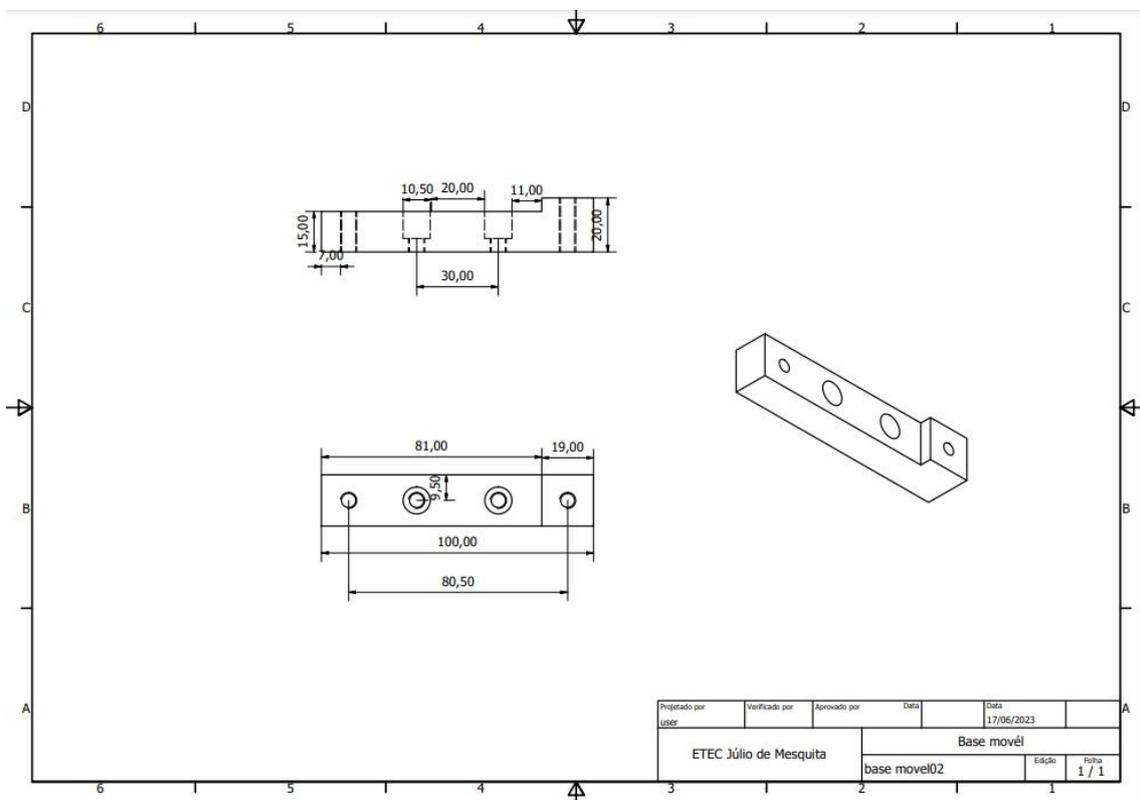
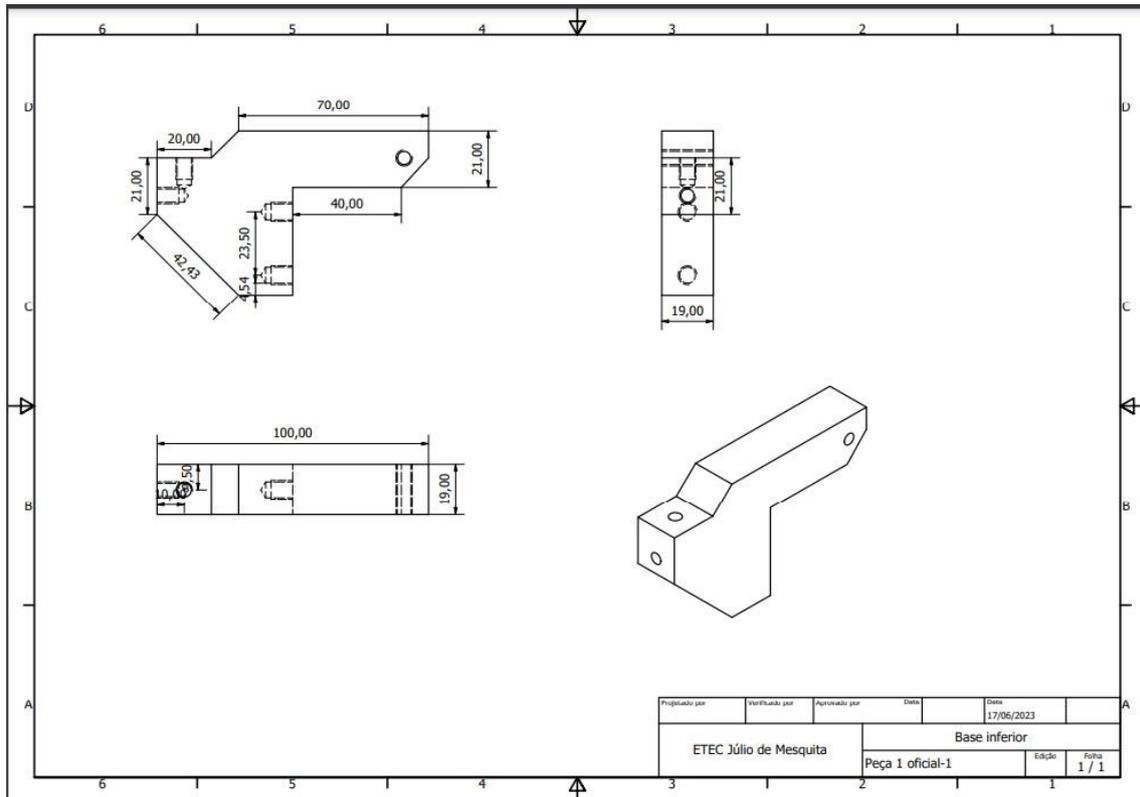
$$A = 3,14 \times 2,56$$

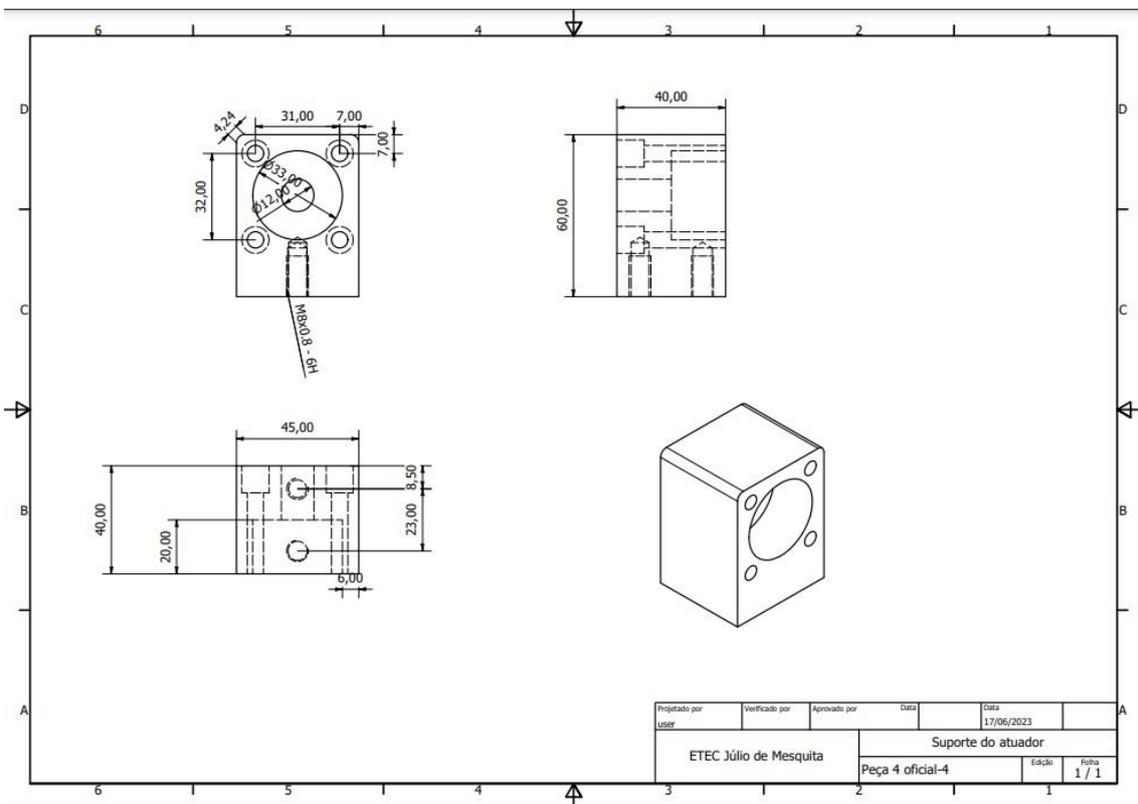
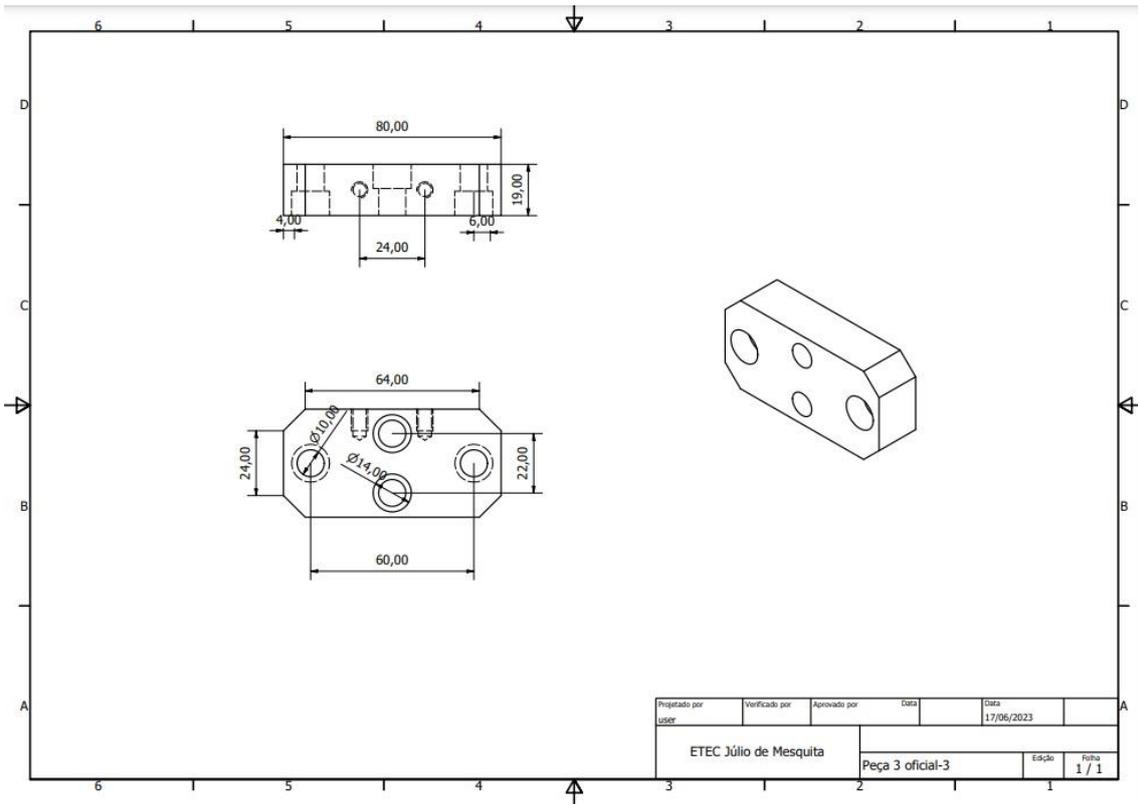
$$A = 8,0384 \text{ cm}^2$$

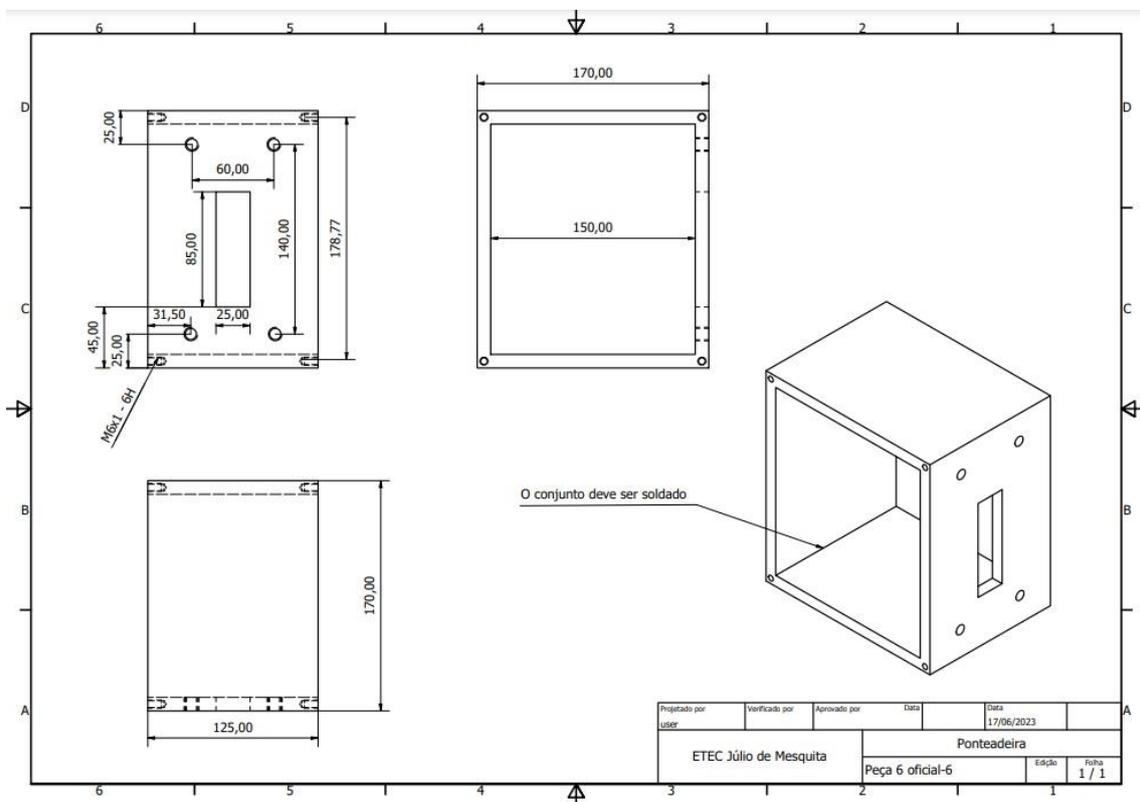
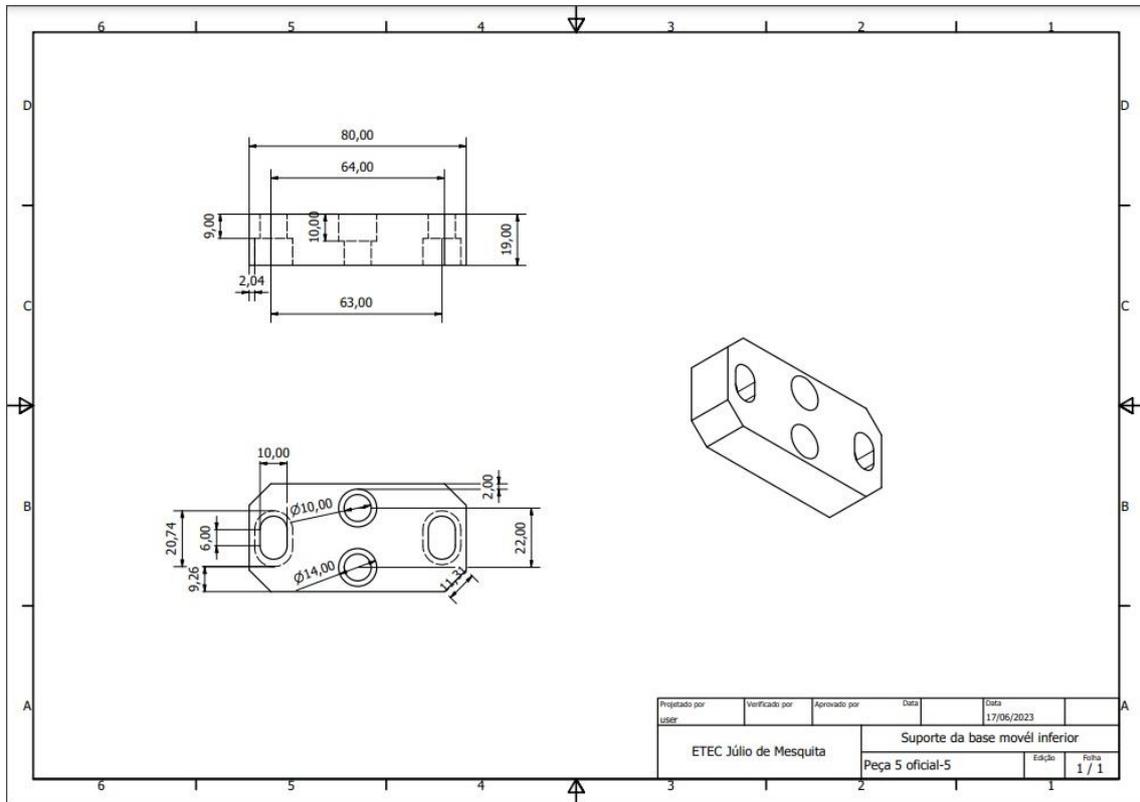
$$P = 24,1152 \text{ kgf} / 8,0384$$

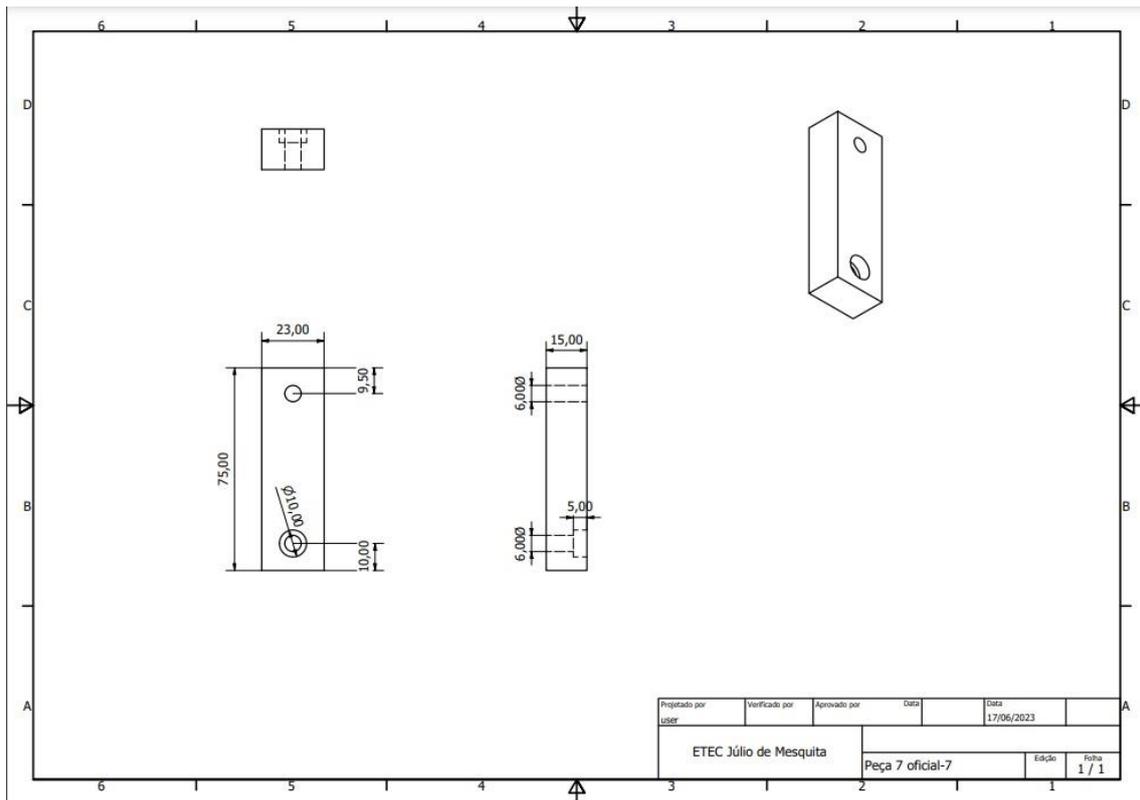
$$P = 3 \text{ kgf/cm}^2$$

13. Figura 10: (Montagem)

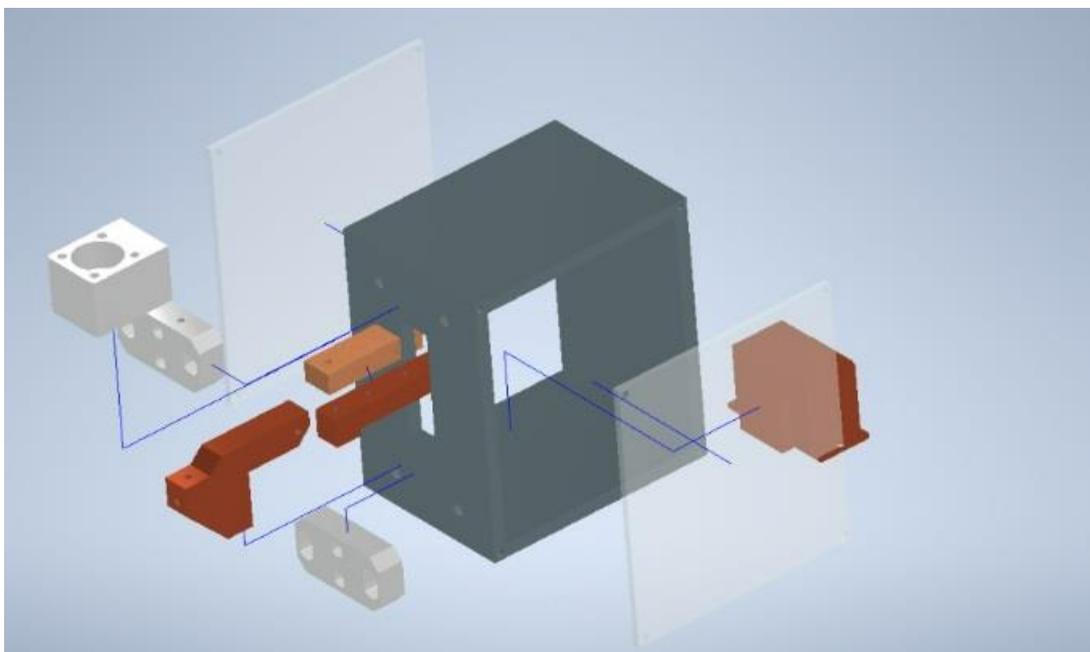






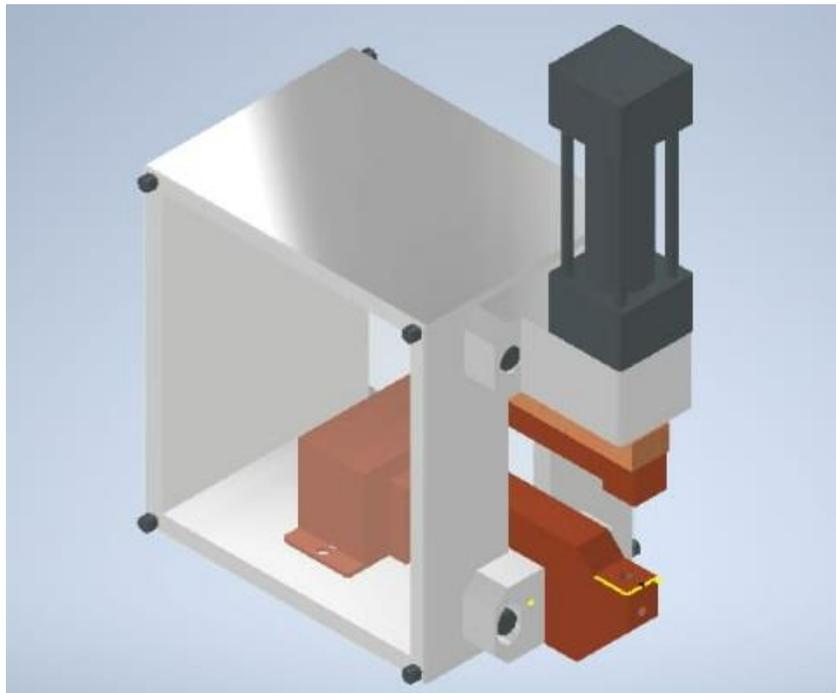


14. Figura 11: (Vista expandida)



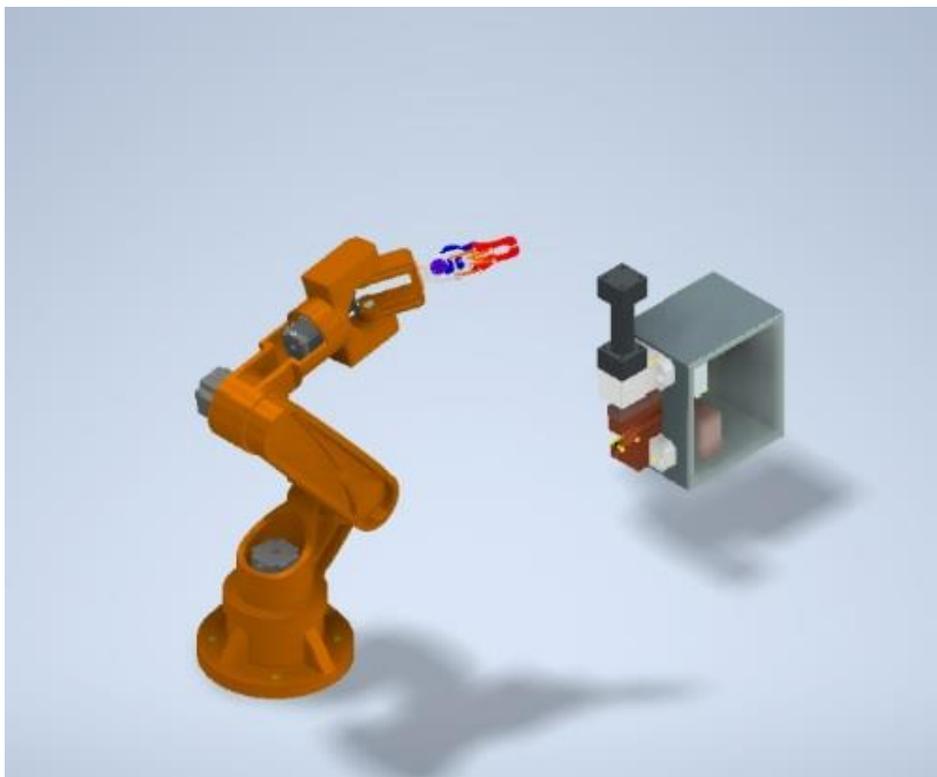
Fonte própria - Inventor

15. Figura 12: Projeto final (máquina):



Fonte própria - Inventor

15.1 Figura 13: (Projeto completo)



Fonte própria - Inventor

16. Orçamento

Componentes	Qtd	Preço
Válvula 5/2 vias SMC SYS 5120-5dz-01	x1	R\$ 485,50
Conexão Pneumática de 6 por 1/8	x5	R\$ 20,00 a R\$ 35,00
Sensor Indutivo SL4	x1	R\$ 30,00
Sensor WEG indutivo SL4	x1	R\$ 265,00
Caixa de Ferro	x1	R\$ 250,00
Arduino Mega 2560 para Robótica e Impressora 3D	x1	R\$ 120,00
Cilindro Pneumático (Recondicionado)	x1	R\$ 200,00
Blocos de alumínio	x1	R\$ 35,00
Cobre (Mesa Superior e Inferior)	x2	R\$ 175,00
Transformador de Micro-ondas	x1	R\$ 60,00
Filamento	x1	R\$ 105,00
Tiristor	x1	R\$ 138,00
TOTAL	R\$	1963,50

17. Monitoramento

Foi definido para o projeto o acompanhamento das atividades que estão sendo realizadas para um melhor controle da documentação do mesmo, assim, abaixo será ilustrado um diário semanal de atividades além de um outro documento a parte, chamado de: Diagrama de Gantt que é responsável também pelo controle das atividades.

17.1 Diários de bordo

Período: (02/08 a 16/08)

Atividades Previstas para o Período:

- Formação dos grupos
- Criação das três ideias

Atividades Realizadas:

- Grupo formado (Participantes)
- Ideias definidas:

MAQUINA AUTOMATIZADA DE SOLDA:

A ideia desse projeto é fazer uma máquina de solda por resistência, onde a soldagem irá ocorrer pela pressão entre uma peça contra a outra; Onde uma quantidade de calor, junto a uma resistência elétrica e pela intensidade da corrente, deverá ser suficiente para que elas entrem em contato e atingem o ponto de fusão necessário para a Soldagem ser feita.

LIXEIRA MECÂNICA RECICLÁVEL:

O nosso tem como base o processo de prensagem das coletas seletivas feitas nas cidades; onde uma máquina é responsável por compactar os materiais coletados.

Basicamente montaríamos uma lixeira automatizada que, morsas ou prensas pneumáticas comandadas por sensores, amassassem todo material que fosse posto dentro da lixeira; assim facilitando o esquema da reciclagem e as

cooperativas podendo reduzir os gastos com as prensas já utilizadas na indústria.

TORNEIRA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL

Essa ideia, é baseada em como uma hidroelétrica funciona; onde vamos fazer com que a própria torneira se sustente pela sua vazão. Então, a água que irá escorrer pelo sifão da pia, vai movimentar algumas paletas que irão acionar um gerador e esse movimento mecânico, será transformado em energia elétrica.

Dificuldades encontradas no decorrer no período:

- O grupo chegar ao um comum acordo de quem pode participar

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Conversa entre os participantes do Grupo, para a solução do problema
- Ouvir as opiniões dadas pelo Professor sobre o assunto.

Descobertas/Novas Indagações:

- Qual a maior dificuldade em um TCC?!

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Definição da melhor ideia
- Criação de um Grupo nas redes sociais, para uma melhor facilidade de conversas entre os participantes
- Imaginar a ideia na prática

Período: (16/08 A 30/08)

Atividades Previstas para o Período:

- Definição da melhor ideia
- Pesquisa Técnica sobre o projeto
- Primeiros esboços do trabalho

Atividades Realizadas:

- Projeto escolhido (**PROTÓTIPO DE UMA MÁQUINA DE SOLDA AUTOMATIZADA**)
- Pesquisa Técnica realizada
- Croqui do projeto em softwares

Dificuldades encontradas no decorrer no período:

- Definição das funções dos participantes do grupo

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Conversa entre os participantes e o professor sobre o assunto
- Abaixo definição da função de cada participante:

- LEMUEL E JOSÉ NILSON (PROJETO E DESENVOLVIMENTO)

- ANDRÉ MACHADO E PAULO R. (RELATÓRIOS E DIÁRIOS)

- ADRIANO E ANDRÉ QUEIROZ (DESENHO TÉCNICO)

- ADRIEL E MATHEUS (PESQUISAS TÉCNICAS)

Descobertas/Novas Indagações :

- Melhor forma de documentar o projeto?!

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Criação de um modelo básico para a estrutura de documentação do trabalho
- Procurar softwares de simulação, que possam ajudar no projeto

Período: (30/08 A 13/09)

Atividades Previstas para o Período:

- Definição e início no Diagrama de Gantt
- Entrega das Pesquisas sobre o TCC e das Três ideias
- Finalização dos Diários de bordo solicitado em períodos anteriores

Atividades Realizadas:

- Gantt inicializado
- Atividades solicitadas entregues via Teams

Dificuldades encontradas no decorrer no período:

- Melhor forma de começar a fazer o Diagrama de Gantt.

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Explicação do professor e pesquisa no Youtube sobre o tema.

Descobertas/Novas Indagações:

- Melhor Robô para o projeto?!

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Pesquisar sobre Robô Cartesiano

Período: (13/09 A 27/09)

Atividades Previstas para o Período:

- Explicação sobre como vai funcionar o Diagrama de Gantt
- Definição dos materiais que vão ser utilizados
- Mudança no formato de TCC

Atividades Realizadas:

- Materiais dimensionados para ser montados via software
- Início do curso disposto sobre o novo método de TCC

Dificuldades encontradas no decorrer no período:

- Entender o funcionamento do novo formato de TCC

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Ver trabalhos anteriores que usaram o novo estilo de TCC proposto a nós

Descobertas/Novas Indagações:

- Qual o melhor Software para os croquis do Projeto

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Pesquisar sobre Robô de 4 eixos
- Desenvolver sobre acionamento automático e alimentação automática.

Período: (27/09 A 11/10)

Atividades Previstas para o Período:

- Entrega do Diagrama de Gantt
- Entrega dos Documentos realizados anteriormente

Atividades Realizadas:

- Diagrama e os outros documentos solicitados entregues pelo Teams
- Pesquisa dos Sensores que podem ser usados no projeto

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Melhor forma de montar o diagrama de Gantt pelo Excel

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Explicação do Professor sobre o assunto e ver exemplos disponíveis na internet

Descobertas/Novas Indagações:

- Como usar o novo site (INOVA CPS) disposto a nós para a conclusão deste curso.

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Pesquisa e acompanhamento de outros componentes do TCC
- Entender o que é uma impressora 3D

Período: (11/10 A 25/10)

Atividades Previstas para o Período:

- Iniciar o Detalhamento do TCC
- Pesquisa de Preço dos Componentes do projeto

Atividades Realizadas:

- Cotação do preço dos sensores e das conexões pneumáticas

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Como é feito um detalhamento de um TCC?

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Procurar exemplos disponíveis na internet e o entendimento e a explicação do Professor.

Descobertas/Novas Indagações:

- O que fazer com os sensores que não respondam por Arduino

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Definir o que os participantes vão pesquisar na próxima semana

Período: (25/10 A 08/11)

Atividades Previstas para o Período:

- Definição do Detalhamento

Atividades Realizadas:

- Orçamento dos materiais utilizados no TCC (EX: Cobre, Ferro...)

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Achar os preços dos materiais na internet

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Visitas a lugares que vendem esses materiais

Descobertas/Novas Indagações:

- Pesquisar os preços dos materiais por KG ou por Chapa conforme o material?!

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Definição da compra do braço robótico

Período: (08/11 A 22/11)

Atividades Previstas para o Período:

- Escolha sobre se o braço robótico vai ser feito pela impressora 3D ou adquirido pela Internet

- Iniciar a apresentação do TCC

Atividades Realizadas:

- Compra do filamento para a impressão 3D

- Início do desenvolvimento para a Apresentação em PowerPoint

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Escolha do Filamento de acordo com a proposta do Projeto

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Pesquisa sobre o Tipo de filamento e a preferência do Professor

Descobertas/Novas Indagações:

- Qual a melhor Garra para usar no projeto com o robô feito em impressora 3D

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Finalizar o Detalhamento do TCC

Período: (22/11 A 06/12)

Atividades Previstas para o Período:

- Finalização da Apresentação de TCC e do Detalhamento
- Começar a impressão 3D do Robô pela impressora

Atividades Realizadas:

- Apresentação do TCC para o Professor e a sala
- Entrega dos Documentos solicitados pelo Professor como atividade

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Definir a melhor de apresentar o TCC

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Conversa entre os participantes do Grupo e escolha de acordo com o conhecimento do aluno

Descobertas/Novas Indagações:

- Início do entendimento de como funciona a impressora 3D

Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ Organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:

- Iniciar a Monografia do Projeto para o próximo semestre

Período: (06/12 a 03/02) 2022-2023 - Férias escolares

Durante as férias escolares não ocorreu nenhum evento que possa ser descrito aqui neste projeto. Apenas após o retorno das aulas.

Período: (03/02 A 17/02) - 2023

Atividades previstas para o período:

- Volta as aulas
- Iniciar a produção do robô pela impressora 3D (19 peças)
- Definição do projeto

Atividades realizadas:

- Finalizada a primeira peça do robô (Peça 19)
- Conversa entre os participantes para novamente definir a função de cada pessoa

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Aprender como se deve utilizar e programar a impressora 3D, para as peças do robô

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Explicação do professor Rinaldo sobre o assunto

Período: (17/02 A 03/03)

Atividades previstas para o período:

- Conversa sobre o TCC com o novo professor deste semestre
- Continuação da produção do Robô
- Revisão da documentação do projeto

Atividades Realizadas:

- Documento revisado e esperando a avaliação do novo professor
- Peças do robô da impressora 3D, finalizadas: 4,5 e 8

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Definir os parâmetros da solda por resistência

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Pesquisa e cálculo da soldagem por resistência

Período: (03/03 A 17/03)

Atividades previstas para o período:

- Teste da máquina para ver o funcionamento da solda
- Revisão da documentação de acordo com a avaliação do professor

Atividades Realizadas:

- Máquina foi testada e o componente da solda está com mau funcionamento
- Documento foi avaliado e arrumar os erros explicados pelo professor
- Peças do robô da impressora 3D, finalizadas: 3,6,7,9,10,11,13,15,16

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Programação do novo robô

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Ajuda e explicação de outros alunos e professores sobre o tema

Período: (17/03 A 31/03)

Atividades previstas para o período:

- Finalização das peças para o robô feito na impressora 3D
- Compra de um novo componente da máquina de solda que estava em mau funcionamento

Atividades Realizadas:

- Peças do robô da impressora 3D todas finalizadas e iniciação da montagem do mesmo

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Pouco tempo de utilização da impressora 3D, assim atrapalhando a cronograma da produção das peças

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

Período: (31/03 A 14/04)

Atividades previstas para o período:

- Testar a programação do arduino com o robô
- Teste da máquina de solda com o novo componente

Atividades Realizadas:

- Máquina em perfeito estado com o novo componente

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Programação do arduino não funcionou

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Ajuda e explicação de outros alunos e professores para a programação

Período: (14/04 A 28/04)

Atividades previstas para o período:

- Revisão do Diagrama de Gantt

Atividades Realizadas:

- Diagrama alinhado de acordo com os diários de bordo

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

Período: (28/04 A 12/05)

Atividades previstas para o período:

- Início dos primeiros esboços para a realização da apresentação do TCC

Atividades Realizadas:

- Pesquisa e análise para se basear em apresentações mostradas anteriormente que discorra sobre o assunto

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

Período: (12/05 A 28/05)

Atividades previstas para o período:

- Começo da apresentação em Power Point e acompanhamento da documentação do projeto

Atividades Realizadas:

- Finalizado a parte das pesquisas do documento

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Definição sobre a parte de atuação do projeto (acionadores)

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Conversa entre os alunos, e consulta com alguém sobre conhecimento na área

Período: (28/05 A 12/06)

Atividades previstas para o período:

- Finalizar a apresentação pelo Power Point
- Terminar a programação do braço robótico
- Definição dos parâmetros do protótipo, como o cilindro pneumático e os materiais a utilizar

Atividades Realizadas:

- Programação do braço concluída

Dificuldades encontradas no decorrer do período:

- Achar todos os materiais utilizados da máquina real

Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:

- Consulta de modelos parecidos na internet

Período: (12/06 A 28/06)

Atividades previstas para o período:

- Pré-apresentação para o professor responsável pela organização do TCC
- Seminário de apresentação do trabalho para a tribuna de avaliação e para o restante dos alunos dos outros cursos
- Entrega da monografia

Atividades Realizadas:

- Pré-apresentação finalizada
- Seminário apresentado a todos
- Entrega da monografia concluída

19. Considerações Finais

A oportunidade de desenvolver este projeto foi enriquecedor para todos do grupo, a oportunidade de aprender e colocar em prática foi algo que possibilitou uma expansão de nossa visão e pensamentos. Assim como também foi extremamente desafiador alinhadas as opiniões de todos, as ideias e objetivos para que funcionássemos em conjunto. Porém, todos aprendemos a trabalhar em equipe e como saber falar e ouvir o outro foi importante.

20. Referências.

BRANCO, Hideraldo Luiz Osorio. Avaliação de Capas de Eletrodos Utilizadas na Soldagem de Chapas Galvanizadas na Indústria Automobilística. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, 113p, 2004

MARQUES, Paulo Vilani; MONDENESI, Paulo José, BRACARENSE, Alexandre Queiroz. Soldagem: fundamento e tecnologias. Editora UFMG, 2007

<https://aventa.com.br/novidades/infografico-historia-da-soldagem>

<https://www.terra.com.br/noticias/dino/a-historia-da-soldagem-e-sua-evolucao-para-os-dias-atuais>

DOC de Mecânica e mecatrônica (Prof. Rinaldo)

<https://isotron.com.br/>

infosolda.com.br

<https://aventa.com.br/>

<https://www.sumig.com/>

<https://fahor.com.br/>

docplayer.com.br

<http://www.ifba.edu.br/>

<https://futuremedia.com.br/>

<https://www.universal-robots.com>

<https://www.mundodaeletrica.com.br/controlador-logico-programavel-clp>

<https://www.microwat.com.br/741>

<http://www.sold.ind.br/>

<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1070338923-placa-mega-atmega2560-r3-16u2->

<http://www.lgsteel.com.br/ficha-tecnica-do-latao.htm>