

Capítulo III: Protótipo mecânico de um Braço Robótico: Jornada de aprendizagem

Bruno de Oliveira Pegoraro

Diego Osmundo de Souza

Victor Hugo da Rocha

Alan Victor da Cruz

Wesley Cândido da Silva

Camila Fogaça de Oliveira

Renato Kazuo Miyamoto

Vicente de Lima Gongora

Fabio Rodrigo Milanez

RESUMO

Este projeto tem como objetivo desenvolver um dispositivo robótico de manipulação articulada de objetos através de articulações mecânicas com acionamento elétrico. Nosso trabalho traz tecnologias atuais que podem melhorar os processos, aumentar a produtividade, reduzir riscos de lesões por movimentos repetitivos e muitos outros benefícios. Através de estudos sobre robótica industrial e colaborativa, fomos capazes de criar um protótipo no qual é possível simular movimentos com juntas que possuem 5 graus de liberdade.

Palavras-chave: Robótica. Manipuladores. Robótica Colaborativa. Mecânica Robotica.

Mechanical prototype of a Robotic Arm

ABSTRACT

This project aims to develop a robotic device for articulated manipulation of objects through mechanical joints with electrical drive. Our work brings current technologies that can improve processes, increase productivity, reduce the risk of repetitive motion injuries and many other benefits. Through studies on industrial and collaborative robotics, we were able to create a prototype in which it is possible to simulate movements with joints that have 5 degrees of freedom.

Key words: Robotics. Manipulators. Collaborative Robotics. Robotic Mechanics.

INTRODUÇÃO

Com avanços tecnológicos, podemos encontrar alguns tipos de manipuladores robóticos que podem simular um braço humano, que surgiram para atender necessidades nos processos industriais.

Foi nos apresentado a proposta de fabricação e programação de um braço robótico. O projeto foi dividido em quatro grupos respectivos: programação, mecânica, eletroeletrônica, impressão e modelagem 3D.

Nosso grupo ficou responsável pelo desenvolvimento da parte mecânica, desde o levantamento de peças necessárias até a montagem do braço robótico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

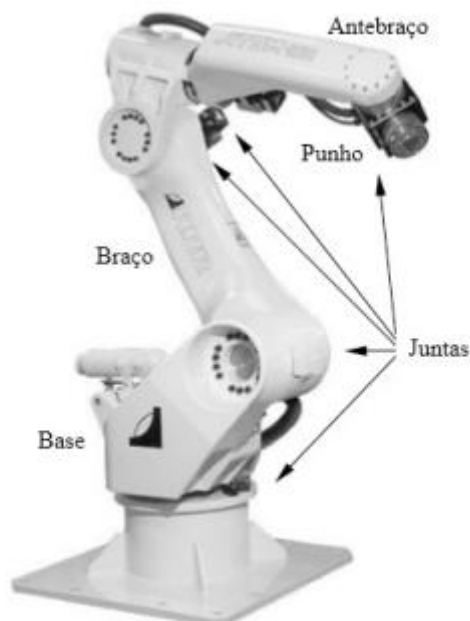
Nosso trabalho consiste em desenvolver um dispositivo robótico de manipulação articulada de objetos através de articulações mecânicas com acionamento elétrico.

Um braço mecânico robótico é capaz de se mover de várias formas devido aos seus eixos, podendo girar até 360° e realizar movimentos tanto para cima quanto para baixo. Normalmente podemos encontrar braços robóticos de 3 a 6 eixos, sendo que em seu último eixo se encontra o punho manipulador robótico, conectado com uma ferramenta de trabalho ou garra, o que irá determinar a função que o manipulador irá executar (SIMPLÍCIO, LIMA, JUNKES, 2016).

Os atuadores (por exemplo, os servomotores e motores de passo) são responsáveis pela movimentação do braço robótico e os sensores são responsáveis por enviar sinais elétricos em tempo real e coletar informações tais como: velocidade, posição, localização etc.

O braço mecânico antropomórfico (Figura 1) é um tipo de braço mecânico que se assemelha ao braço humano, no qual os elos são chamados sequencialmente de base, braço e antebraço.

Figura 1 – Robo Antropomórfico de 6 eixos



Fonte: Simplício, Lima e Junkes (2016).

As juntas dos robôs podem ser rotativas, prismática, cilíndrica, esférica, parafuso e planar. Suas funcionalidades são descritas a seguir. (CARRARA, 2022)

- A junta prismática ou linear: Move em linha reta. São compostas de duas hastes que deslizam entre si;
- A junta rotacional: Gira em torno de uma linha imaginária estacionária chamada de eixo de rotação. Ela gira como uma cadeira giratória e abrem e fecham como uma dobradiça;
- A junta esférica: Funciona com a combinação de três juntas de rotação, realizando a rotação em torno de três eixos;
- A junta cilíndrica: É composta por duas juntas, uma rotacional e uma prismática;
- A junta planar: É composta por duas juntas prismáticas, realiza movimentos em duas direções;
- A junta parafuso: É constituída de um parafuso que contém uma porca ao qual executa um movimento semelhante ao da junta prismática, porém, com movimento no eixo central (movimento do parafuso).

Robôs industriais utilizam em geral apenas juntas rotativas e prismáticas. A junta planar pode ser considerada como uma junção de duas juntas prismáticas, e, portanto, é também utilizada.

METODOLOGIA

Para este projeto escolhemos o BCN3D Moveo que tem 5 eixos, denominado de robô antropomórfico. Para sua realização destacam-se os seguintes pontos:

Projeto open source;

Controle compatível com Arduino;

Disponibilidade de arquivos CAD onde é possível redesenhar e adequar de acordo com o projeto;

Todas as peças podem ser fabricadas com impressora 3D;

Mecânica padronizada onde as peças necessárias (rolamentos parafusos e afins) são possíveis de ser adquiridas com facilidade em lojas do seguimento.

A estrutura do nosso manipulador será totalmente impressa utilizando impressora 3D, incluindo tecnologias de fabricação aditiva e seus eletrônicos, que são controlados pelo software Arduino.

Para início do nosso projeto nos foi apresentado um manual de peças, sendo possível realizar os levantamentos de peças necessárias para realização da montagem, desenvolvimento e funcionamento do projeto.

A metodologia adotada para a construção mecânica foi:

Análise do manual do usuário BCN3D Moveo para levantamento de peças necessárias;

Orçamentos;

Pedidos de compras;

Adquirir o conhecimento necessário sobre robótica;

Simulação de montagem no software SolidWorks;

Montagem e ajuste mecânico.

O primeiro passo foi catalogar através do software Excel, com a criação de planilhas onde foram separadas as peças por código e quantidades necessárias para a execução do projeto (Apêndice A). Após levantamento de peças necessárias foi solicitado pedido de compra de peças tais como correias e motores.

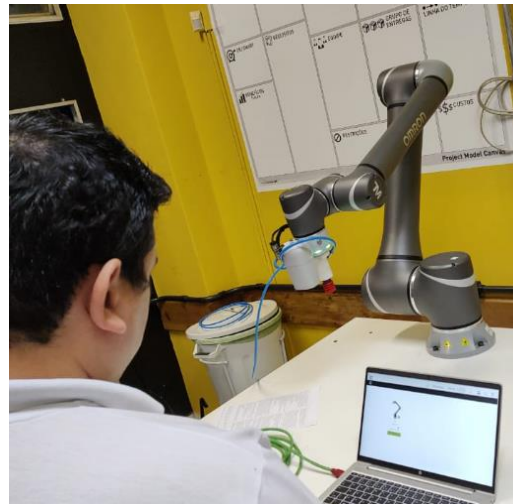
Dando continuidade ao nosso projeto foi iniciado um estudo sobre robótica, aprendendo a programar um robô de paletização em *melfa basic*. Nesse caso, foi possível observar na prática um braço robótico fazendo a manipulação de objetos, simulando um cenário industrial (Figura 2). Aprendemos também sobre a robótica colaborativa e simulação através do software TMflow, utilizando o robô TM12 da ONROM (Figura 3).

Figura 2 – Robô de paletização articulado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 – Robô colaborativo TM12

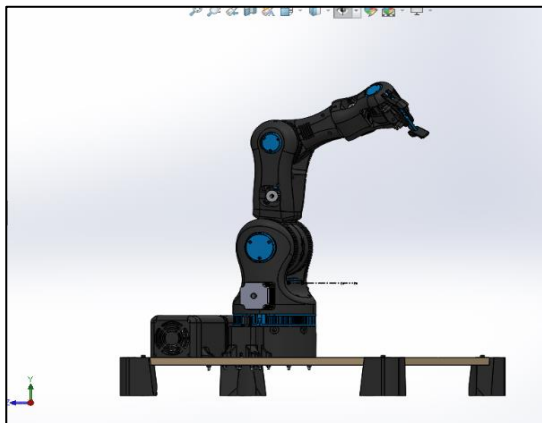


Fonte: Elaborado pelos autores.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

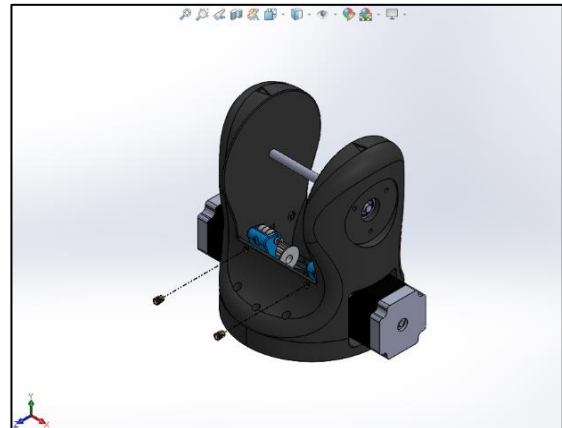
Iniciamos a construção do braço robótico realizando a simulação no software SolidWorks (Figuras 4 e 5), permitindo observar como a estrutura ficaria e a ordem das etapas a serem realizadas.

Figura 4 – Simulação de montagem do braço completo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5 – Simulação primeira junção



Fonte: Elaborado pelos autores.

Juntamente com a simulação de montagens já estava sendo realizada as impressões das peças do manipulador. Após todas as peças impressas e itens necessários (Figura 6), começamos então a montagem do braço.

Figura 6 - Itens necessários para a montagem





Fonte: Elaborado pelos autores.

Na primeira junção temos a base, onde foi feita a fixação de todas as peças subsequentes. Essa primeira junção é constituída das peças 1M2A e 1M2 (Figura 7), que foi fixado na base de sustentação e é responsável por mover o robô para a direita e esquerda com auxílio do motor de passo NEMA17. Por sua vez, o motor de passo ficou fixado na base 1M3 (Figura 8), realizando a tração por meio de uma transmissão por uma correia AT5 que será usada para os demais tracionamentos do robô (Manual BCN3D MOVEO).

Figura 7 – 1M2A e 1M2

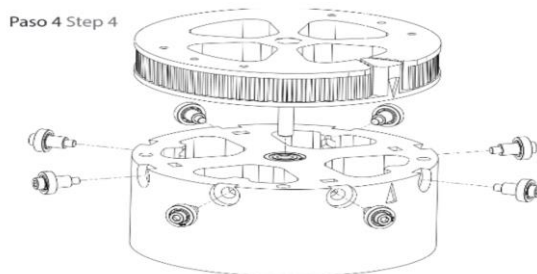
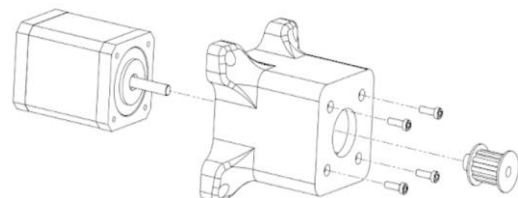


Figura 8 – Motor e suporte de fixação 1M3



Fonte: Manual BCN3D MOVEO (2022).

Fonte: Manual BCN3D MOVEO (2022).

O próximo passo foi a montagem dos rolamentos 624zz nos tensores T2M1 e T2M2 e a montagem na peça 2M1, possibilitando a fixação dos motores NEMA 23 que irão realizar a tração das peças 2M2H e 2M2M. Essas últimas peças estão presas por um eixo de 8x134mm e dois rolamentos 608zz que possibilitarão o movimento para cima e para baixo (Manual BCN3D MOVEO). Todo esse processo é possível observar na Figura 9.

Figura 9 – Montagem da primeira articulação



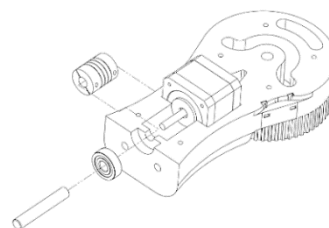
Fonte: Triana (2022).

Na sequência da montagem, a peça 3M1 será fixada na 2M2H e 2M2M. O tensor T3M1 servirá para tensionar a correia a um motor NEMA 17 e para tracionar as peças 3M2 e 3M2C, que serão fixadas por um eixo de 8x114mm e dois rolamentos 608 zz. Antes de fixar o eixo precisamos montar as peças 3M2 e 3M2C para fixação de um motor NEMA 14, com um acoplamento e uma haste roscada M8 para que deslize sobre um rolamento 608zz. Toda essa montagem será responsável pelo movimento da segunda junção, que realizará o movimento para cima e para baixo. Esse processo é possível verificar nas Figuras 10 e 11 (Manual BCN3D MOVEO).

Figura 10 – Montagem da segunda articulação



Figura 11 – Montagem peça 3M2, 3M2C





Fonte: Triana (2022).

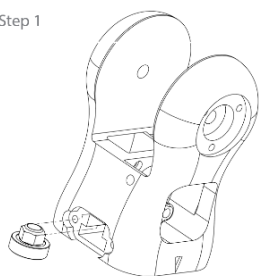


Fonte: Triana (2022).

Chegamos então nas últimas etapas do nosso processo de montagem, onde a peça 4M1 será acoplada a 3M2 e 3M2C por uma porca que será rosqueada sobre um rolamento 608zz na haste roscada M8. Isso possibilitará o movimento de 360° para a direita e para a esquerda. A peça 4M1 irá acoplar um motor NEMA14 que fará a tração das peças 4M2 e 4M2C e será fixada por um eixo de 8x80mm e dois rolamentos 608zz (Figuras 12 e 13).

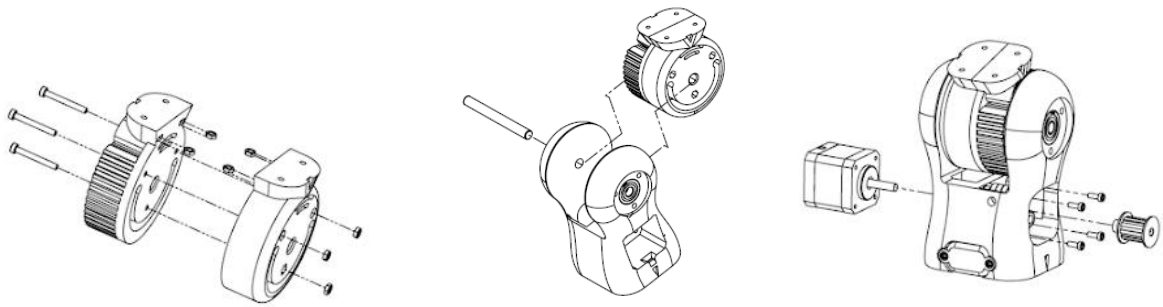
Figura 12 – Montagem Peça 4M1

Paso 1 Step 1



Fonte: Triana (2022).

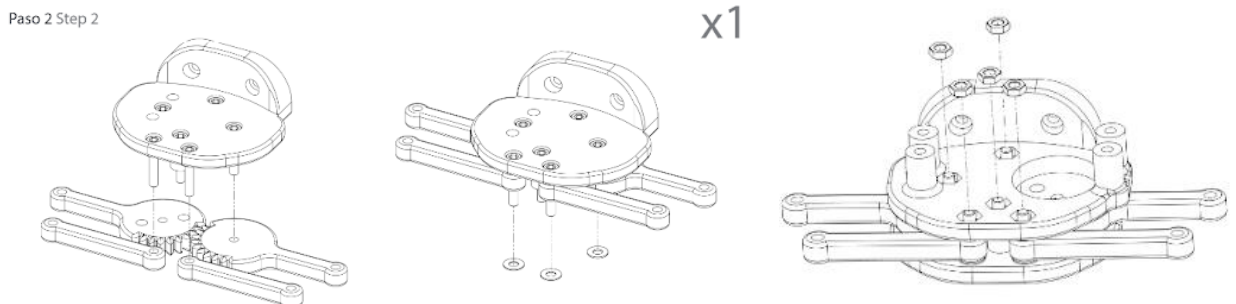
Figura 13 – Montagem da última junção



Fonte: Triana (2022).

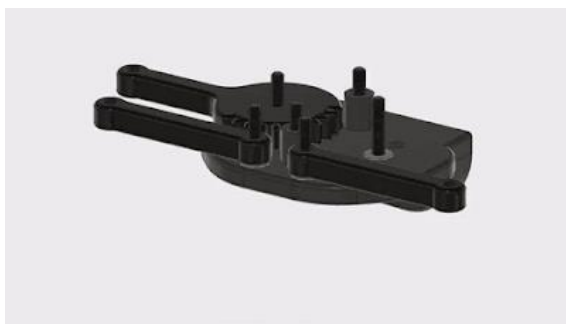
Nessa última etapa podemos simular a montagem da pinça, que será responsável por manipular objetos com a abertura e fechamento por meio de um servo motor, movimentando as peças Servo gear, Idol gear que serão fixadas na peça Top plate e Bottom plate, que acoplarão também o conjunto de Pivot arm que movimentarão o Gripper left e Gripper right. Todo esse conjunto será fixado nas peças 4M2 e 4M2C, como é possível observar (Figuras 14, 15 e 16) (Manual BCN3D MOVEO).

Figura 14 – Montagem Pinça



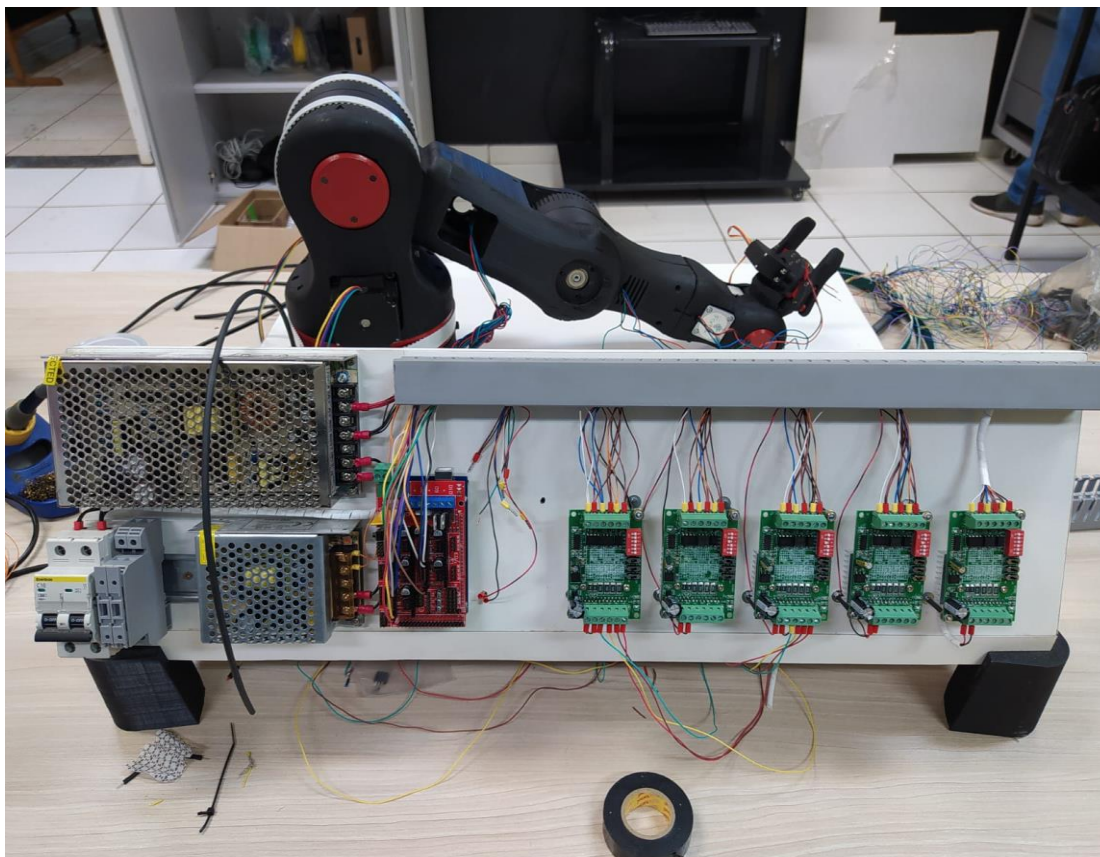
Fonte: Triana (2022).

Figura 15 – Montagem Final Pinça



Fonte: Triana (2022).

Figura 16 - Braço robótico ARM MAKER em andamento



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho traz tecnologias atuais que podem melhorar processos, aumentar produtividade, diminuir riscos de lesões por movimentos repetitivos, entre muitos outros benefícios. Por meio de estudos sobre robótica industrial e colaborativa, conseguimos criar um protótipo em que é possível simular movimentos com junções que possuem graus de liberdade.

Através da prototipagem conseguimos perceber a dificuldade de montar um dispositivo de alta complexidade mecânica e eletrônica como um braço robótico, e quão importante é

aprofundar no tema do projeto para se extrair o máximo de conhecimento que facilita na sua execução.

A principal conclusão que extraímos de todo esse processo foi que toda jornada começa com busca de concluir um objetivo e que para alcançá-lo temos que passar por várias etapas que nos moldam e nos tornam capazes de absorver o conhecimento necessário, ter a paciência e resiliência de continuar, mesmo quando as adversidades aparecem, pois por mais difícil e complexo que seja o projeto, com as ferramentas certas, o conhecimento necessário e a motivação, somos capazes de vencer qualquer desafio (Figura 17).

Figura 17 – Envolvidos no desenvolvimento do projeto



Fonte: Elaborado pelos autores.

REFERÊNCIAS

BCN3D. **BCN3D MOVEO**. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:1693444>. Acesso em: 02 mai. 2022.

CARRARA, Valdemir. **Apostila de Robótica**. Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Braz Cubas, Mogi das Cruzes, 2006.

KITUSMARK. **BCN3D MOVEO**. Disponível em: <https://github.com/BCN3D/BCN3D-Moveo>. Acesso em: 21 jun. 2022.

SIMPLÍCIO, Paulo Victor Galvão; LIMA, Beatriz Rêgo; JUNKES, Janaína Accordi. Manipuladores robóticos industriais. **Caderno de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 3, n. 3, p. 85-85, 2016.

TRIANA, Ingenio. **Braço Robot**. Disponível em: http://ingenio-triana.blogspot.com/p/blog-page_20.html. Acesso em: 21 jun. 2022.

APÊNDICE A: Tabelas de peças necessárias

Tabela 1 – Lista de rolamentos necessários

COD.	DESCRIÇÃO	QTD.
15	ROLAMENTO 608 ZZ	10
16	ROLAMENTO 625 ZZ	8
17	ROLAMENTO 624 ZZ	9
18	ROLAMENTO 623 ZZ	3

Fonte: Dos autores.

Tabela 2 – Lista de parafusos necessários

PARAFUSOS		
COD.	DESCRIÇÃO	QTD.
101	Parafuso Allen M3 x 10mm	18
102	Parafuso Allen M3 x 12mm	4
103	Parafuso Allen M3 x 16mm	21
104	Parafuso Allen M3 x 20mm	1
105	Parafuso Allen M3 x 25mm	2
106	Parafuso Allen M3 x 30mm	1

107	Parafuso Allen M3 x 40mm	7
110	Parafuso Allen M4 x 16mm	4
111	Parafuso Allen M4 x 40mm	8
112	Parafuso Allen M4 x 45mm	6
114	Parafuso Allen M5 x 14mm	8
115	Parafuso Allen M5 x 20mm	8
116	Parafuso Sextavado M8 x 65mm	2
117	Parafuso Allen M4 x 20mm	3
117	Parafuso Allen M4 x 25mm	2
124	Parafuso Allen M3 x 8mm	4
125	Parafuso Allen M4 x 30mm	6
126	Parafuso Allen M3 x 35mm	4

Fonte: Dos autores.

Tabela 3 – Lista de porcas necessários.

PORCAS		
COD.	DESCRIÇÃO	QTD.
19	Porca de inserção M4	2
20	Porca de inserção M3	8
20	Porca Inserção de latão M3	2
118	Porca M3	21
119	Porca M4	7
120	Porca autotravante M4	20
121	Porca autotravante M5	16
122	Porca autotravante M8	2

Fonte: Dos autores.

Tabela 4 – Lista de peças diversas necessários.

DIVERSOS		
COD.	DESCRIÇÃO	QTD.
12	Barra lisa 134mm x8 mm	1
13	Barra lisa 114 mm x8mm	1
14	Barra lisa 80mm x8mm	1
23	Barra de haste 42mmx 8mm	1
21	Polia T5 furo de 8mm 14 dentes 17 mm de largura	3
22	Polia T5, Furo de 5mm 10 dentes 17 mm de largura	2
24	Acoplamento 8mm x 5mm	1
30	Espaçador 5mm x 10mm	8
31	Espaçador 8mm x 20mm	1
202	1M1A Placa Rotativa	1
219	cilindros	2
N/A	1M2A Placa rotativa	1
N/A	Modulo T3M	1
N/A	Módulo 4M2	1
1	Motor nema 17 /Stepper Motor SM42HT47-1684 1,8º step, 1,6 A, 60mm	1
9	Motor nema 23/Nema 23, 112mm, Ø8mm flat shaft SM57HT112-3004A, step 1,8º, 3A,28Kg·cm	2
11	Motor nema /Nema 17 34mm SM42HT33-1334, 1,8º step, 1,33A, 2200 g·cm	1
7	Servo motor/SERVO MOTOR 180§ 55G TORQUE=13KG/CM	1
10	Motor nema 14/ Nema 14 36mm -SM35HT36-1004A	1
8	Motor nema 17 R1:5/Stepper nema 17 Ratio 5:1 Planetary Gearbox Nema 17 Stepper 17HS19-1684S-PG5 (step 0,35º, 2Nm, 1,68A)	1
33	Breco belt T5, 16mm width, L 180cm /correia	1,8m

Fonte: Dos autores.

