

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
“LAURO GOMES”
Mecatrônica

Bruno Luna Ervolino
Crislucas de Souza Pereira
Eduardo Silva Santos
Hugo Victor Oliveira Lima

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Hovercraft

São Bernardo do Campo, SP
2020

Bruno Luna Ervolino
Crislucas de Souza Pereira
Eduardo Silva Santos
Hugo Victor Oliveira Lima

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Hovercraft

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso Técnico em
Mecatrônica da Etec Lauro Gomes,
orientado pelo Prof. Eduardo Hilton
como requisito para conclusão do
curso de Técnico Mecatrônico.

São Bernardo do Campo, SP
2020

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso se propõe a colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos ao longo dos últimos 4 semestres do curso de Técnico em Mecatrônica. Para isso, com ajuda do professor Eduardo Hilton, decidimos fazer um Hovercraft, que consiste em um veículo de colchão de ar, aerobarco ou aero deslizador. É um veículo que se apoia num colchão de ar. É capaz de atravessar diversos tipos de solo e, também pode deslocar-se sobre a água. Com esse projeto aplicamos nossos conhecimentos em mecatrônica, e tivemos a oportunidade de trabalhar com novas tecnologias como: Controle do projeto por Bluetooth, através de um smartphone; e manufatura aditiva, ou impressão 3D.

Palavras-Chave: Trabalho de conclusão de curso; Mecatrônica. Hovercraft; Manufatura Aditiva; Bluetooth.

ABSTRACT

The present Undergraduate Thesis proposes to put into practice all the knowledge acquired over the last 4 semesters of the Mechatronics Technician course. For this, with the help of Professor Eduardo Hilton, we decided to make a Hovercraft, which consists of an air mattress, airboat or aero glider vehicle. It is a vehicle that glides on an air mattress. It can cross different types of soil and can also travel on water. With this project we applied our knowledge in mechatronics, and we had the opportunity to work with new technologies such as: Project control through Bluetooth, with a smartphone; and additive manufacturing, or 3D printing.

Keyword: Undergraduate thesis. Mechatronics; Hovercraft; Additive manufacturing; Bluetooth.

Sumário

1	Folhas de desenho.....	7
1.1	Base de fixação motor Brushless.....	8
1.2	Hélice 6x4.....	9
1.3	Motor Brushless 2200kv.....	10
1.4	Parafuso para a base do motor Brushless.....	11
1.5	Espaçador Spinner.....	12
1.6	Parafuso do Spinner.....	13
1.7	Porca do Spinner.....	14
1.8	Bateria 11.1V 2200 MAH 30C/60C – XT60.....	15
1.9	ESC Controlador de Velocidade.....	16
1.10	Servo Motor MG996R.....	17
1.11	Apoio FAN Traseiro.....	18
1.12	Chassi.....	19
1.13	Apoio FAN Dianteiro.....	20
1.14	Parte inferior.....	21
1.15	Folha A0 Conjunto Montado.....	22
2	Folhas de Processo.....	23
2.1	Base de fixação Motor Brushless.....	24
2.2	Baterias.....	25
2.3	Chassi.....	26
2.4	ESC Controlador de Velocidade.....	27
2.5	Estrutura Motor Dianteiro.....	28
2.6	Estrutura Motor Traseiro.....	29
2.7	Hélice.....	30
2.8	Intermediário Spinner.....	31
2.9	Motor Brushless A2212 2200kv.....	32

2.10	Parafuso de Fixação (Base do motor Brushless)	33
2.11	Parafuso Spinner.....	34
2.12	Microcontrolador PIC-18F4550.....	35
2.13	Porca Spinner.....	36
2.14	Protótipo para teste – Chassi e Parte inferior para lona inflável.....	37
2.15	Servo Motor.....	38
2.16	Suporte para Lona Inflável.....	39
3	Folhas de Montagem.....	40
3.1	Montagem Conjunto Motor Brushless.....	41-44
4	Esquema Elétrico – Proteus.....	45
5	Programa.....	46-51

FOLHAS DE DESENHO

A

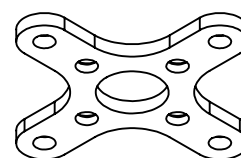
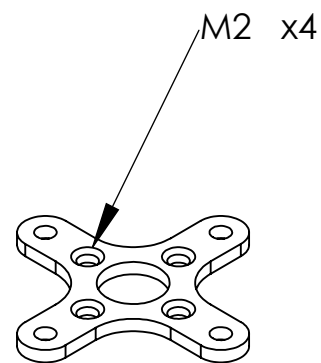
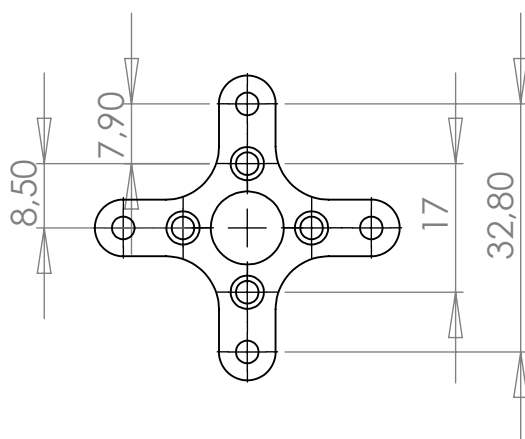
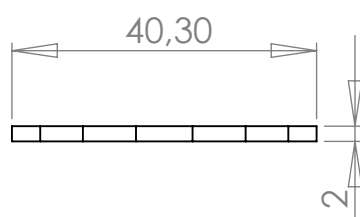
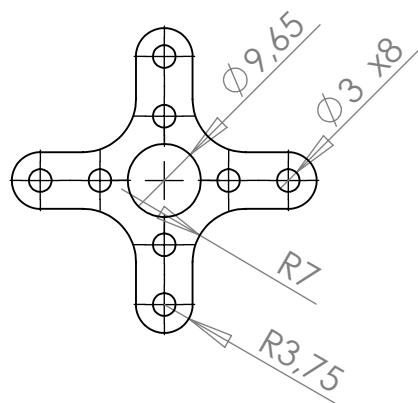
B

C

D

E

F



1

2

Base de fixação motor Brushless

Alumínio

4 furos int. M2

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO**HOVERCRAFT****A4**

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

PESO: Desconhecido

ESCALA: 1:1

1

2

3

4

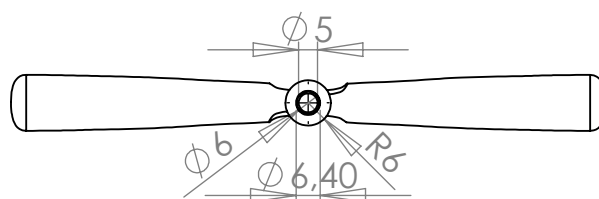
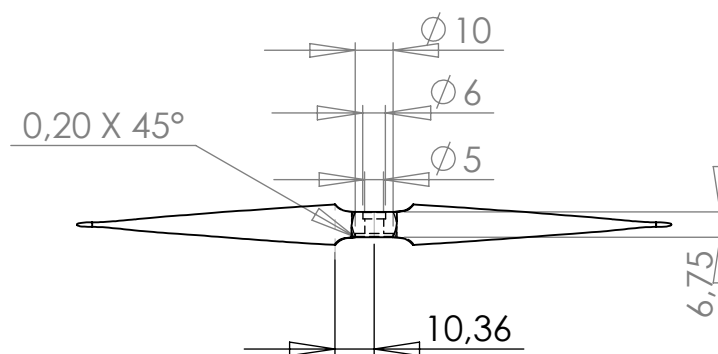
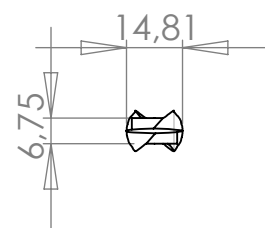
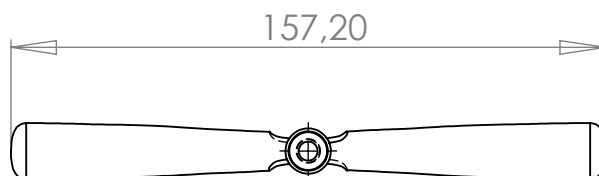
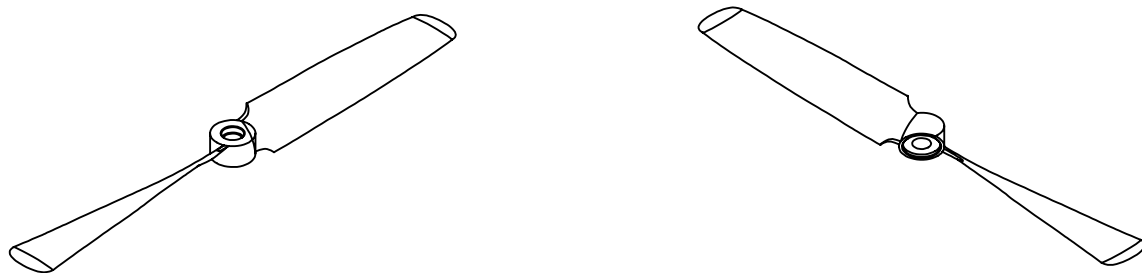
A

B

C

D

E



F

1

2

Hélice 6x4

Nylon Rígido

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO**HOVERCRAFT****A4**

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

PESO: 4g/peça

ESCALA: 1:2

1

2

3

4

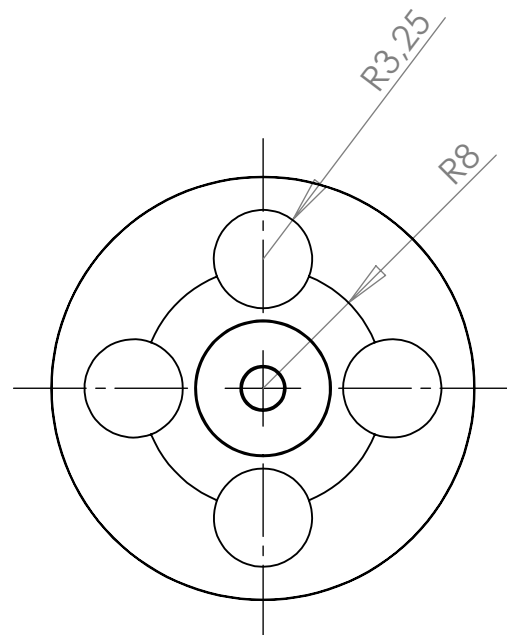
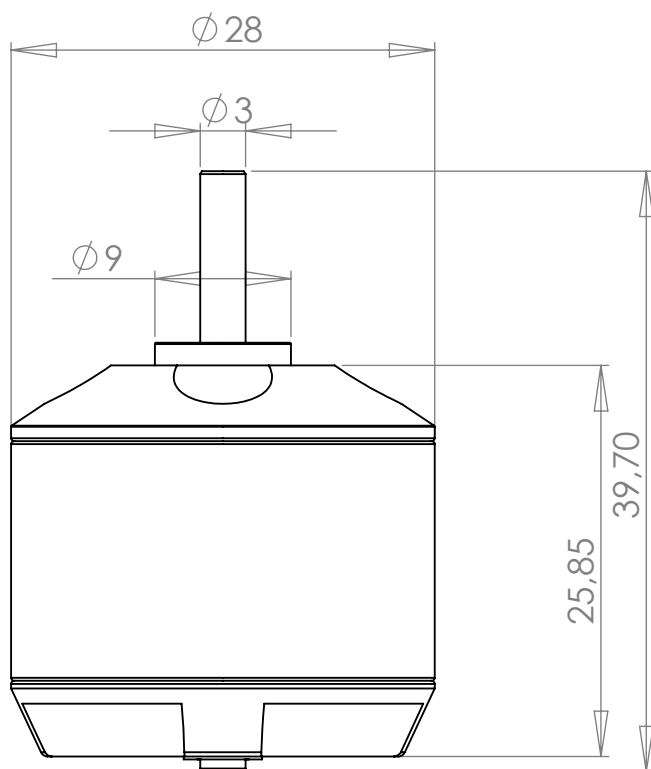
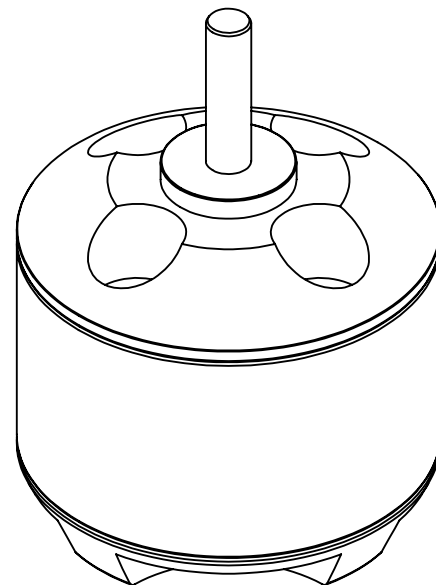
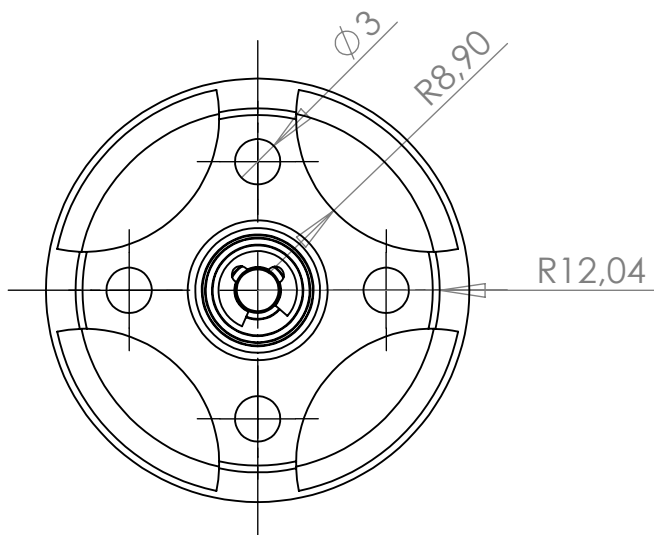
A

B

C

D

E



1

2

Motor Brushless 2200kv

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO**HOVERCRAFT****A4**

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

PESO: 60g cada motor

ESCALA: 2:1

1

2

3

4

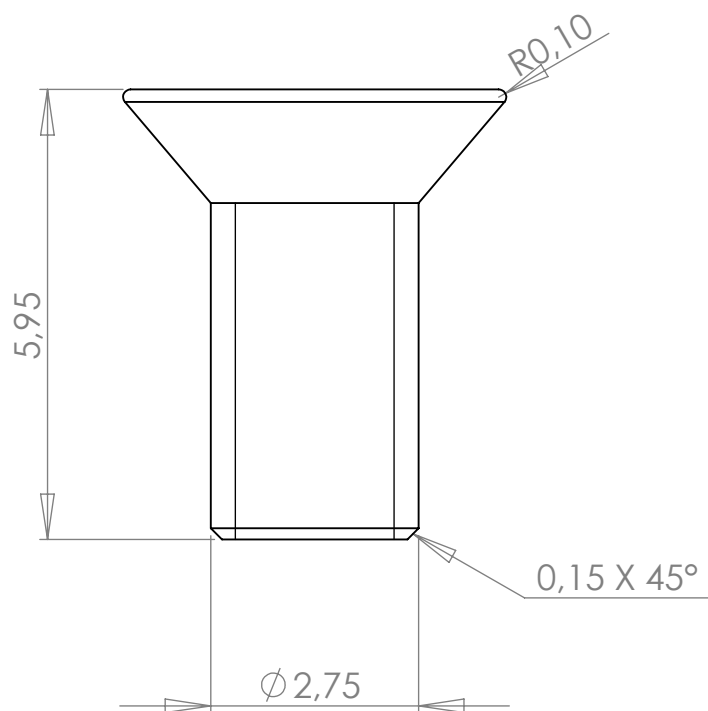
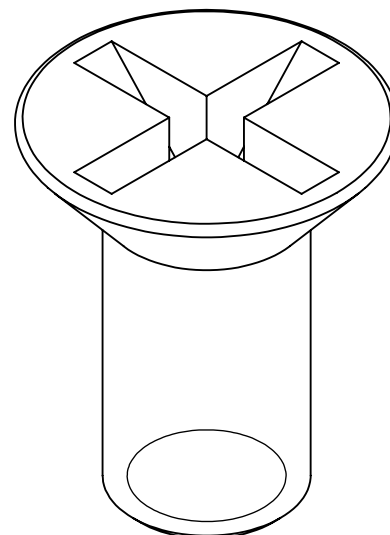
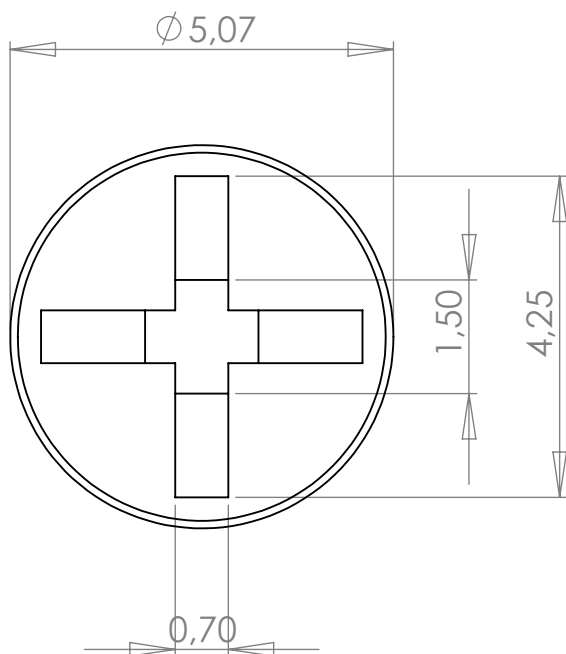
A

B

C

D

E



1

8

Parafuso p/ base motor Brush.

Alumínio

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO**HOVERCRAFT****A4**

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

PESO: Desconhecido

ESCALA: 10:1

1

2

3

4

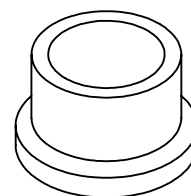
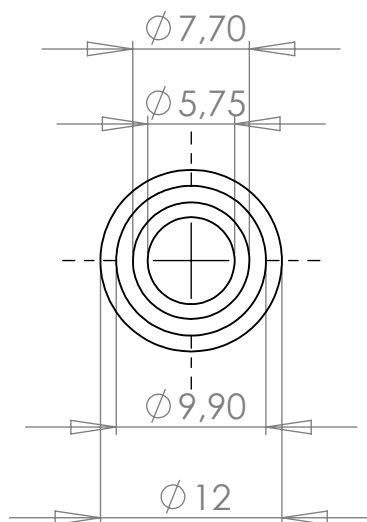
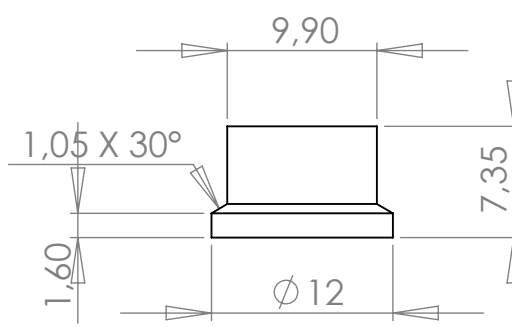
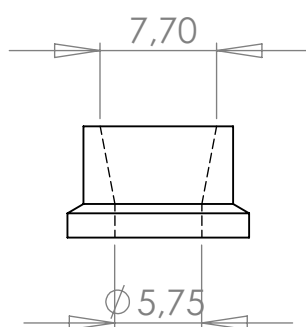
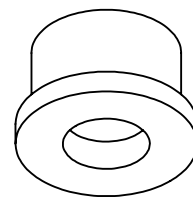
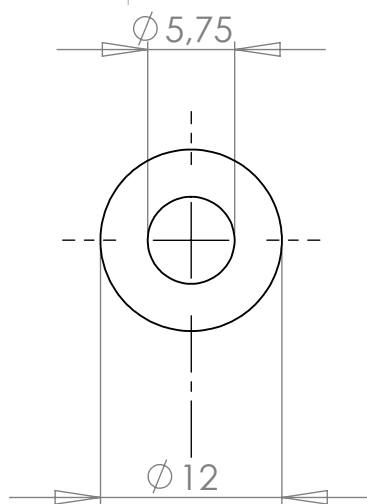
A

B

C

D

E



F

1

2

Espaçador Spinner

Alumínio

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO

HOVERCRAFT

A4

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

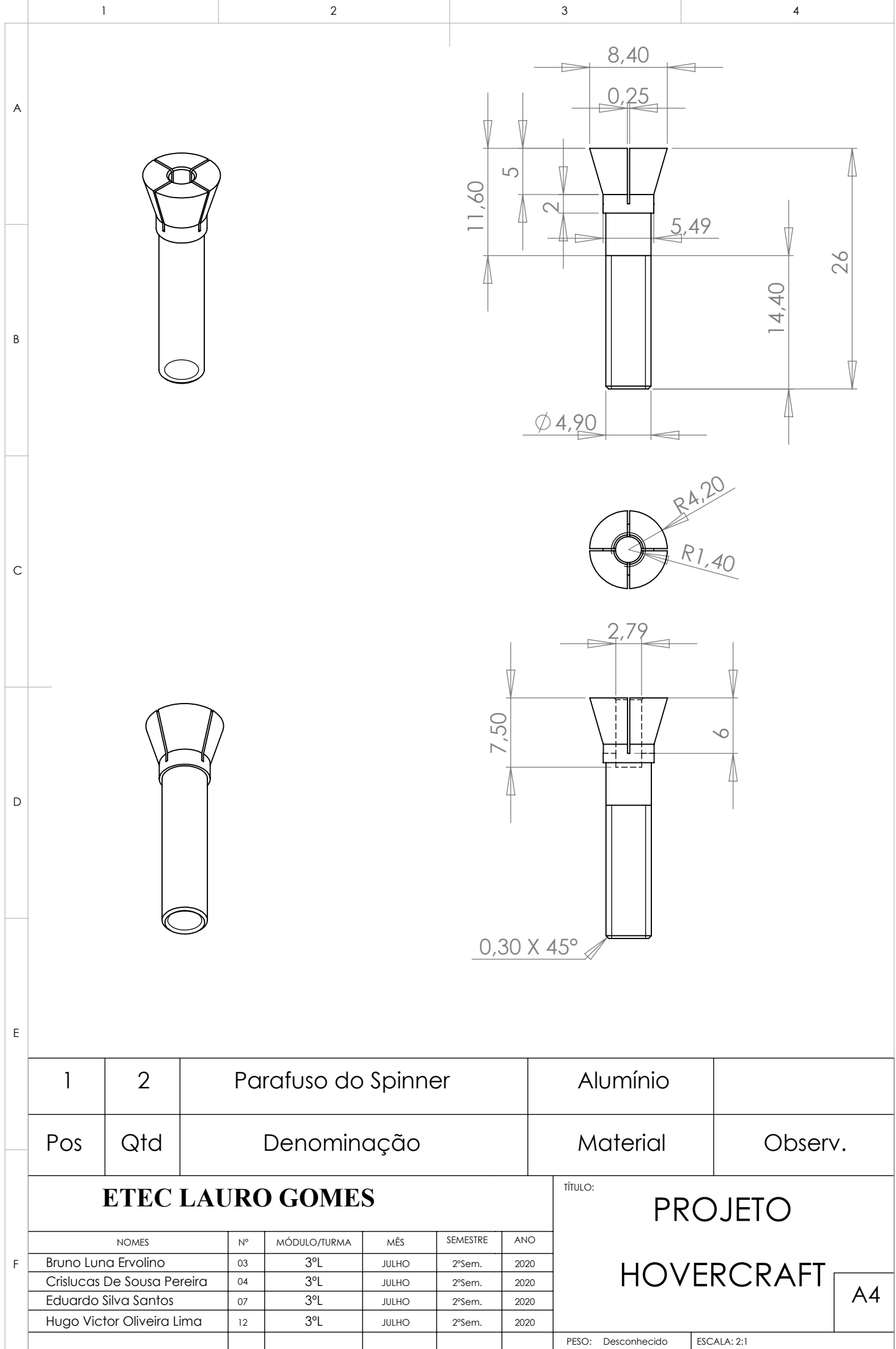
JULHO

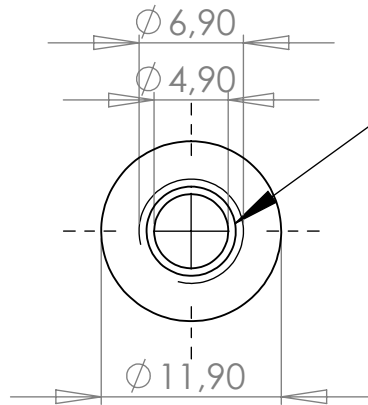
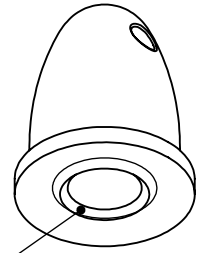
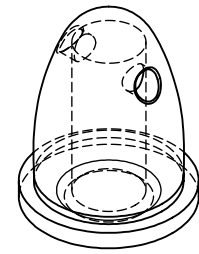
2ºSem.

2020

PESO: Desconhecido

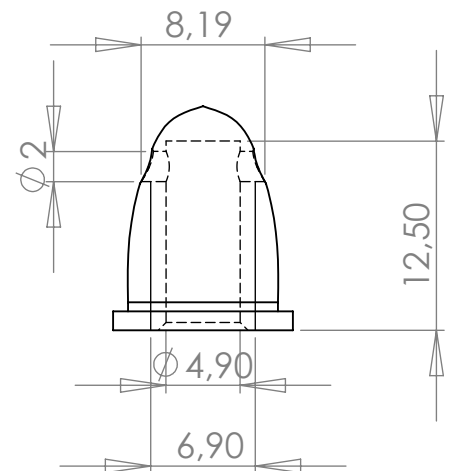
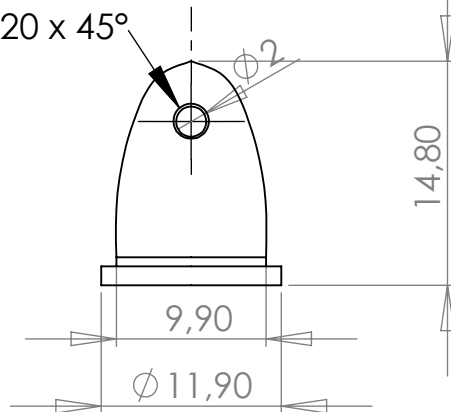
ESCALA: 2:1



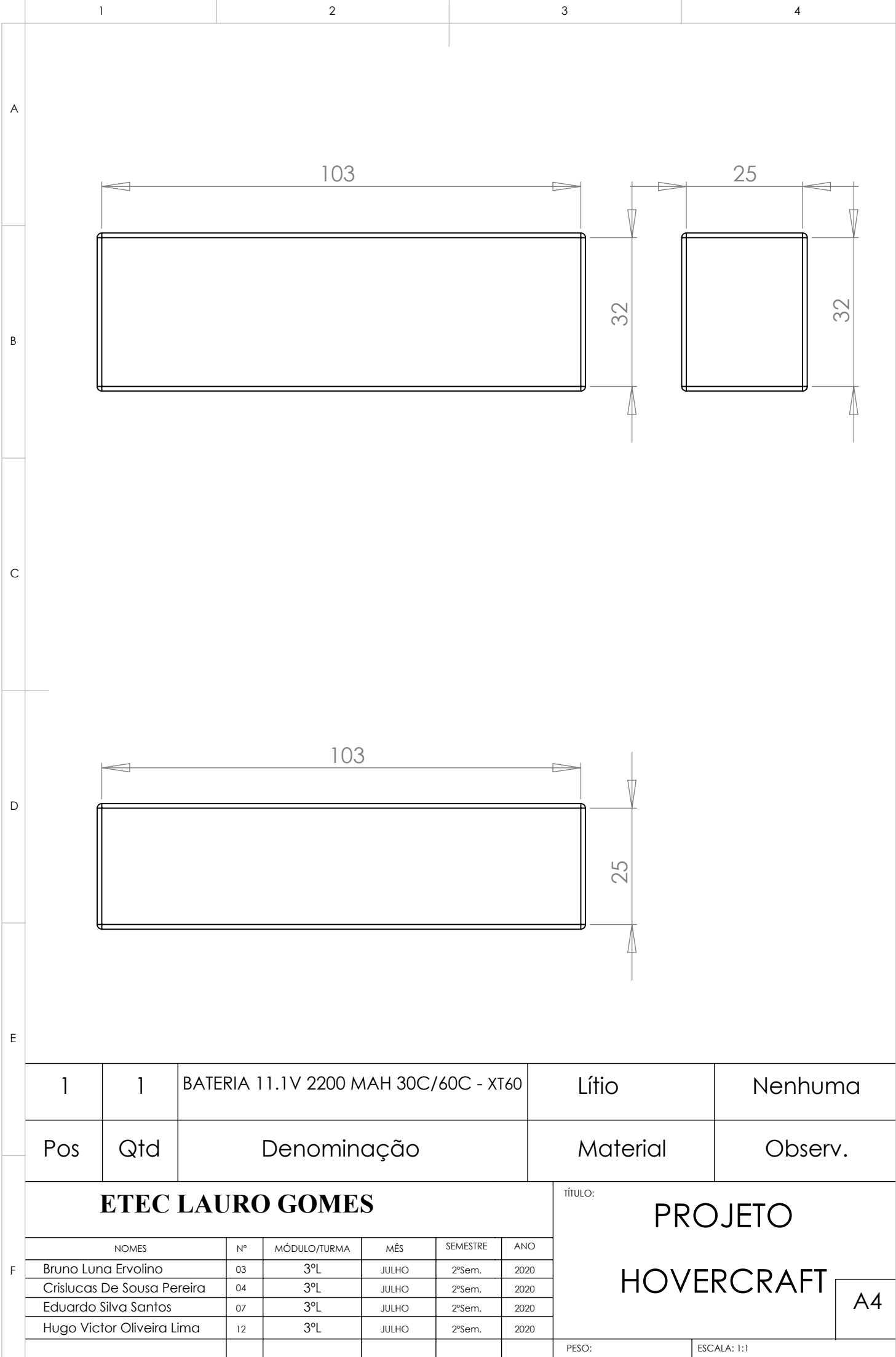


Chanfro 0,50 x 45°

Chanfro 0,20 x 45°



1	2	Porca do Spinner				Alumínio				
Pos	Qtd	Denominação				Material		Observ.		
ETEC LAURO GOMES						TÍTULO: PROJETO HOVERCRAFT <div>A4</div>				
NOMES		Nº	MÓDULO/TURMA	MÊS	SEMESTRE					ANO
Bruno Luna Ervolino		03	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
Crislucas De Sousa Pereira		04	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
Eduardo Silva Santos		07	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
Hugo Victor Oliveira Lima		12	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
							PESO: Desconhecido		ESCALA: 2:1	



1

2

3

4

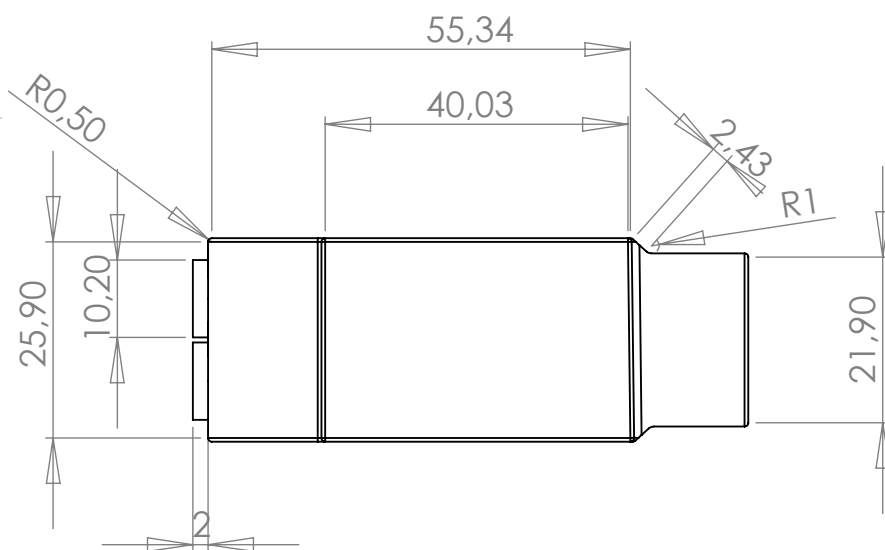
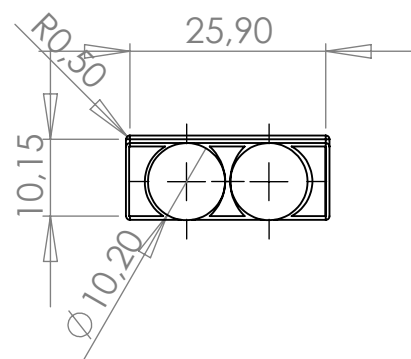
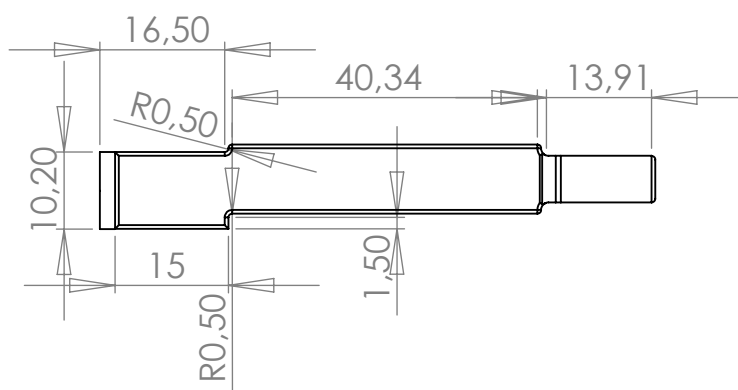
A

B

C

D

E



1

1

ESC Controlador De Velocidade

Alumínio

Nenhuma

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO**HOVERCRAFT****A4**

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

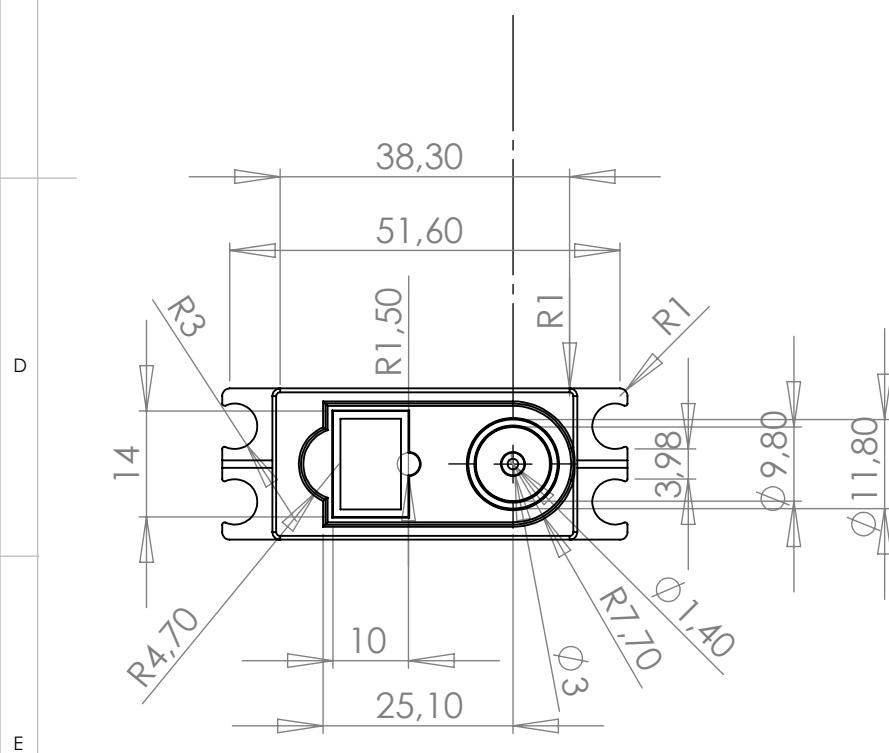
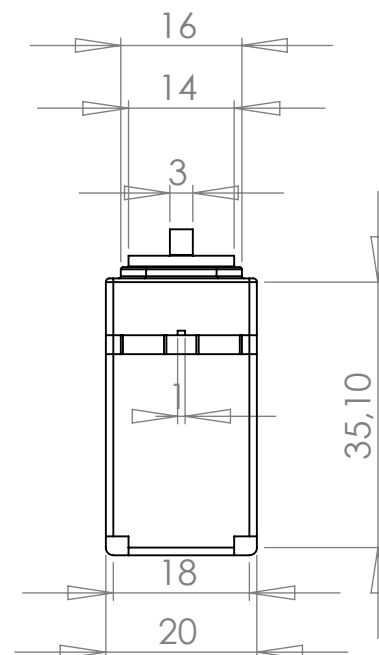
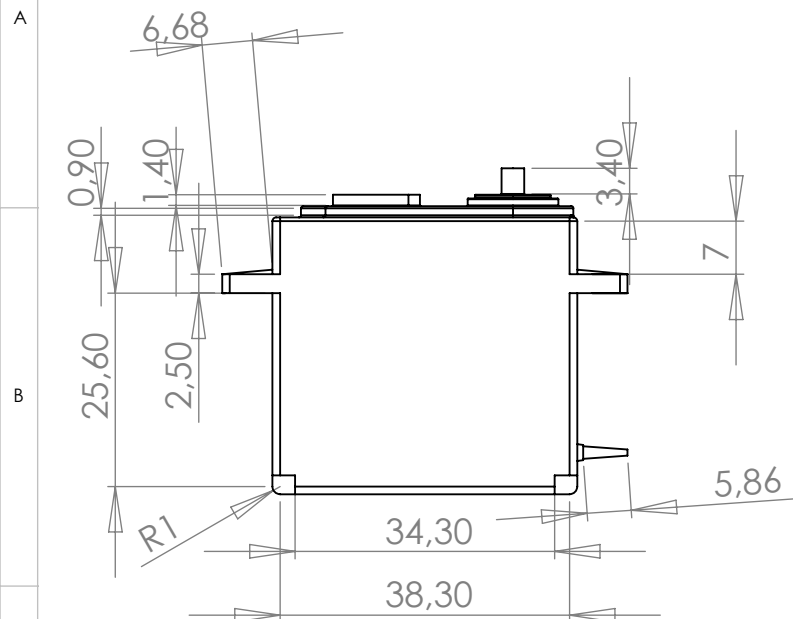
JULHO

2ºSem.

2020

PESO:

ESCALA: 1:1



1	1	Servo Motor MG996R	Metal Gear	Nenhuma
Pos	Qtd	Denominação	Material	Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

A4

1

2

3

4

A

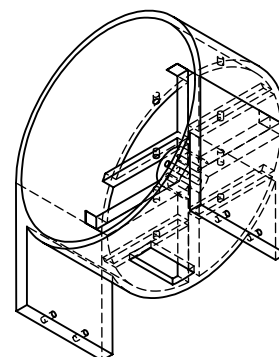
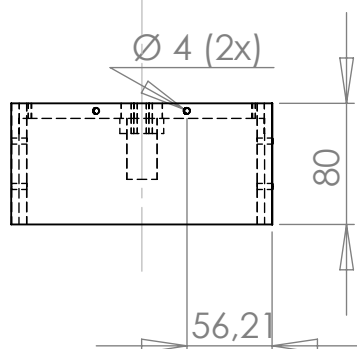
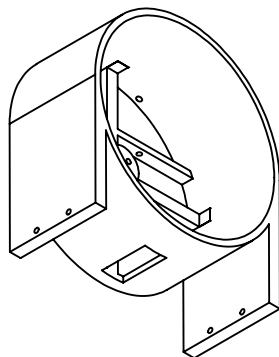
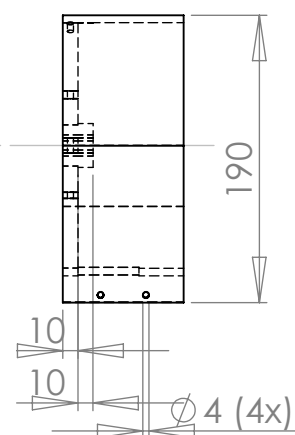
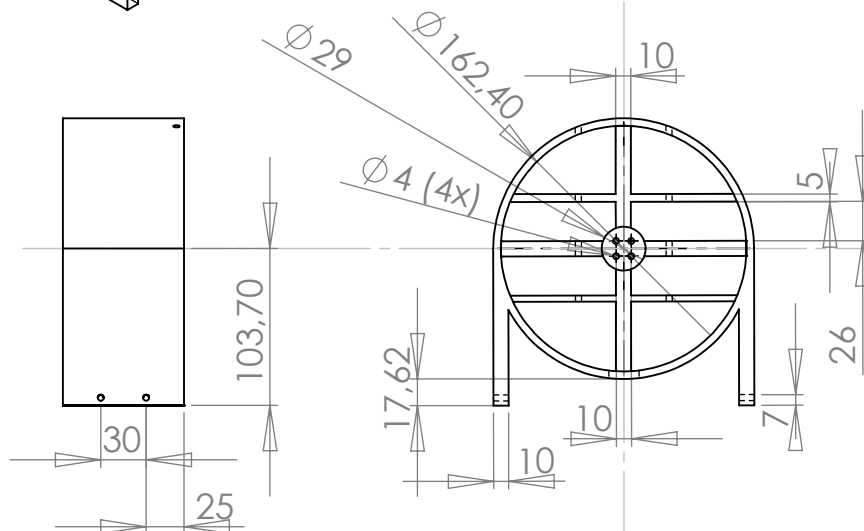
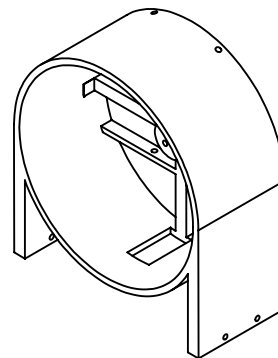
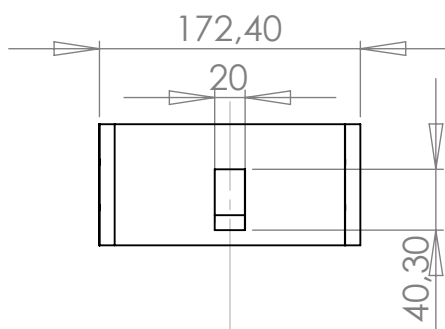
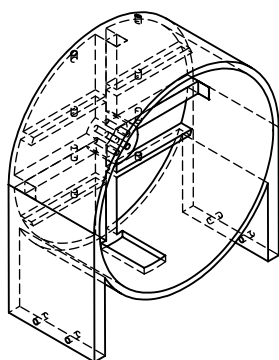
B

C

D

E

F



1

1

Apoio FAN Traseiro

PLA

Nenhuma

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO

HOVERCRAFT

A4

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

PESO:

ESCALA: 1:1

1

2

3

4

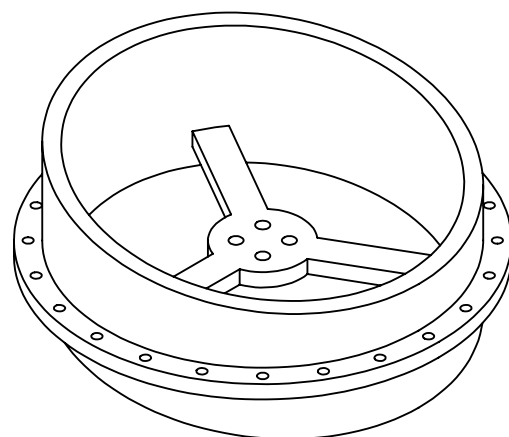
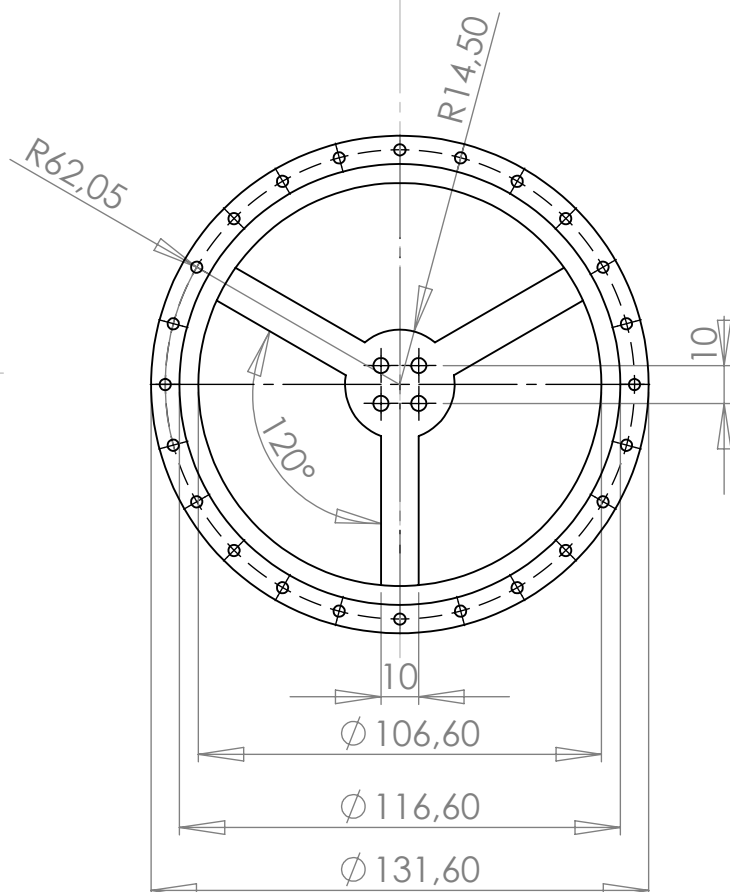
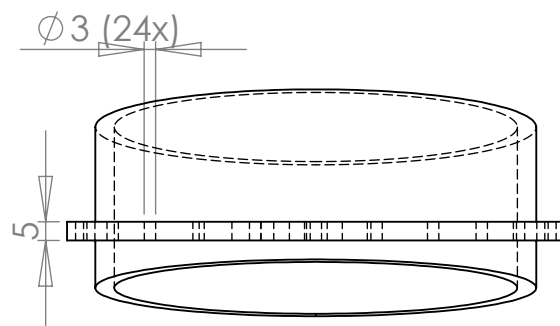
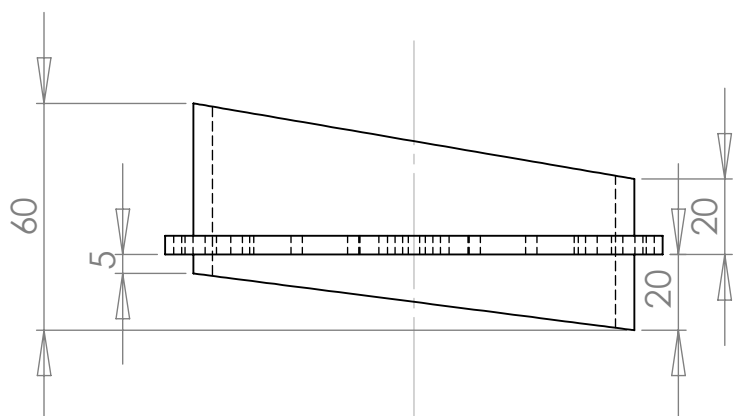
A

B

C

D

E



1

1

Apoio FAN Dianteiro

PLA

Nenhuma

Pos

Qtd

Denominação

Material

Observ.

ETEC LAURO GOMES

TÍTULO:

PROJETO

HOVERCRAFT

A4

NOMES

Nº

MÓDULO/TURMA

MÊS

SEMESTRE

ANO

Bruno Luna Ervolino

03

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Crislucas De Sousa Pereira

04

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Eduardo Silva Santos

07

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

Hugo Victor Oliveira Lima

12

3ºL

JULHO

2ºSem.

2020

PESO:

ESCALA: 1:1

A

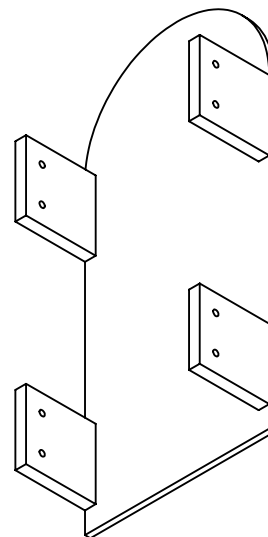
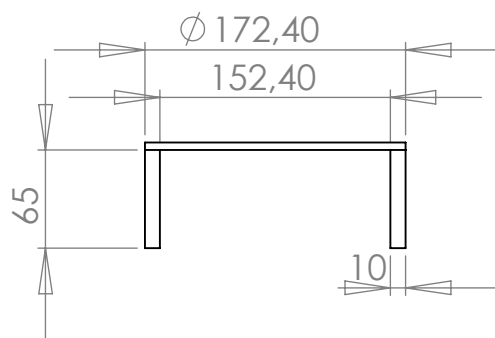
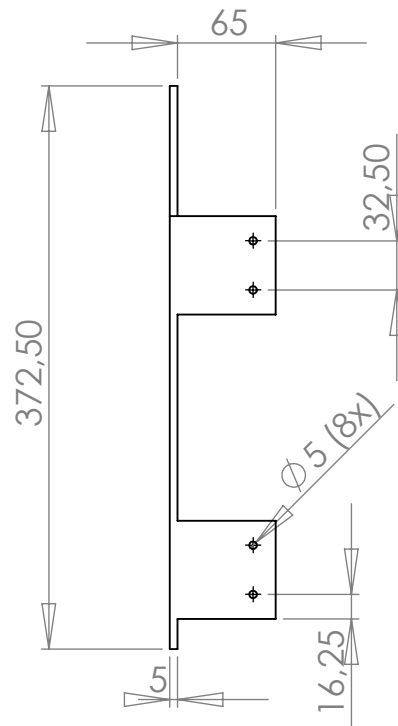
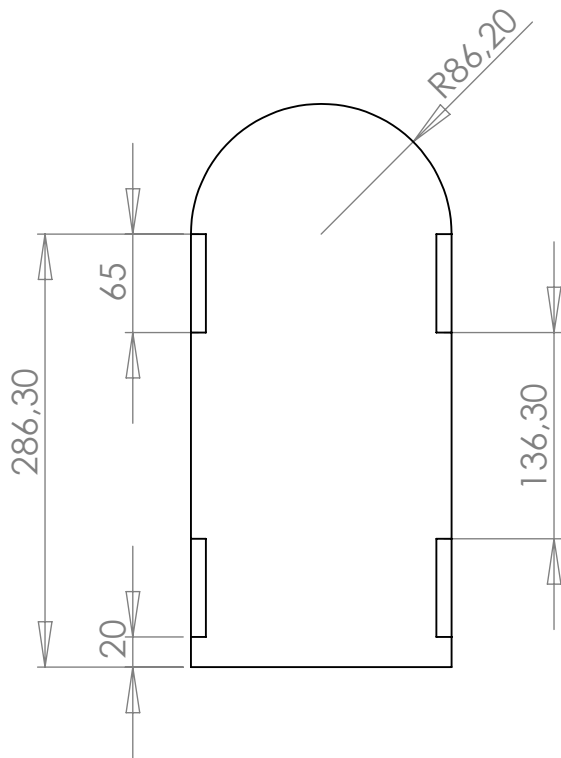
B

C

D

E

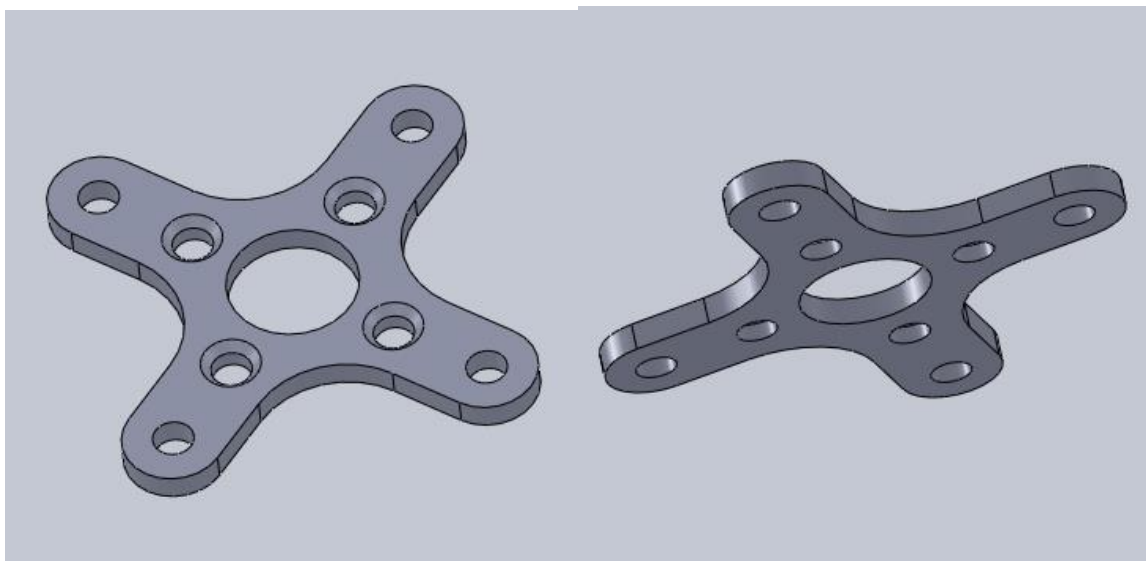
F



1	1	Parte Inferior				PLA		Nenhuma		
Pos	Qtd	Denominação				Material		Observ.		
ETEC LAURO GOMES						TÍTULO: PROJETO HOVERCRAFT <div>A4</div>				
NOMES		Nº	MÓDULO/TURMA	MÊS	SEMESTRE					ANO
Bruno Luna Ervolino		03	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
Crislucas De Sousa Pereira		04	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
Eduardo Silva Santos		07	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
Hugo Victor Oliveira Lima		12	3ºL	JULHO	2ºSem.					2020
							PESO:		ESCALA: 1:1	

FOLHAS DE PROCESSO

Base de fixação Motor Brushless



Descrição

Base para fixar os motores (Peça já incluída na compra dos motores)

Esta base é fixada no motor com parafusos já incluídos na compra, e depois fixa o conjunto no projeto. A base facilita para que os parafusos não encostem no motor.

Dimensões:

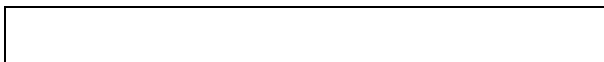
40,35mm altura

40,35mm largura

2,00mm espessura

Material: Alumínio

Quantidades no projeto: 2

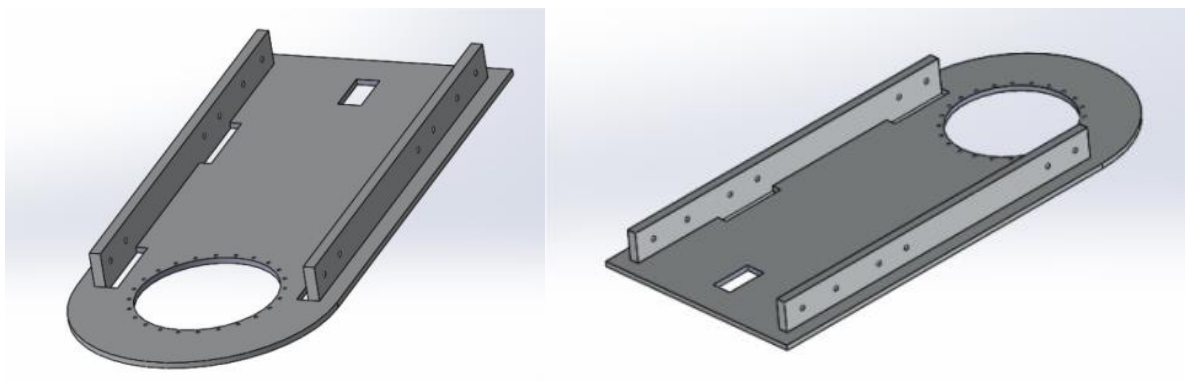


Baterias



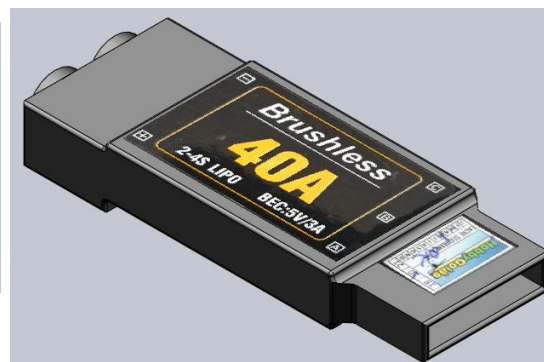
Características	Especificações
Marca: Leão Modelismo	Quantidade de células: 3
Modelo: LB2200LP3	Tipo de Plug: XT60
Dimensões: 105 x 34 x 27mm	Capacidade: 2200mah
Peso: 186 gramas	Descarga: 30C
Quantidades no projeto: 2	Voltagem: 11.1 – 3S

Chassi



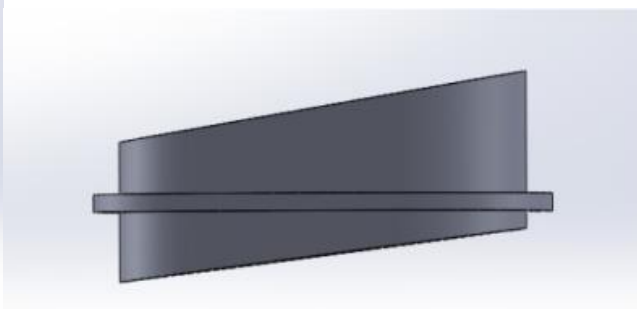
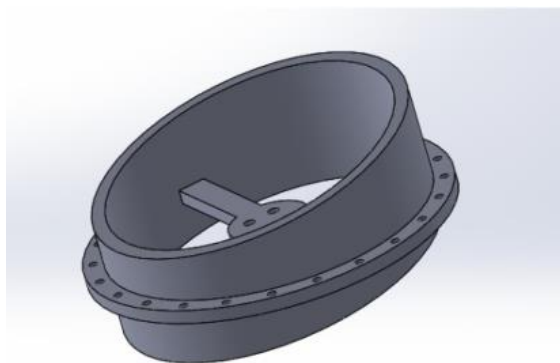
Especificações	Processo de Fabricação
<p data-bbox="240 965 707 1003">Dimensões: 487,31 x 221,40mm</p> <p data-bbox="240 1075 437 1113">Material: ABL</p>	<p data-bbox="847 965 1366 1059">Projeto: SolidWorks (por Hugo V. O. Lima)</p> <p data-bbox="847 1131 1409 1169">Impresso em 3D: Impressora Stratasys</p> <p data-bbox="847 1240 1402 1391">OBS: Pode ser impresso em qualquer impressora 3D com capacidade de impressão para as dimensões ao lado.</p>

ESC Controlador De Velocidade



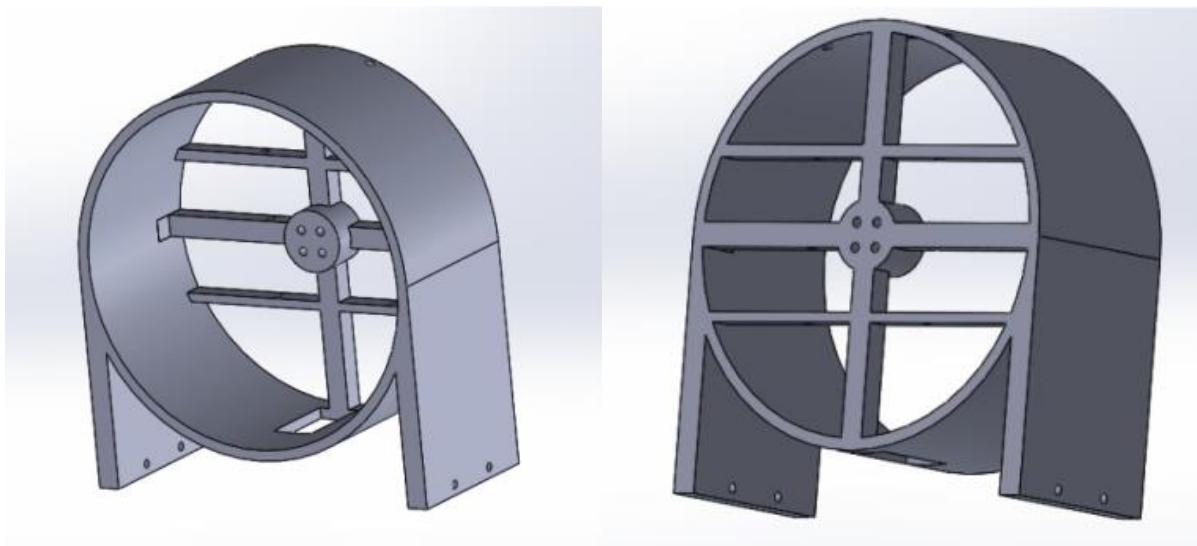
Características	Especificações
ESC amarelo 40A 2-3S	Tensão de entrada: 5,6V - 12,2V
Conectores Soldados (Banana e XT60)	Tensão de saída do BEC: 2A/5V
Dimensões: 45 x 24 x 11mm	Amperagem suportada na saída: 30A contínuos e 40A em até 10 segundos
Peso: 25g	Para motores brushless usados em aeromodelos, helicópteros e drones.
Quantidades no projeto: 2	

Estrutura Motor Dianteiro



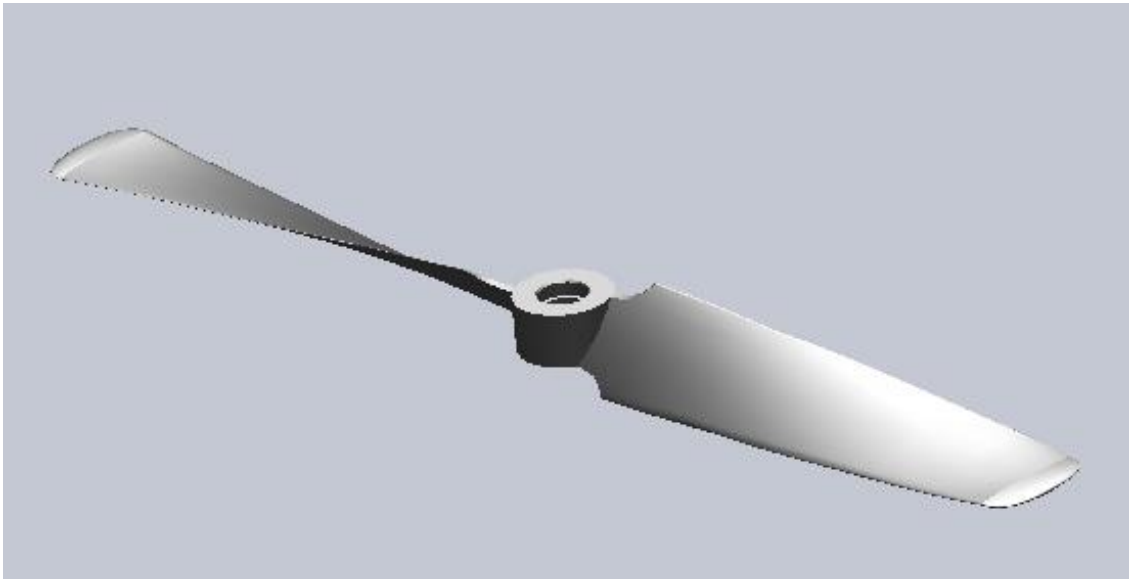
Especificações	Processo de Fabricação
<p>Material: ABL</p>	<p>Projeto: SolidWorks (por Hugo V. O. Lima)</p> <p>Impresso em 3D: Impressora Stratasys</p> <p>OBS: Pode ser impresso em qualquer impressora 3D com capacidade de impressão para as dimensões ao lado.</p>

Estrutura Motor Traseiro



Especificações	Processo de Fabricação
<p data-bbox="240 1126 437 1160">Material: ABL</p> <p data-bbox="240 1238 660 1272">Dimensões: 190 x 172,40mm</p>	<p data-bbox="847 1126 1366 1216">Projeto: SolidWorks (por Hugo V. O. Lima)</p> <p data-bbox="847 1294 1406 1328">Impresso em 3D: Impressora Stratasys</p> <p data-bbox="847 1406 1401 1552">OBS: Pode ser impresso em qualquer impressora 3D com capacidade de impressão para as dimensões ao lado.</p>

Hélice



Características

Modelo: 6x4E

6 polegadas x 4 de passo

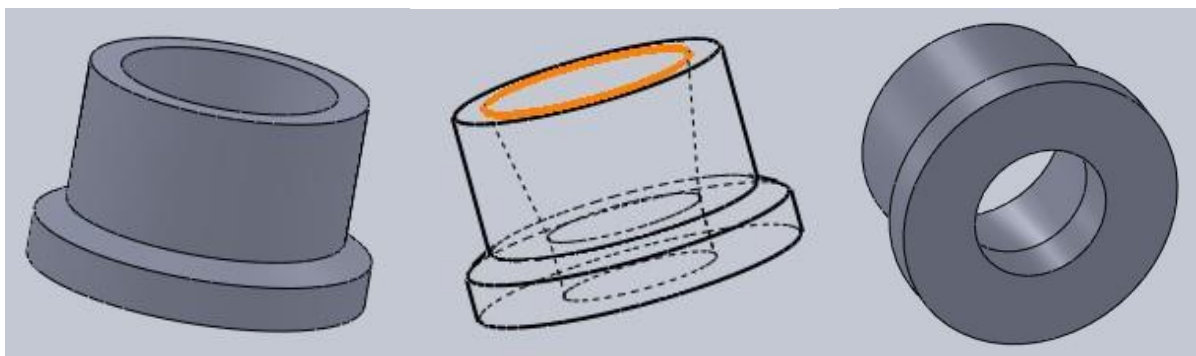
Dimensões: 157,20mm comprimento

Material: Nylon Rígido

Quantidade no projeto: 2

Peso: 4g/Peça

Intermediário Spinner



Características

Spinner: Conjunto de parafuso, porca e afastador utilizado para fixar a hélice ao eixo do motor brushless

Material: Alumínio

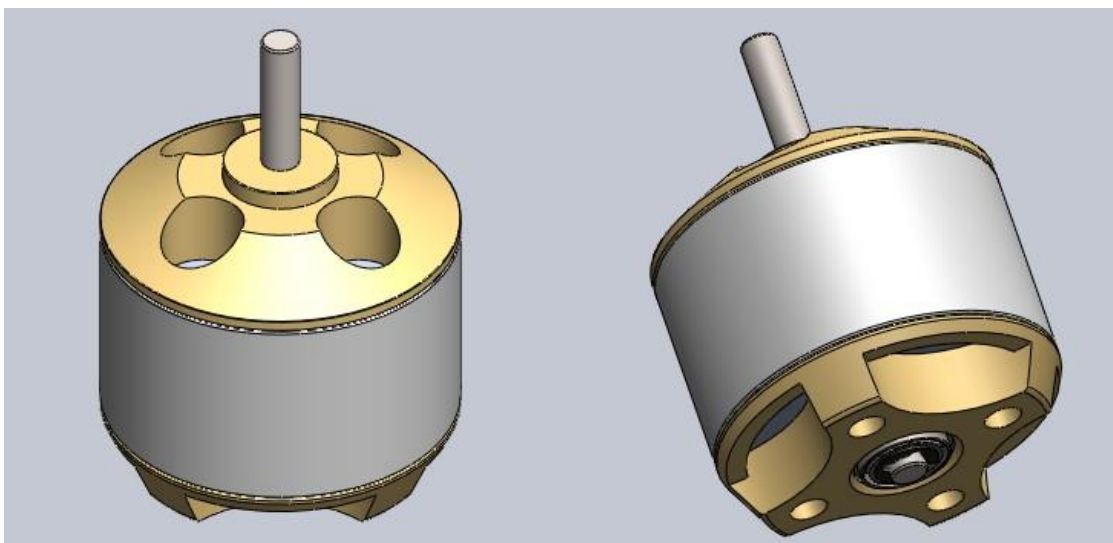
Para eixo: 3,17mm

Dimensões:

7,35mm altura

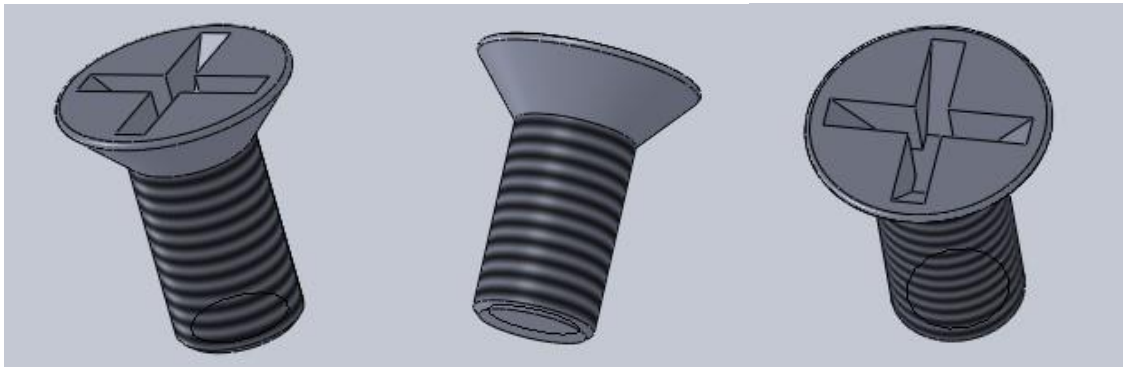
12mm diâmetro maior

Motor Brushless A2212 2200kv



Características	Especificações
2 motores utilizados neste projeto	Kv: 2200kv = 2200 rpm/ por unidade de volt
Marca: Importada	Corrente máxima suportada: 16A
Modelo: A2212	Voltagem de funcionamento: 6v até 12,6v (Bateria Lipo 2 a 3s)
Dimensões: Diâmetro x Altura:	Empuxo máximo com hélice APC 6x4: 620g
28x26mm	Hélices compatíveis usando bateria Lipo 3s: 6x4
Peso com conectores: 60g	Hélices compatíveis usando bateria Lipo 2s: 7x5
Eixo: 3.17mm	
Quantidades do projeto: 2	

Parafuso de Fixação (Base do motor brushless)

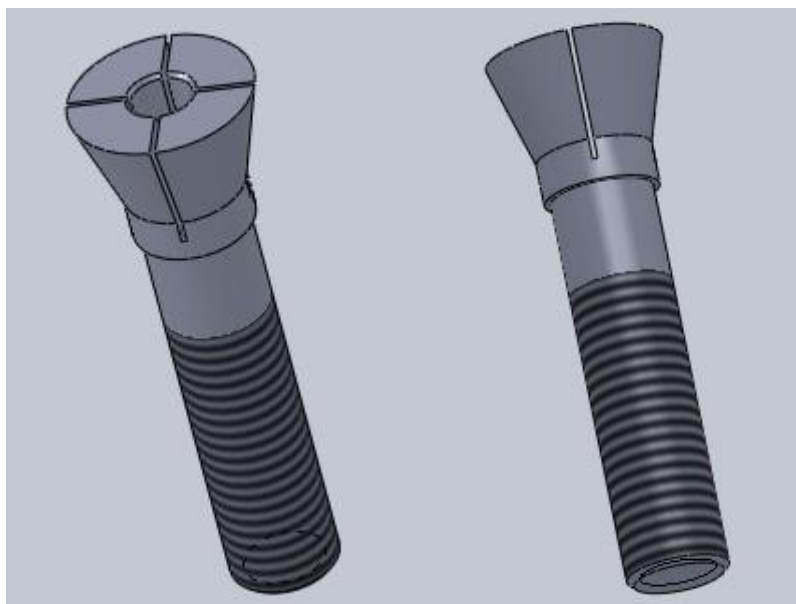


Características

Parafuso de fixação da base ao motor brushless (acompanha motor)

Dimensões:
5,95mm altura

Parafuso Spinner



Características

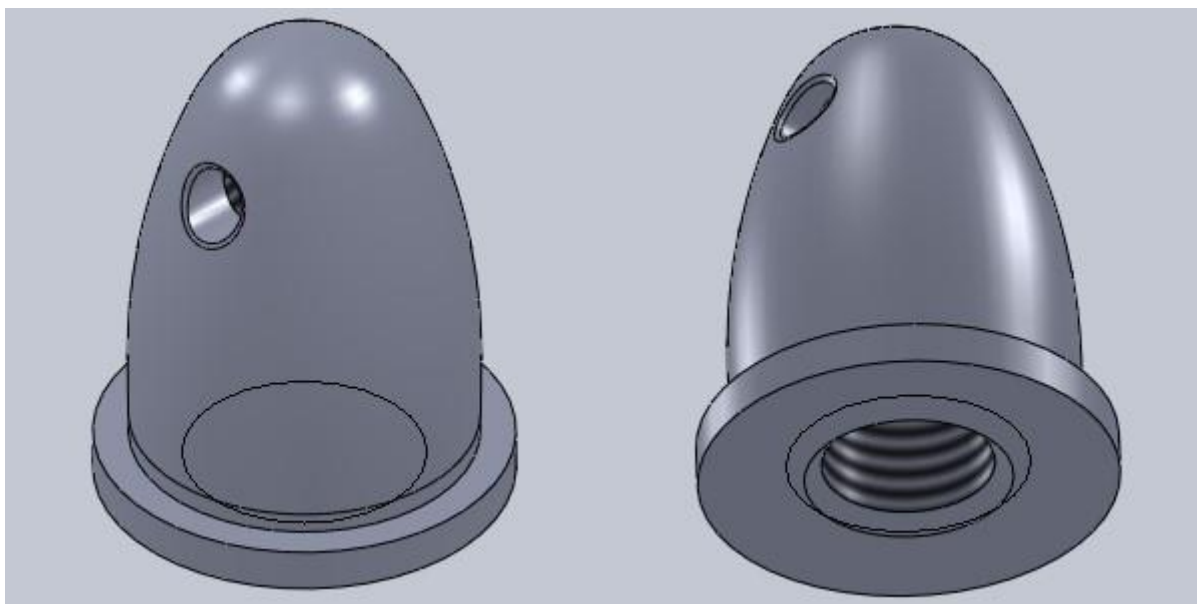
Spinner: Conjunto de parafuso, porca e afastador utilizado para fixar a hélice ao eixo do motor brushless

Material: Alumínio

Para eixo: 3,17mm

Dimensões:
26mm altura

Porca Spinner



Características

Spinner: Conjunto de parafuso, porca e afastador utilizado para fixar a hélice ao eixo do motor brushless

Material: Alumínio

Para eixo: 3,17mm

Dimensões:

14,80mm altura

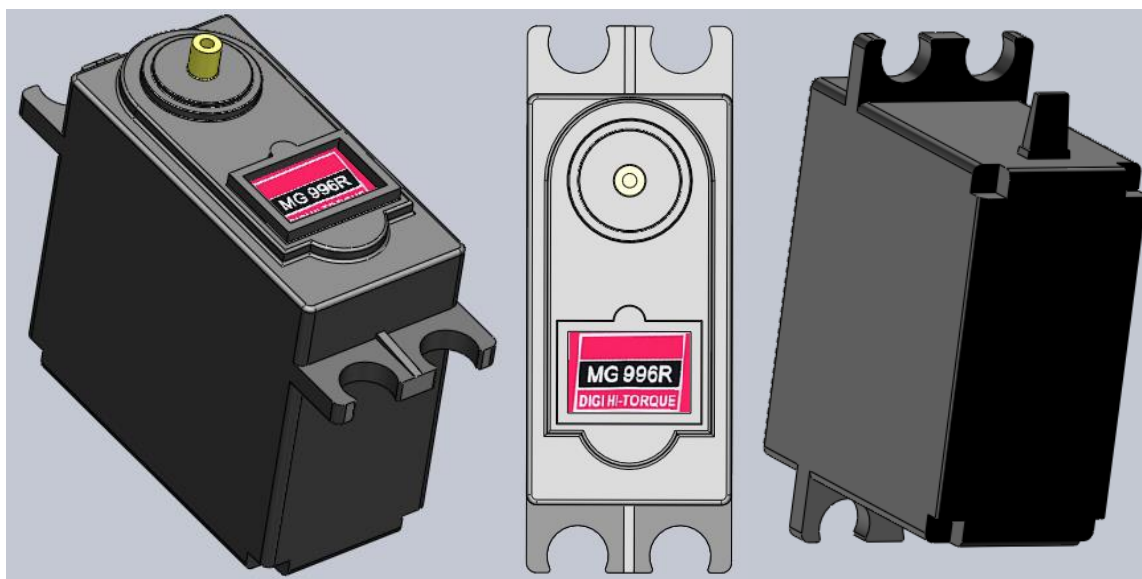
11,90mm diâmetro maior

Protótipo para teste – Chassi e Parte inferior para lona inflável



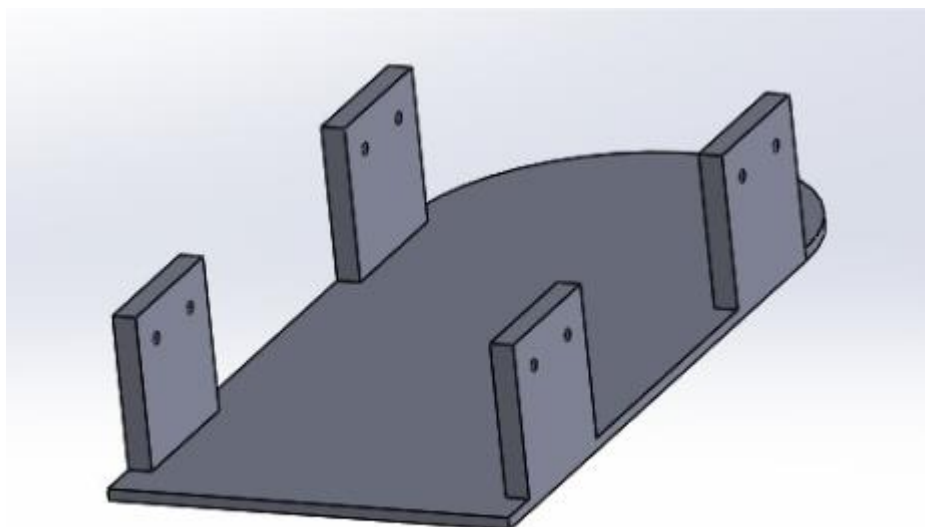
Especificações	Ferramentas e Materiais
<p>Protótipo feito com as mesmas dimensões do projeto real para efetuar testes de montagem com os componentes antes da impressão 3D.</p> <p>Material: Papelão</p> <p>Peças feitas individualmente dentro das medidas especificadas nos desenhos, e posteriormente coladas com cola quente.</p> <p>Este protótipo irá ajudar na escolha do melhor material para a lona inflável.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Papelão; - Régua; - Lápis; - Arco de Serra; - Cola quente; - Parafusos M3;

Servo motor



Características	Especificações
Modelo: Servo Motor MG996R	Velocidade de operação: 0.17sec / 60 graus (4.8V sem carga)
Dimensões: 40 x 19 x 43mm	Velocidade de operação: 0.13sec / 60 graus (6.0V sem carga)
Peso: 55g	Torque de travamento: 13 kg cm (180,5 oz-in) em 4.8V
Comprimento do fio conector: 300mm	Torque de travamento: 15 kg-cm (208,3 oz-in) em 6V
Fio Conector: Heavy Duty, 11,81 "(300mm)	Tensão da operação: 4,8 - 7.2Volts
Quantidades no projeto: 1	Tipo Gear: Todos os Metal Gears

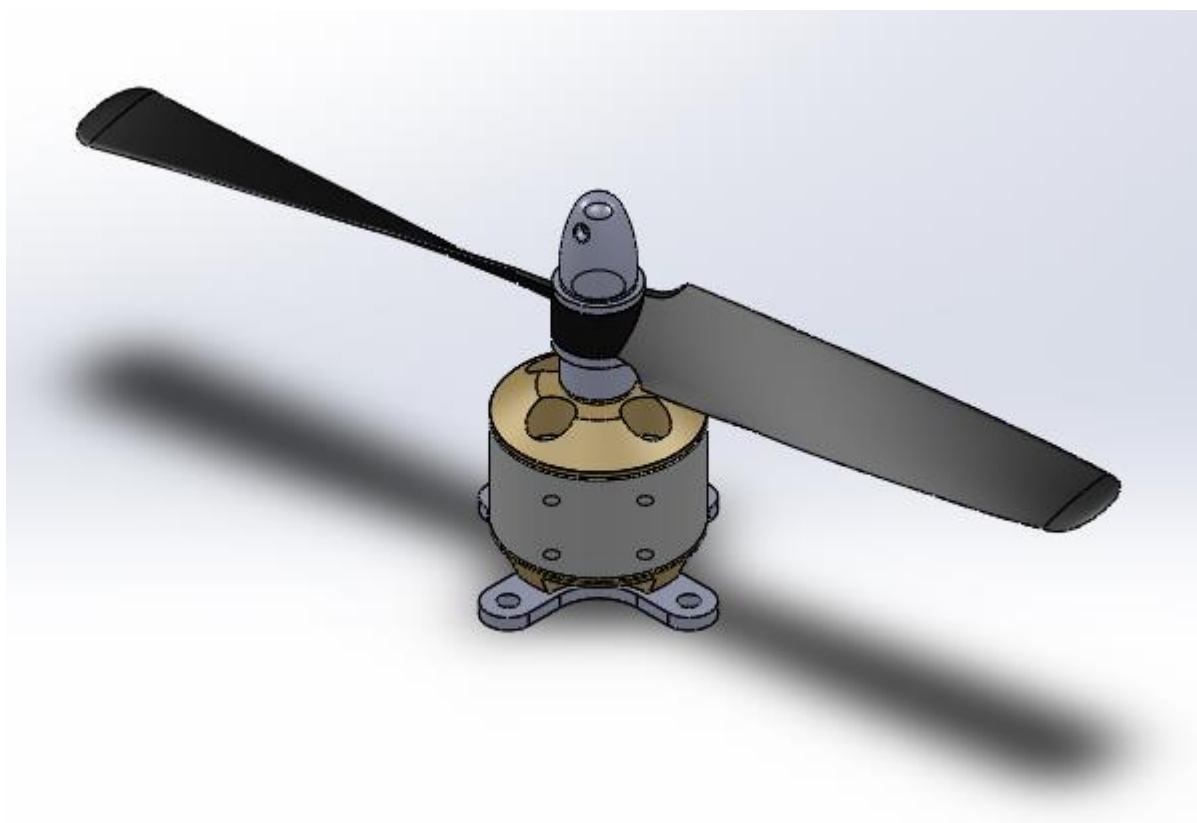
Suporte Inferior para Lona Inflável



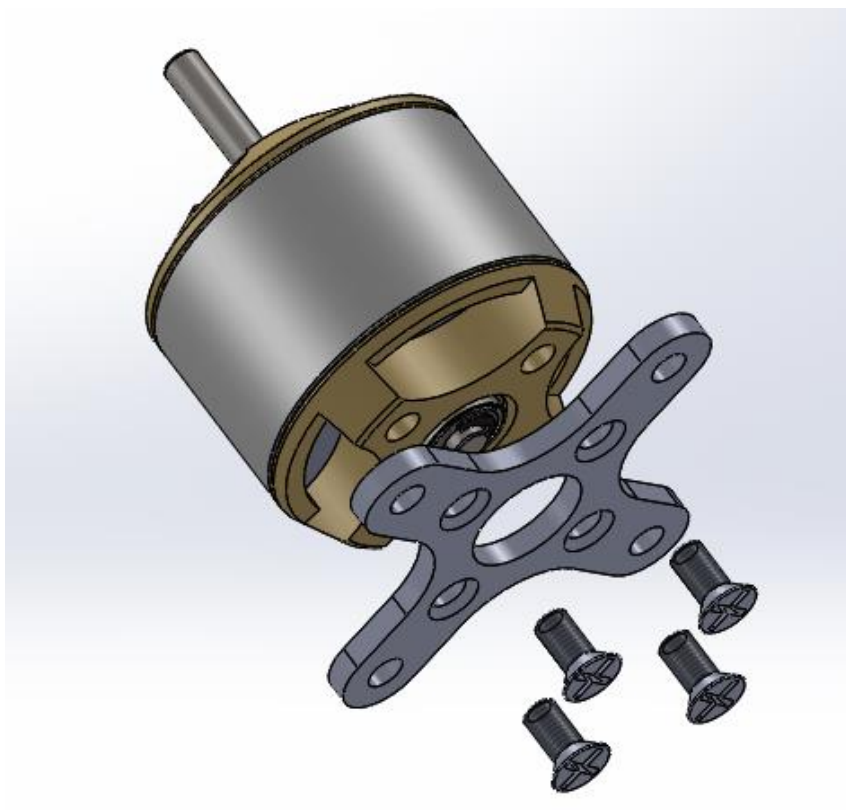
Especificações	Processo de Fabricação
<p data-bbox="240 1196 437 1229">Material: ABL</p>	<p data-bbox="847 1196 1366 1285">Projeto: SolidWorks (por Hugo V. O. Lima)</p> <p data-bbox="847 1359 1406 1397">Impresso em 3D: Impressora Stratasys</p> <p data-bbox="847 1471 1406 1673">OBS: Pode ser impresso em qualquer impressora 3D com capacidade de impressão para as dimensões da peça (vide folha de desenho).</p>

FOLHAS DE MONTAGEM

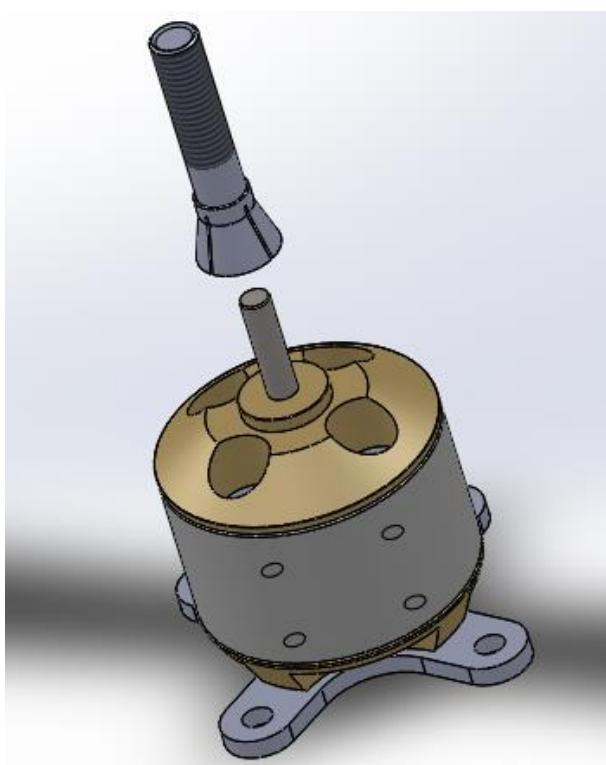
Folha de Montagem – Conjunto Motor Brushless



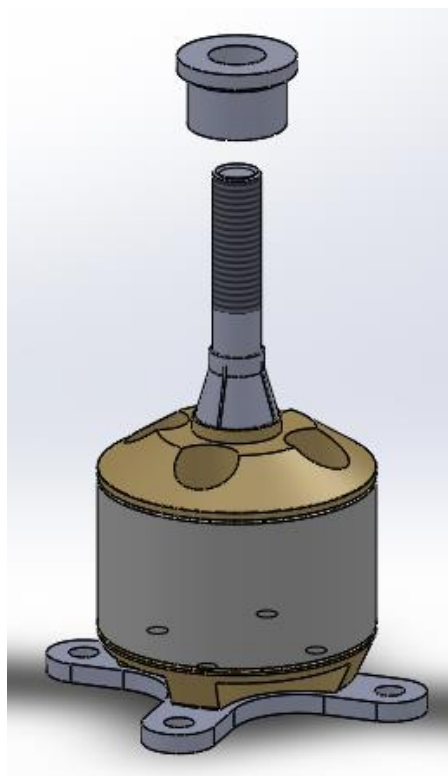
Apoiar a base de fixação, e rosquear os 4 parafusos na base



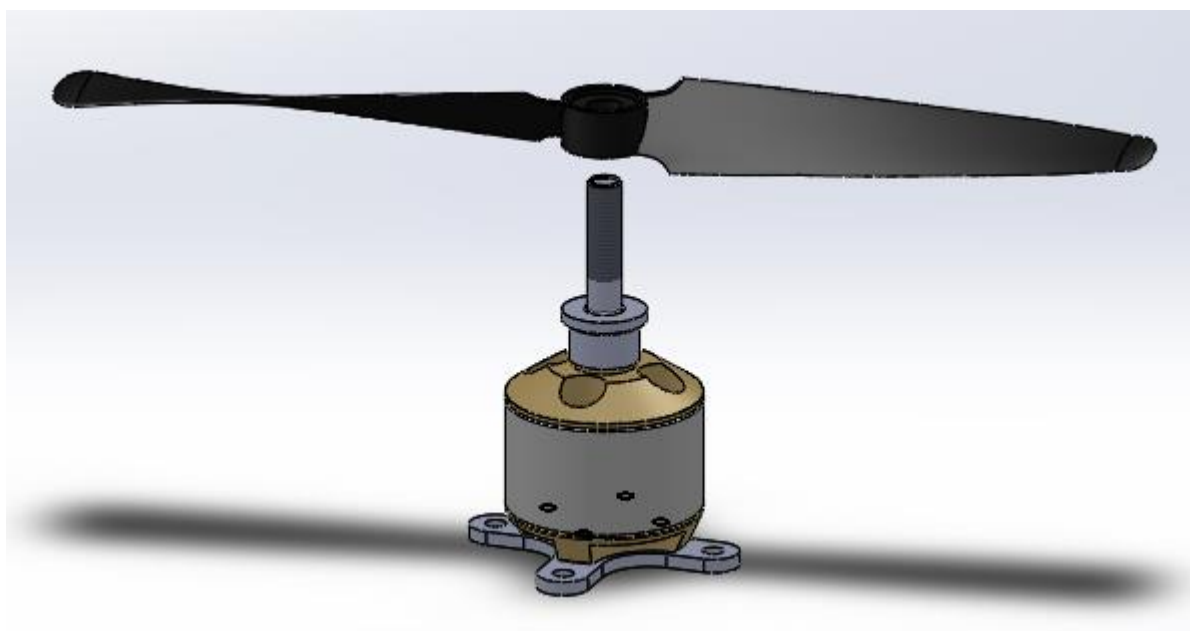
Inserir o parafuso do spinner no eixo do motor



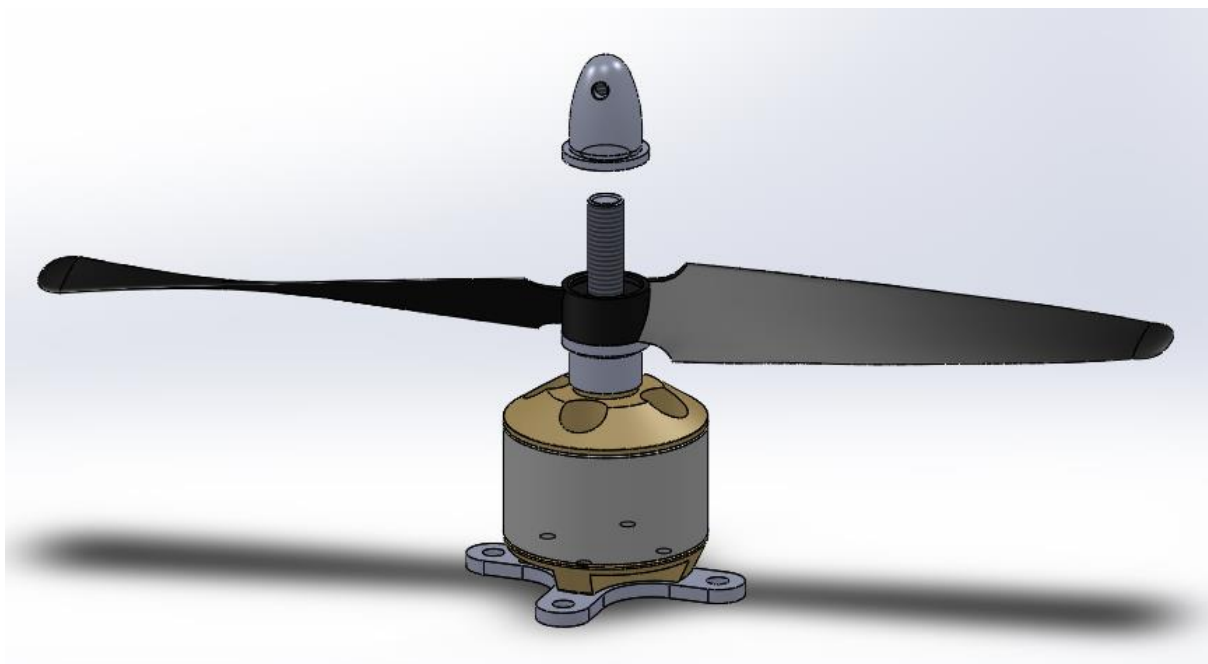
Inserir o apoio da hélice



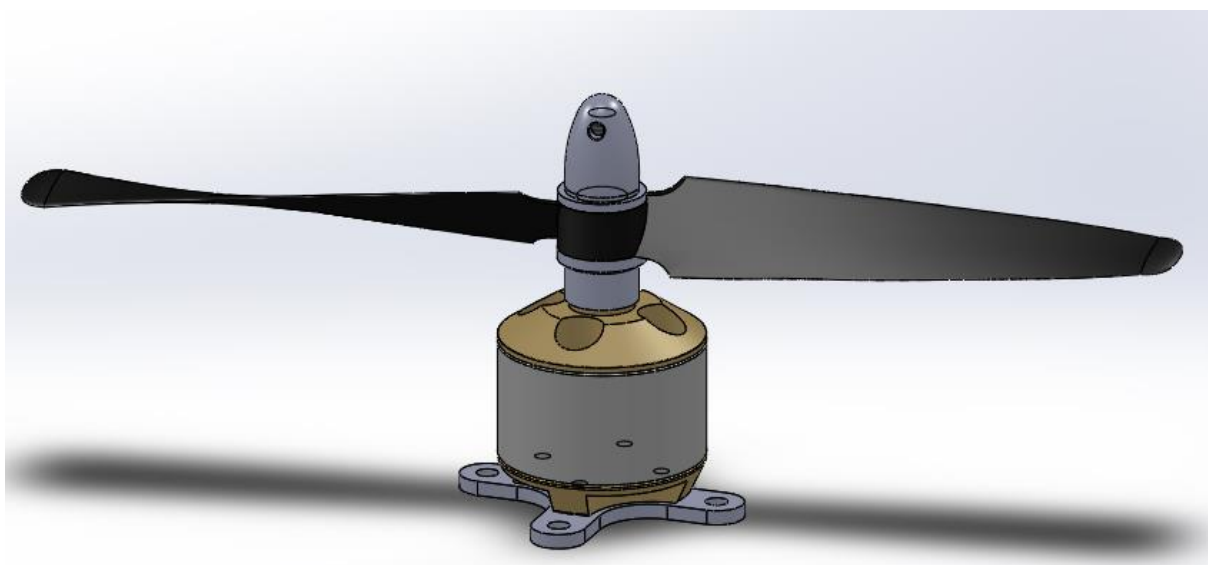
Inserir a hélice



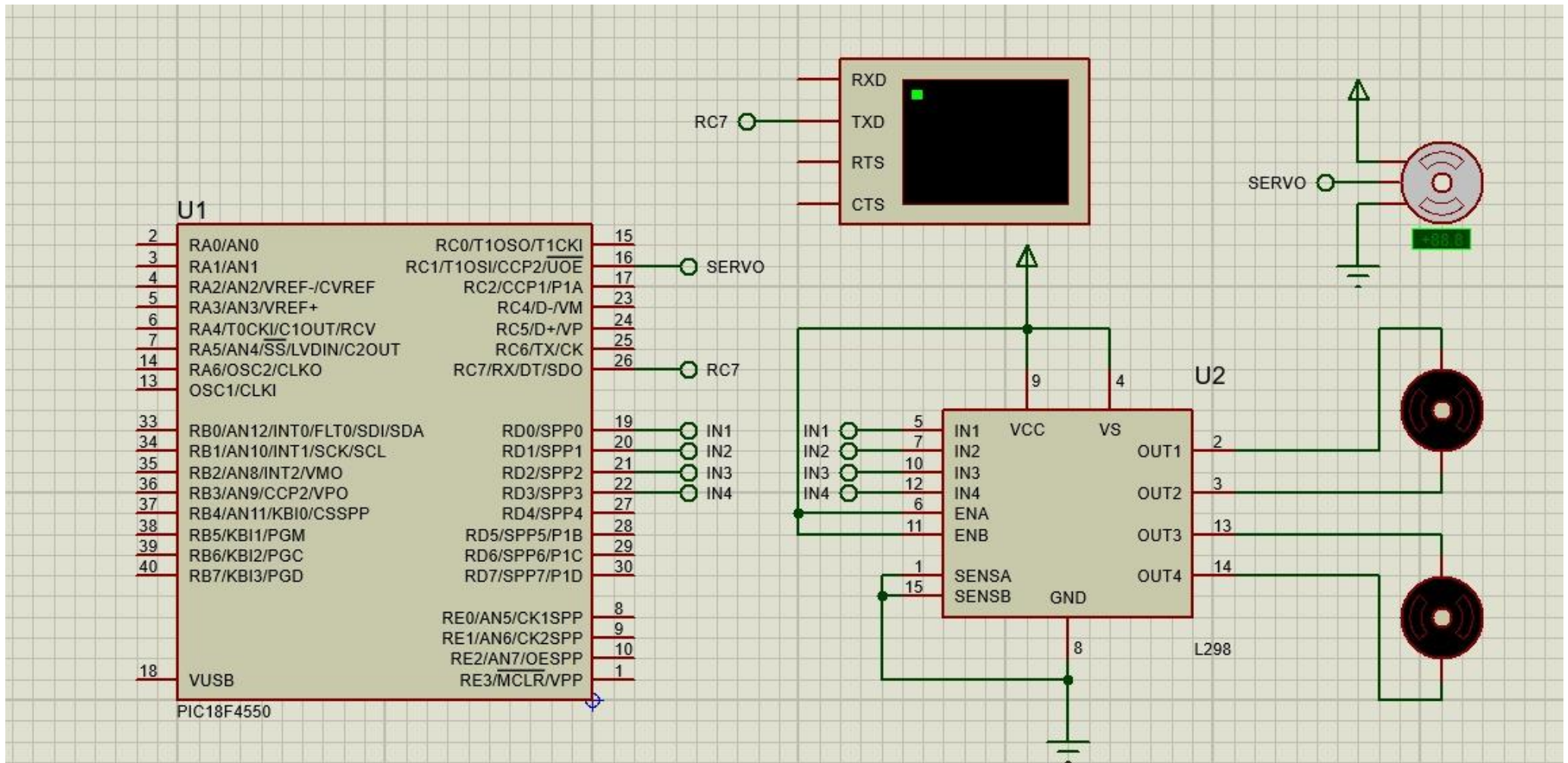
E inserir a porca do Spinner que fará o aperto e fixação da hélice



Conjunto montado



Proteus



Programa

```
sbit servo at PORTC.B1;
```

```
sbit IN1 at PORTD.B0;
```

```
sbit IN2 at PORTD.B1;
```

```
sbit IN3 at PORTD.B2;
```

```
sbit IN4 at PORTD.B3;
```

```
void m90() //gira o servo motor para -90
```

```
{
```

```
servo=1;
```

```
delay_us(500);
```

```
servo=0;
```

```
delay_ms(20);
```

```
}
```

```
void m45() //gira o servo motor para -45
```

```
{
```

```
servo=1;
```

```
delay_us(1000);
```

```
servo=0;
```

```
delay_ms(20);  
  
}
```

```
void zero() //deixa o servo motor no ponto zero  
{  
  servo=1;  
  delay_us(1500);  
  servo=0;  
  delay_ms(20);  
}
```

```
void p45() //gira o servo motor para +45  
{  
  servo=1;  
  delay_us(2000);  
  servo=0;  
  delay_ms(20);  
}
```

```
void p90() //gira o servo motor para +90  
{  
  servo=1;  
  delay_us(2500);  
  servo=0;
```

```
    delay_ms(20);  
}  
  
void main (void)  
{  
  
    char comando;  
  
    UART1_Init(9600); // Inicia o modulo UART com velocidade de 9600bps  
    delay_ms(500); // Espere 10ms para estabilizar  
  
    ADCON1 |= 0x0f;  
    CMCON  |= 7;  
  
    TRISB= 0b11111111;  
    TRISC= 0b10000000;  
    TRISD= 0b00000000;  
    PORTB=PORTC=PORTD=0;  
  
    while (1)  
    {
```

```
if(UART1_Data_Ready()) // Se algum dado foi recebido
{
    comando=UART1_Read();

    if(comando=='W') //motor 1 liga (encher a saia)
    {
        IN1=1;
        IN2=0;
    }

    if(comando=='w') //motor 1 desliga (esvazia a saia)
    {
        IN1=0;
        IN2=0;
    }

    if(comando=='U') //motor 2 liga (liga helice)
    {
        IN3=1;
        IN4=0;
    }

    if(comando=='u') //motor 2 desliga (desliga helice)
```

```
{  
  
  IN3=0;  
  
  IN4=0;  
  
}  
  
if(comando=='L')  //servo motor vai para posição -90  
  
{  
  
  m90();  
  
}  
  
else  
  
if(comando=='G')  //servo motor vai para posição -45  
  
{  
  
  m45();  
  
}  
  
else  
  
if(comando=='F')  //servo motor vai para posição 0  
  
{  
  
  zero();  
  
}  
  
else  
  
if(comando=='I')  //servo motor vai para posição +45
```



```
{  
  
  p45();  
  
}  
  
else  
  
  if(comando=='R')  //servo motor vai para posição +90  
  
  {  
  
    p90();  
  
  }  
  
}  
  
}
```