

CENTRO PAULA SOUZA

FATEC SANTO ANDRÉ

Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Mauricio Rosalino Junior

Braço robótico

Santo André

2022

Mauricio Rosalino Junior

Braço robótico

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, orientado pelo Prof.Me. Eiel Wellington Marcelino.

Santo André

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

R788b

Rosalino Junior, Mauricio

Braço robótico / Mauricio Rosalino Junior. - Santo André, 2022. – 55f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2022.

Orientador: Prof. Me. Eliel Wellington Marcelino

1. Mecatrônica. 2. Automação. 3. Desenvolvimento. 4. Tecnologia. 5. Projeto. 6. Braço robótico. 7. Comando de voz. 8. Programação. 9. Linguagem C++. 10. Arduino. I. Braço robótico.

629.89

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 24 DE JUNHO DE 2022.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: “BRAÇO
ROBÓTICO ” DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:
PROF. ELIEL WELLINGTON MARCELINO _____

MEMBROS:
PROF. FERNANDO GARUP DALBO _____

PROF. PAULO TETSUO HOASHI _____

ALUNO:

MAURÍCIO ROSALINO JUNIOR _____

Aos meus pais pelo apoio em todos os momentos e a todos que me apoiaram durante o curso para que este trabalho fosse possível.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, a faculdade de tecnologia de Santo André pela oportunidade de cursar o ensino superior e aos meus orientadores Prof. Me. Eliel Wellington Marcelino pelo apoio no desenvolvimento do projeto.

“Construímos muros demais e pontes de menos.”

Isaac Newton

RESUMO

Este projeto consiste no desenvolvimento de um braço robótico que fará os movimentos por meio do controle por comandos de voz e com isto fazendo o deslocamento da estrutura do braço conforme o comando feito para o braço e o programa para cada comando. Logo, o braço será movimentado a partir de servos motores que farão o movimento das articulações movimentando a estrutura do braço que contará com uma mão que fará o movimento independente entre cada dedo, além do motor que fará o movimento de rotação da mão, outro para o controle da altura e por fim da rotação em relação a base do braço girando para esquerda, direita e o centro a estrutura da mão e o antebraço do projeto. A proposta do projeto será a construção da estrutura do braço, a parte lógica utilizando a linguagem C++ na programação do projeto para controle dos movimentos e por fim o controle para o movimento será feito a partir de comandos de voz de uma pessoa que irão fazer os movimentos da estrutura do braço conforme o comando no programa.

Palavras-chave: Braço robô. Movimento do braço. Arduino. Comando de voz.

ABSTRACT

This project consists in the development of a robotic arm that will make the movements through the control by voice commands and with that making the displacement of the arm structure according to the command made to the arm and the program for each command. With this, the arm will be moved from servo motors that will make the movement of the joints moving the structure of the arm that will have a hand that will make the independent movement between each finger, in addition to the motor that will make the rotation movement of the hand, another to control the height and end the rotation in relation to the base of the arm by rotating to the left, right and the center the structure of the hand and the forearm of the project. The project proposal will be the construction of the arm structure, the logical part using the C++ language in the project programming to control the movements and finally the control for the movement will be done from the voice commands of a person who will do the arm structure movements according to the command in the program.

Key words: Robot arm. Arm movement. Arduino. Voice command.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de prótese	16
Figura 2: Ossos da mão	17
Figura 3: Arduino Uno	18
Figura 4: Arduino Mega	18
Figura 5: Interface IDE do Arduino	19
Figura 6: NodeMCU esp8266	19
Figura 7: Raspberry pi pico	20
Figura 8: Raspberry pi 3	20
Figura 9: Micro servo motor	21
Figura 10: Componentes do micro servo motor	22
Figura 11: Exemplo de motor de passo com driver	22
Figura 12: Módulo De Reconhecimento De Voz V3	23
Figura 13: Exemplo de aplicação da impressora 3D	24
Figura 14: Diagrama de blocos	25
Figura 15: Fluxograma	26
Figura 16: Mão robótica	27
Figura 17: Testes com micro servo motor	28
Figura 18: Micro servo s90g	28
Figura 19: Montagem da mão robótica	29
Figura 20: Programa de teste de posição dos servos motores	30
Figura 21: Teste de servo motor da mão	30
Figura 22: Teste com os valores encontrados da mão	31
Figura 23: Programa de movimentação inicial da mão	32
Figura 24: Servo motor Futaba s3003	33
Figura 25: Montagem do servo do antebraço na mão	33
Figura 26: Montagem do antebraço junto à estrutura da mão	34
Figura 27: Servo MG996R 180°	35
Figura 28: Protótipo da estrutura do cotovelo	35
Figura 29: Estrutura da base vista horizontal	36
Figura 30: Montagem do teste dos servos motores da base	36
Figura 31: Programa com os valores da base	37
Figura 32: Teste com os valores da base	37
Figura 33: Suporte para 4 pilhas AA	38
Figura 34: Conector bateria 9V com plug P4	38
Figura 35: Monitor serial com os comandos de voz	39
Figura 36: Programação 1	40
Figura 37: Programação 2	41
Figura 38: Programação 3	42
Figura 39: Programação 4	43
Figura 40: Montagem do braço	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- DC Corrente elétrica contínua
- EEG Eletroencefalografia
- EMG Eletromiografia
- OMS Organização Mundial da Saúde
- SUS Sistema Único de Saúde
- V Volts unidade de medida de tensão elétrica

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conexão entre módulo e Arduino	24
Quadro 2: Teste de servo motor	31
Quadro 3: Teste de servo motor rotação	34
Quadro 4: Valores dos servos motores da base	36
Quadro 5: Comandos de voz	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo	13
1.2 Justificativa	13
1.3 Estrutura do trabalho	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 Próteses	16
3.1.1 Tipos de Próteses	16
3.1.2 Anatomia da mão	17
3.2 Microcontrolador	17
3.3 Atuadores	21
3.3.1 Servo Motor	21
3.3.2 Motor de passo	22
3.4 Controle do braço	23
3.4.1 Módulo De Reconhecimento De Voz	23
3.5 Estrutura do Braço	24
3.5.1 Prótese feita em 3D	24
4. METODOLOGIA	25
5. DESENVOLVIMENTO	26
5.1 Fluxograma	26
5.2 Protótipo do braço	27
5.2.1 Protótipo da mão	27
5.2.2 Protótipo do antebraço	33
5.2.3 Protótipo do cotovelo	34
5.3 Controle do braço	39
5.4 Programação	40
6. RESULTADOS	44
7. CONSIDERAÇÃO FINAIS	45
7.1 Conclusão	45
7.2 Trabalhos futuros	45
REFERÊNCIAS	46
ANEXO – PROGRAMAÇÃO DO BRAÇO	51

1. INTRODUÇÃO

A prótese são equipamentos artificiais que substituem um membro perdido, no caso do Brasil a diabetes é a maior causa de amputação segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) representa 70% dos casos, por tumores ósseos malignos como o osteossarcoma e condrossarcoma, amputação traumática por causa de acidente como de trânsito, dentre outras causas.

Logo, a prótese pode auxiliar a desempenhar funções motoras semelhantes aos membros perdidos, podendo ser permanentes ou transitório. Além disso, o Sistema Único de Saúde (SUS) oferece gratuitamente próteses sob medida em oficinas ortopédicas sendo algumas itinerantes que viajam pelo país. Com isto, para ter acesso precisa procurar Unidade Básica de Saúde (UBS) que será encaminhado para o Centro Especializados em Reabilitação (CER) que fará o processo.

A princípio, o projeto consiste no desenvolvimento de um braço robótico controlado por comandos de voz com uma placa Arduino que fará a parte lógica utilizando linguagem C++ na programação para fazer os movimentos feitos por meio de servo motores ligados ao processador que fará lógica do programa conforme a informações obtidas a partir de comandos de voz que iram determinar os movimentos do braço podendo auxiliar no dia a dia do usuário nas atividades.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um braço robótico que fará os movimentos dos dedos, da estrutura como o giro da palma da mão, elevação da estrutura do braço e o giro em relação a base por meio do controle por meio de comandos por voz que irá enviar a informação para o processador que fará a lógica do programa e irá enviar para os servos motores produzirem os movimentos determinados. Logo, o projeto irá auxiliar pessoas em atividades da rotina do dia, melhorando o bem-estar, além do desenvolvimento e construção da prótese.

1.2 Justificativa

Com a tecnologia utilizada neste projeto, será possível desenvolver um braço que poderá auxiliar no dia a dia das pessoas em atividades diárias de forma independente com os movimentos do braço controlado por meio de comandos de voz auxiliando com os movimentos de um braço.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado na seguinte forma, na revisão bibliográfica onde foi desenvolvido a pesquisa de trabalhos acadêmicos e artigos científicos que foram desenvolvidos com temas semelhantes ao projeto e as formas de controle do braço e os sensores que poderá ser utilizado no projeto para obter as informações para o controle do projeto. Na fundamentação teórica foram destacados os conhecimentos e os conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho. Na metodologia como o desenvolvido do projeto foi planejado para atingir o objetivo com o desenvolvimento de diagrama de blocos e o fluxograma para entendimento e organização da ideia do projeto. Em seguida, no desenvolvimento a parte de todo o desenvolvimento e construção do protótipo, do controle por meio de comandos de voz e a parte da lógica com a programação do projeto. Por fim, os resultados obtidos no projeto a partir dos

testes feitos para poder alcançar o objetivo do funcionamento, as conclusões apresentando os resultados dos testes e concluindo o desenvolvimento das pesquisas do projeto além das propostas futuras para aprimoramentos do braço robótico e as referências utilizadas durante o desenvolvimento do trabalho como por exemplos meios como sites, livros, artigos científicos entre outros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo irá abordar sobre os conteúdos que foram utilizados para ter base no desenvolvimento do projeto, como trabalhos de outros autores que desenvolveram trabalhos semelhantes, além de pesquisas em sites, artigos, dentre outros meios para auxilia no desenvolvimento do projeto.

SILVA, 2019 foi feito o trabalho de desenvolvimento preliminar de uma prótese de braço controlada por eletroencefalografia que aborda sobre uma prótese controlada por eletroencefalografia utilizando aparato posicionado na cabeça com eletrodos seco que não utiliza um gel condutor e pode ser ativos ou passivos. Logo, o sistema de processamento foi o Arduino mega 2560, além do protótipo foi feito em uma impressora 3D contando com servo motores como atuadores fazendo os movimentos dos dedos do braço.

FAVIEIRO, 2009 desenvolveu o trabalho de controle de uma prótese experimental do segmento mão-braço por sinais mioelétricos e redes neurais artificiais que aborda sobre uma prótese controlada por sinais musculares e redes neurais artificiais para replicar os movimentos. Os sinais eletromiográfico é captado por eletrodos de superfície monopolar ou bipolar podendo captar sinais de até 500Hz com amplitudes de 10mV. Para ter a máxima potência do sinal o eletrodo deve ser posicionado na direção das fibras musculares. Logo com a contração do musculo tem o resultado do movimento da prótese. Com isto, foi utilizado o eletromiógrafo para captação dos sinais mioelétricos com a ajuda de eletrodos. Também, para exercer movimentos complexos foi necessário utilizar um processamento mais complexo do sinal como a rede neural artificial possibilitando movimentos simples quanto complexos no braço.

GUATELLI, 2018 foi feito o trabalho desenvolvimento de uma prótese robótica microprocessada onde o controle da prótese foi feito por meio de sinais de eletromiografia (EMG) utilizado um dispositivo eletrônico de interação homem computador conhecido como MYO músculo devido ao estímulo elétrico pela ativação de um neurônio motor desde o cérebro até toda a fibra muscular onde os sensores transmitem o sinal captado, filtrado e processado via bluetooth para o circuito eletrônico onde o bracelete será colocado nos músculos. Como também, foi utilizado no projeto para o processamento o raspberry Pi 3 utilizando a linguagem Python para a entrada dos sinais captados pelo MYO e o Arduino utilizando a linguagem C/C++ que ficará responsável pelo movimento da prótese.

THOMAZONI, 2015 desenvolveu o trabalho de análise e implementação de protótipo de mão robótica que aborda sobre uma mão robótica uma mão robótica com atuadores individuais para cada dedo por servo motores com um mecanismo de transmissão de um sistemas articulados compostos por um sistema de alavancas e articulações, além da estrutura do projeto foi feita em uma impressora 3D. Logo, o projeto é controlado por um Arduino uno como processador e a mão é controlada por um controle remoto parecido com um controle de uma tv, divididas por menus de seleção, ações e funções estáticas, com funções que podem ser selecionados no

controle como por exemplo: selecionar os dedos do movimento, pinça com força, o retorno a posição.

Hunold, 2014 foi feito o o trabalho de protótipo de prótese de mão robótica de lego controlada por sistema Android para bi amputado que aborda sobre uma prótese feita em lego **Mindstorms** que realiza movimentos de garra como o movimento de abri e fechar e o movimento de rotação acionados por um smartphone pela plataforma Android pelo app inventor por meio comunicação por meio de wireless ou bluetooth por exemplo, o kit lego é composto por bloco programável, sensores, motores, mesa giratória, bateria recarregável, conversor de energia, software de programação e peças em plástico como blocos, vigas, eixos, rodas, engrenagens e polias e os movimentos do projeto serão determinados pelo sensor de movimentos do celular utilizando o acelerômetro do smartphone com sistema Android, movimentos são:

- Agitar o braço: liga/desliga a prótese;
- Levantar o braço: abre a garra da prótese
- Abaixar o braço: fecha a garra da prótese
- Rotacionar o braço para a esquerda: rotaciona a prótese para a esquerda
- Rotacionar o braço para a direita: rotaciona a prótese para a direita.

FEITOSA, foi desenvolvido uma proposta de uma interface baseada em um sistema de visão computacional interativo para acionamento de uma mão robótica que aborda sobre uma prótese controlada por um sistema de visão computacional que faz o rastreamento de uma mão humana e a identificação de seus gestos a partir do movimento dos dedos e no segundo o movimento é realizado de forma análoga. Com isso, o sistema é baseado no dispositivo **Leap Motion®** desenvolvido para identificar apenas movimentos e gestos das mãos em um pequeno campo de visão utilizando sensores infravermelhos e câmeras, duas câmeras monocromáticas de infravermelhos e três LEDs para captar os movimentos feitos pelo usuário numa área hemisférica.

PEREIRA, 2020, foi feito o trabalho de desenvolvimento e controle de bioprótese robótica (BIOBOT 4RM) que aborda sobre uma prótese controlada por movimentos humanos por meio de uma luva sensorial, onde a transmissão dos movimentos da mão humana para a prótese é feita a partir de sensores flexíveis onde a luva sensorial é responsável por ler e transmitir de forma espelhadas os movimentos realizados pela mão oposta do indivíduo.

SANTOS, 2018 foi desenvolvido um dispositivo de interpretação de ondas cerebrais para controle de um braço robótico que aborda sobre uma prótese controlada por sinais pulsos elétricos emitidos pelo cérebro humano por meio de um capacete do dispositivo **MindFlex**, onde os sinais são medidos através de eletrodos localizados na cabeça onde farão a leitura para assim converter em gráficos que determina os valores que corresponde a cada onda cerebral, os métodos utilizados foram o eletroencefalograma (EEG) e eletrocorticografia (ECoG) para fazer a leitura dos dados, a prótese foi feita por uma impressora 3D utilizando o material PLA além dos servos motores que faram o movimento e por fim foi utilizando o Raspberry para processar os dados colhidos pelos sensores por apresentar uma possuir capacidade e velocidade elevada de processamento. Além disso, o projeto conta com uma luva que conta com sensores flex como referência para iniciar o movimento pelo sinal emitido pelo cérebro, com o sensor flex acompanhando os movimentos e a partir do movimento varia a resistência conforme dobrado, assim demonstrando onde inicia e finaliza o movimento no braço.

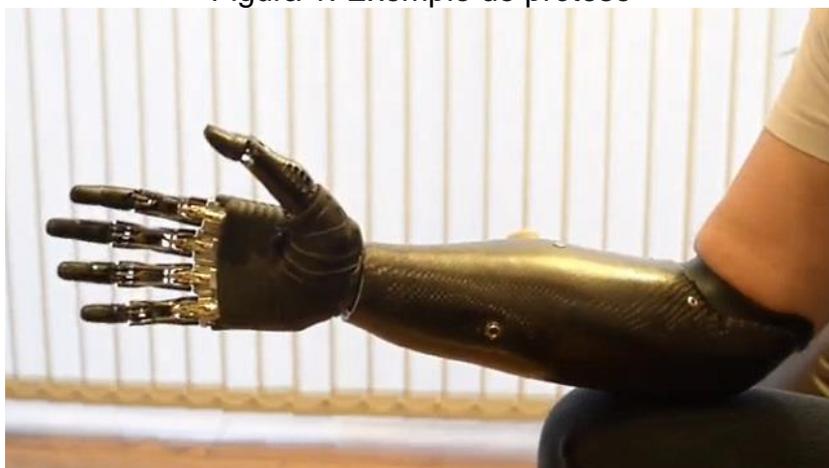
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo irá abordar sobre os conteúdos que foram utilizados para ter base no desenvolvimento do projeto, como sensores, processadores, atuadores, dentre outros que foram pesquisados em sites, artigos, dentre outros meios para auxilia na escolha para o desenvolvimento do projeto.

3.1 Próteses

As próteses são equipamentos artificiais que substituem um membro perdido por amputação conforme o exemplo da figura 1, no caso do membro superior as causas para amputação, por exemplo: doença vascular periférica, infecções crônicas, diabetes, tumores, acidentes de trabalho etc. Logo, a amputação do membro superior pode ser dividida em níveis como a desarticulação de ombro onde o braço é retirado do úmero até os ossos da mão, amputação transumeral da articulação do cotovelo e do ombro, desarticulação de cotovelo onde toda a articulação do cotovelo é amputada preservando o úmero inteiro, amputação transradial acontece abaixo da articulação do punho e do cotovelo e desarticulação do punho que acontece exatamente na altura da articulação do punho.

Figura 1: Exemplo de prótese



Fonte: <<https://gizmodo.uol.com.br/protese-bebionic-fibra-carbono/>>. Acesso dia 3 fev 2022.

Além disso, a prótese pode auxiliar a desempenhar funções motoras semelhantes aos membros perdidos, podendo ser permanentes ou transitório o Sistema Único de Saúde (SUS) oferece gratuitamente próteses sob medida em oficinas ortopédicas sendo algumas itinerantes que viajam pelo país.

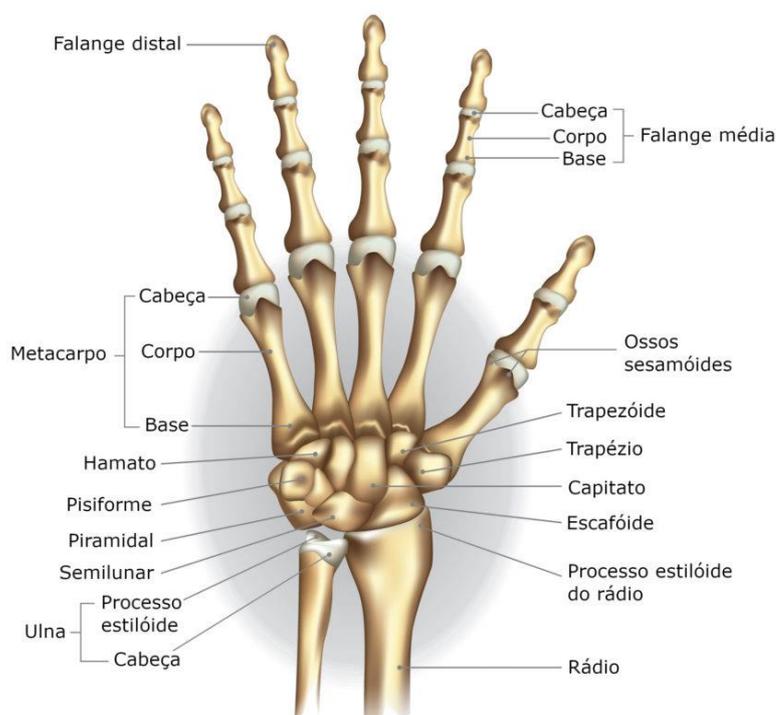
3.1.1 Tipos de Próteses

Existem alguns tipos de próteses para diferentes objetivos ou acionamentos como a prótese microelétrica de braço que são alimentadas por energia externa no qual toda contração de músculo gera tensão elétrica na pele que controla a prótese, passivas para recuperar a aparência externa onde as possibilidades funcionais são limitadas a um simples apoio ao pegar objetos, acionadas pelo corpo onde um sistema de cabos suspende a prótese e captura o movimento escapular e umeral para operar a mão, próteses híbridas para amputações de membro superior de nível mais alto, entre outros tipos.

3.1.2 Anatomia da mão

A mão possui cerca de 27 ossos em sua composição que permitem junto com os músculos e articulação os movimentos, deslocamentos e a possibilidade de por exemplo manusear objetos como um copo para beber, ferramentas etc. Com isso, pode se dividir os ossos em grupos como o carpo que possui oito ossos em estrutura proximal e distal, o metacarpo possui cinco ossos iguais denominados metacarpianos e falanges que correspondem aos dedos polegar, indicador, médio, anular e auricular onde articulam-se com os ossos do metacarpo apresentando três falanges em cada dedo exceto o polegar com apenas duas classificando como proximais localizadas na base do dedo, médias entre as falanges proximais e as distais onde não existe no polegar e a distais localizadas nas pontas dos dedos, conforme a figura 2 ilustra.

Figura 2: Ossos da mão



Fonte: <<https://www.infoescola.com/corpo-humano/ossos-da-mao/>>. Acesso dia 12 fev 2022.

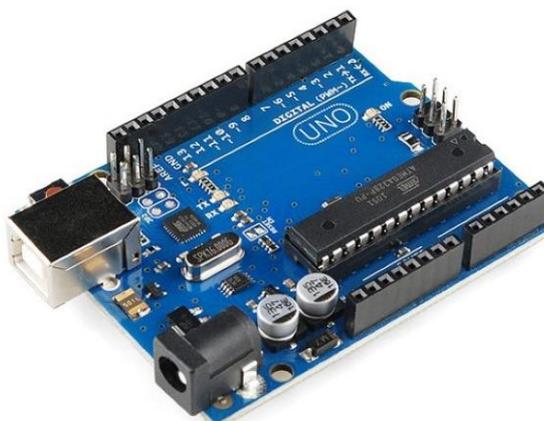
Além disso, as estruturas são interligadas pelos ligamentos e recebem a inervação sendo as principais como a radial que mantém a sensibilidade e resposta aos estímulos nervosos, mediana e ulnar garantindo a funcionalidade e a possibilidade de desenvolver movimentos da motricidade ampla e fina.

3.2 Microcontrolador

A processamento do projeto possui um importante papel de colher dados dos comandos de voz enviados do módulo de voz e a partir destas informações e com a programação enviar o sinal para a parte de atuadores, no caso do projeto servo motores no projeto, assim fazendo os movimentos do braço. Com isto, foi feita uma pesquisa para escolher da melhor forma qual o processador a ser utilizado.

A princípio, o microcontrolador será o Arduino que foi criado no ano de 2005 por pesquisadores com objetivo de criar um dispositivo que fosse barato, funcional e fácil de programar. Portanto, o microcontrolador utiliza linguagem de programação C/C++ e conta com diversos modelos como uno que conta com 14 portas digitais e 6 analógicas conforme a figura 3 de um Arduino Uno.

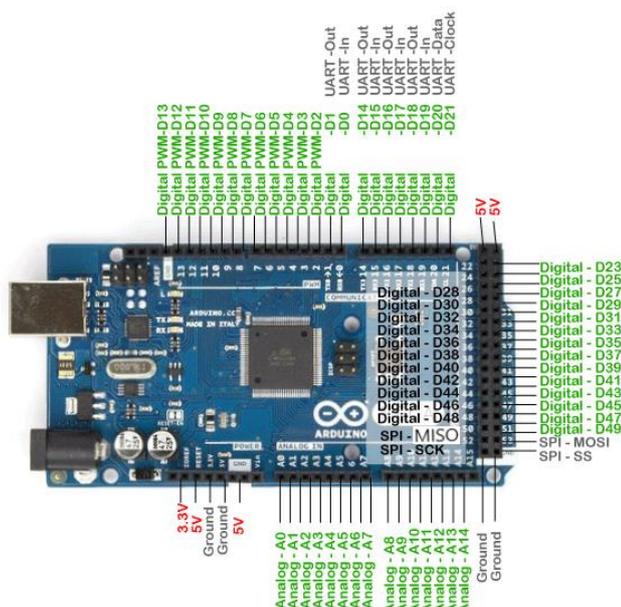
Figura 3: Arduino Uno



Fonte: <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>>. Acesso dia 10 nov 2021.

Em seguida, o microcontrolador pesquisado foi o Arduino Mega baseado no ATmega2560, além de possuir 54 pinos de entradas e saídas digitais sendo 16 entradas analógicas, conforme a figura 4. Logo, a alimentação pode ser feita por um conector USB conectado ao computador ou por uma fonte de energia com tensão de entrada de entre de 7 a 12V.

Figura 4: Arduino Mega



Fonte: <<https://blog.smartkits.com.br/conhecendo-o-arduino-mega-2560/>>. Acesso dia 18 fev 2022.

Por fim, a programação do Arduino por meio do software Arduino IDE que utiliza a linguagem de programação C/C++ conforme a figura 5.

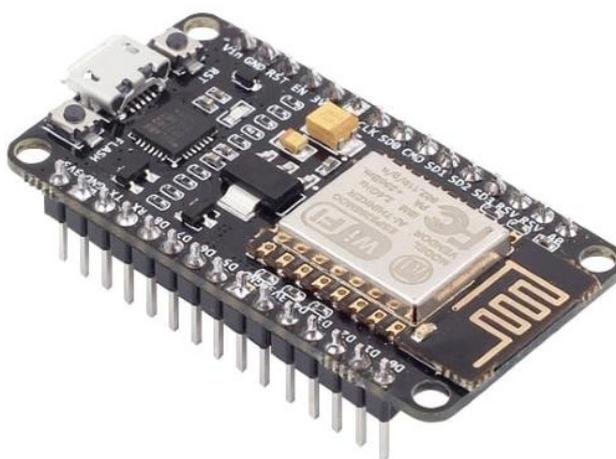
Figura 5: Interface IDE do Arduino



Fonte: Autor, 2022.

Em seguida, outro microprocessador pesquisado foi o NodeMCU esp8266 que é composto por um chip controlador, um módulo wi-fi onde não precisa de um módulo externo para isto, porta micro USB para alimentação e programação com 11 pinos com entradas e saídas o microprocessador, além disso, a programação pode ser feita utilizando a IDE do Arduino, conforme a figura 6 ilustra um NodeMCU.

Figura 6: NodeMCU esp8266

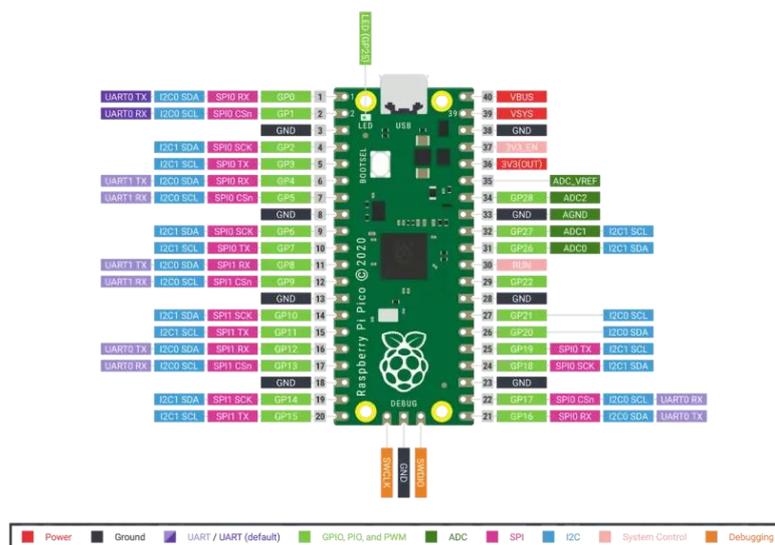


Fonte: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12/>>. Acesso dia 10 nov 2021.

Em seguida, outro microprocessador pesquisado foi raspberry pi pico apresenta um baixo custo, porém o equipamento vem sem a barra de pinos e por isto é necessário soldá-la diretamente em uma placa de expansão além de não possuir um botão de reset.

Logo, a placa possui um o microcontrolador RP2040 em sua construção, além disso o processador pode ser programado utilizando linguagem em C/C++ ou em linguagem MicroPython com 26 pinos com 3 entradas analógicas, 2 UART, 16 canais PWN, e com uma tensão de entrada de 1,8 a 5 V DC conforme a figura 7 demonstra um Raspberry pi pico.

Figura 7: Raspberry pi pico



Fonte: <<https://www.embarcados.com.br/programacao-da-raspberry-pi-pico/>>. Acesso dia 4 fev 2022.

Por fim, o processador pesquisado foi o raspberry pi 3 que basicamente é um minicomputador compacto que apresenta um preço menor que um computador, porém em comparação ao processador como um Arduino mega por exemplo, apresenta um valor custo elevado. Além disso, em geral a placa conta com uma entrada micro SD para gravar o sistema operacional no dispositivo, uma entrada de fonte de alimentação, entradas USB, pinos de entradas e saídas, entre outros além disso a placa conta com diferentes modelos com zero W, 3A+, 3B+, 4B no qual cada modelo se diferencia no custo por suas especificações que variam conforme o tipo de processador da placa, possui ou não conector Ethernet e sua velocidade, dentre outras especificações conforme a figura 8 demonstra Raspberry pi 3.

Figura 8: Raspberry pi 3



Fonte: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-raspberry-pi/>>. Acesso 28 nov 2021.

Portanto, com toda pesquisa para a escolha do processador para o projeto conforme os critérios como a quantidade de entradas e saídas do protótipo, o poder de processamento necessário para fazer a lógica, tipo de linguagem do processador e por fim o custo do modelo em relação as outras placas para atender o projeto e por isto foi escolhido para o projeto será o processador Arduino por atender os critérios do projeto.

3.3 Atuadores

Os atuadores foram a parte do movimento do braço, convertendo a energia elétrica em energia mecânica, fazendo assim o braço robótico se movimentar conforme a energia enviada para os atuadores. Além disso, os atuadores contaram com a parte mecânica que irá transmitir a energia dos servos motores para estrutura e assim fazer o movimento nas articulações do protótipo.

3.3.1 Servo Motor

O micro servo motor é um equipamento que converte energia elétrica em energia mecânica, o equipamento conta com um encoder e um controlador acoplado conforme a figura 9 demonstra um exemplo do componente. Com isto, o componente apresenta um movimento rotativo proporcional, ou seja, ao receber o pulso elétrico ele irá se movimentar para uma posição específica atuando com precisão e com a velocidade controlada.

Figura 9: Micro servo motor

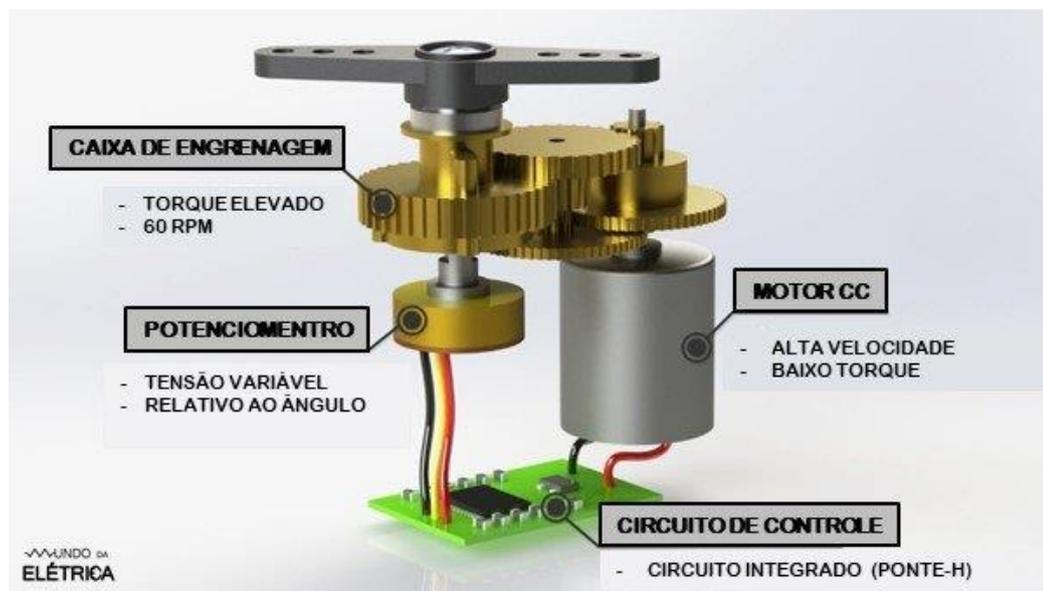


Fonte: <<https://www.vidadesilicio.com.br/produto/micro-servo-motor-sg90/>>. Acesso dia 28 nov 2021.

Além disso, o equipamento pode ser alimentado por corrente contínua onde conta com um ímã permanente com escova apresentando um baixo custo e o servo de corrente alternada que suporta demandas maiores de potência e um maior controle podendo ser divididos em síncronos, indução e motor de passo.

Por fim, o componente conta com um circuito de controle para ajustar a posição do equipamento, um motor elétrico que fará o movimento, o atuador que fará a ação do componente, no caso, um conjunto de engrenagens e redução para aumentar o torque podendo atuar com até 180° ou até mesmo 360° de liberdade de giro, o encoder ou sensor que irá medir a posição sendo um potenciômetro acoplado no eixo, ou seja, conforme a posição do eixo irá variar a resistência do potenciômetro sendo assim determinada a posição do componente conforme a figura 10 demonstra a construção de um servo motor com seus componentes internos como a caixa de engrenagens, o motor de corrente contínua o potenciômetro e por fim o circuito de controle.

Figura 10: Componentes do micro servo motor



Fonte: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-servo-motor-e-como-funciona/>>. Acesso dia 30 jun 2022.

3.3.2 Motor de passo

O motor de passo utiliza alimentação em corrente contínua para o controle de posição convertendo o sinal de entrada em um ângulo de rotação com um número fixo de polos magnéticos que determinam os passos do motor e não possui escova conforme a figura 11 demonstra o exemplo de motor de passo. Logo, o motor de passo para o controle em sua alimentação precisa de um driver para o sinal seja convertido em ângulo de rotação do motor.

Figura 11: Exemplo de motor de passo com driver



Fonte: <<https://www.filipeflop.com/produto/motor-de-passo-driver-uln2003-arduino/>>. Acesso em 27 fev 2022.

Além disso, existe três tipos de motor de passo como com ímã permanente em um eixo liso dando uma vantagem de ter um torque maior na partida e uma desvantagem de ter uma menor precisão nos passos, relutância variável onde o eixo de ferro e não possui um ímã onde o campo magnético é formado pelo alinhamento do eixo pela alimentação das bobinas e híbrido utilizando a mecânica da relutância variável e a potência do ímã permanente no eixo para um maior torque e precisão dos passos.

Por fim, a diferenças entre o motor de passo e o servo motor não é necessário o driver podendo ser ligado diretamente na porta digital além do torque constante enquanto o motor de passo utiliza um driver para o controle além de apresentar com o aumento de velocidade o torque decair.

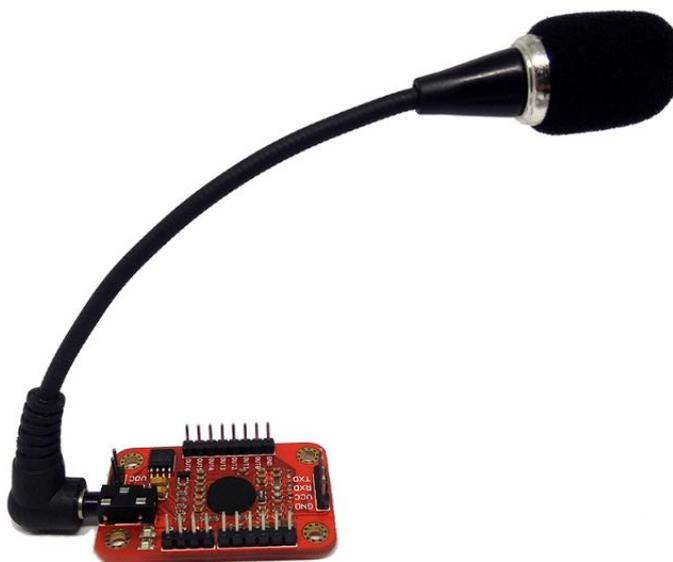
3.4 Controle do braço

O controle do braço será por meio de comandos de voz no qual irá identificar os comandos feitos por voz para que o braço movimente conforme cada comando feito pelo usuário pré-determinado pelo programa para cada ação conforme cada comando feito.

3.4.1 Módulo De Reconhecimento De Voz

O Módulo De Reconhecimento De Voz V3 faz o reconhecimento a partir de gravar o comando e com isto o módulo irá gravar o comando e comparando para identificar o comando de voz. Logo, o módulo conta com um conector P2 para o microfone que irá reconhecer a voz para ativar comandos, podendo o módulo armazenar até 80 comandos sendo que ao mesmo tempo apenas 7 comandos com a tensão de alimentação de 4,5V a 5,5V além do conector P2 para conectar o microfone conforme a figura 12 demonstra o módulo.

Figura 12: Módulo De Reconhecimento De Voz V3



O modulo será conectado ao pino 5V do Arduino para alimentação além do GND conectado no pino GND do Arduino além do rx e o tx conectados ao pino 2 e 3 para fazer a comunicação entre o modulo de reconhecimento de voz para o Arduino que irá se comunicar conforme o quadro 1 com as conexões entre o módulo de voz e o Arduino.

Quadro 1: Conexão entre módulo e Arduino

Arduino	Módulo de reconhecimento de voz
5V	Vcc
GND	GND
2	TX
3	RX

Fonte: Autor, 2022.

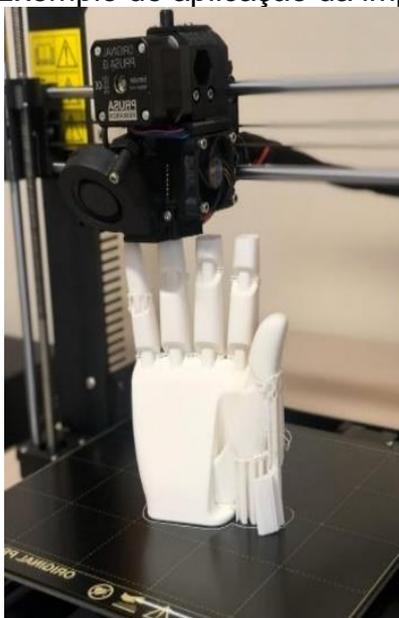
3.5 Estrutura do Braço

A estrutura do protótipo do braço conta com os cinco dedos da mão, antebraço além do espaço para comportar os atuadores, que no caso será os servos motores e possibilitar todos os movimentos do projeto.

3.5.1 Prótese feita em 3D

A prótese poderá ser feita por meio de uma impressora 3D com o desenvolvimento do projeto por um desenho em 3D contendo as formas e todas as dimensões necessárias para a impressão da base do protótipo por meio da utilização de um software para o desenvolvimento como, por exemplo, o Autodesk Fusion 360, dentre outros exemplos de software, que após o termino fará o envio as informações para impressora que irá imprimir o projeto utilizando o material, conforme a figura 13 demonstra um exemplo de aplicação de uma impressora num projeto.

Figura 13: Exemplo de aplicação da impressora 3D



Fonte: <<https://maha3d.com/o-papel-da-impressao-3d-na-robotica/>>. Acesso em 21 nov 2021.

A princípio, a impressora 3D possui a capacidade de criar um objeto físico a partir do arquivo desenvolvido do desenho em 3D. Portanto, para que a impressora faça a impressão do objeto utilizando materiais diferentes materiais com fios de plásticos, resina líquida, dentre outros materiais.

Mais também, existem diversos tipos de impressoras como modelagem por Fusão e Depósito (FDM) aplicando a matéria por camada por camada onde apresenta um baixo custo em comparação as outras, estereolitografia (SLA) impressora industrial que apresenta acabamento suaves na superfície e tolerâncias rigorosas, processamento digital de luz (DLP) semelhante a SLA onde a diferença é utilização de uma tela de projetor de luz digital, dentre outros tipos.

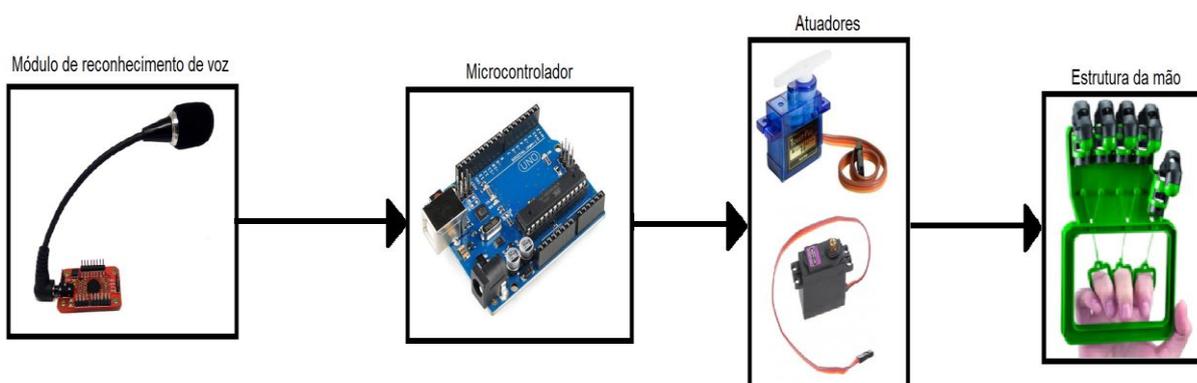
Por fim, para impressão do projeto precisa de material para poder imprimir o modelo produzido no software de desenvolvimento, logo os materiais que podem ser utilizados na impressão são: plásticos como por exemplo ácido polilático (PLA), resinas como resinas termo líticas, resina fotossensível, resina epóxi, metal na indústria como material por exemplo o como alumínio, concreto para construções, resina para criar objetos de alta resolução com diferentes composições de resina, entre outros.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo irá abordar sobre os métodos utilizados no projeto para o desenvolvimento do trabalho com a pesquisas para as formas do controle e a construção do protótipo do braço com o objetivo do desenvolvimento do dispositivo que possa fazer os movimentos do braço controlado por comandos de voz, podendo auxiliar na rotina do indivíduo para auxiliar no maior bem-estar.

A princípio, foi elaborado um diagrama de blocos para ilustrar a estrutura do braço com os componentes da estrutura conforme a figura 14 demonstra. Logo, o diagrama é composto de blocos como o módulo de reconhecimento de voz que fará a coleta de informação dos comandos e irá comunicar para o processador que irá pegar as informações do módulo e irá exercer a lógica do programa do projeto, os atuadores que farão a movimentação do braço com base nas informações mandadas do processador como o movimento das mãos ou rotação do braço e por fim o protótipo que irá ser a base do projeto.

Figura 14: Diagrama de blocos



Fonte: Autor, 2022.

5. DESENVOLVIMENTO

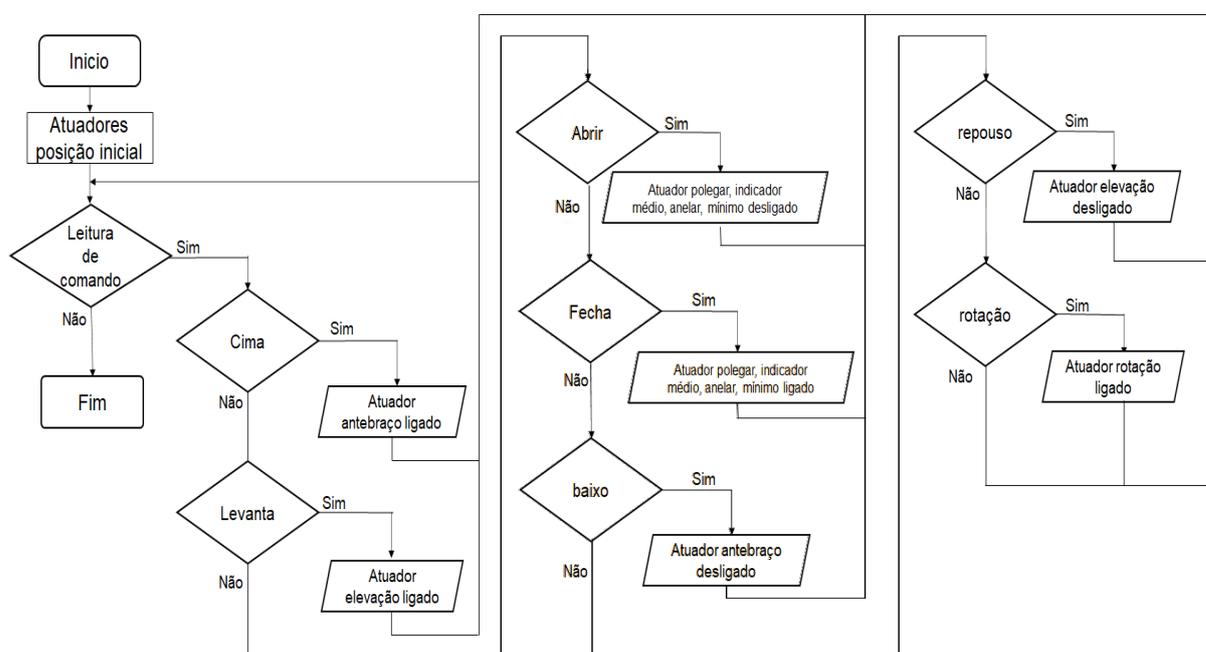
Neste capítulo irá abordar sobre o desenvolvimento do projeto com base nas informações obtidas nos capítulos anteriores como base para execução de um protótipo que possa executar as ações requisitadas. Portanto, com o protótipo poderá ser feito os testes e com os dados fazer análise.

5.1 Fluxograma

Foi desenvolvido o fluxograma do projeto para descrever passo a passo do funcionamento do braço. Portanto, o fluxograma demonstra que após colocar a prótese os atuadores estarão ligados na posição inicial pré-definida do programa para cada servo motor. Em seguida, as articulações ficaram no estado inicial até o momento em que o módulo de voz irá reconhecer se há comandos de voz.

Com isto, cada comando de voz irá movimentar um atuador conforme a programação, se o comando de voz for cima fará o atuador antebraço ligar e movimentar a palma da mão para cima, o comando levanta fará o movimento de elevar a estrutura da mão e do braço em relação a base da estrutura para o alto, o comando repouso fará o movimento para que a estrutura da mão se abaixar, o comando abrir fará o movimento dos dedos da mão abrir com o movimento dos cinco servos motores, enquanto o comando fecha irá movimentar os dedos da mão para fechar, o comando baixo irá movimentar irá deslocar a estrutura da palma da mão para baixo, e por fim o comando rotação irá movimentar o servo motor da base para fazer o movimento de rotação da estrutura do braço em relação a base podendo ser movimentos para direita, esquerda ou centro e fim do ciclo conforme a figura 15 do fluxograma do projeto.

Figura 15: Fluxograma



Fonte: Autor, 2022.

5.2 Protótipo do braço

Durante o desenvolvimento foi feita os levantamentos de formas de construção do braço como base para o desenvolvimento do protótipo para comportar a parte que fará a movimentação do braço quanto da mão com o movimento individual de cada dedo. Com isto, com base em pesquisas além da revisão bibliográfica, como de acordo com SILVA, 2019 onde o braço foi desenvolvido a partir de pesquisa de modelos para impressão 3D, ou de acordo com FAVIEIRO, 2009 onde o desenvolvimento do protótipo foi por meio do software CAD Solid Edge ST para ser usinada e de acordo com Hunold, 2014 utilizando um Kit Lego MindStorms NXT para a construção do braço como algumas soluções que foram levantadas como a construção de uma estrutura simples ou imprimir um modelo desenvolvido em um software em uma impressão em 3D.

5.2.1 Protótipo da mão

A solução para estrutura da mão foi a aquisição de um brinquedo que possui a estrutura com dimensões de aproximadamente 22 cm de comprimento, 17 de largura e 8 de altura. Logo, o movimento dos dedos na força aplicada pela mão do usuário em alças que movimento um conjunto de dois dedos podendo fazer o movimento dos dedos por exemplo fechados, conforme a figura 16 demonstra.

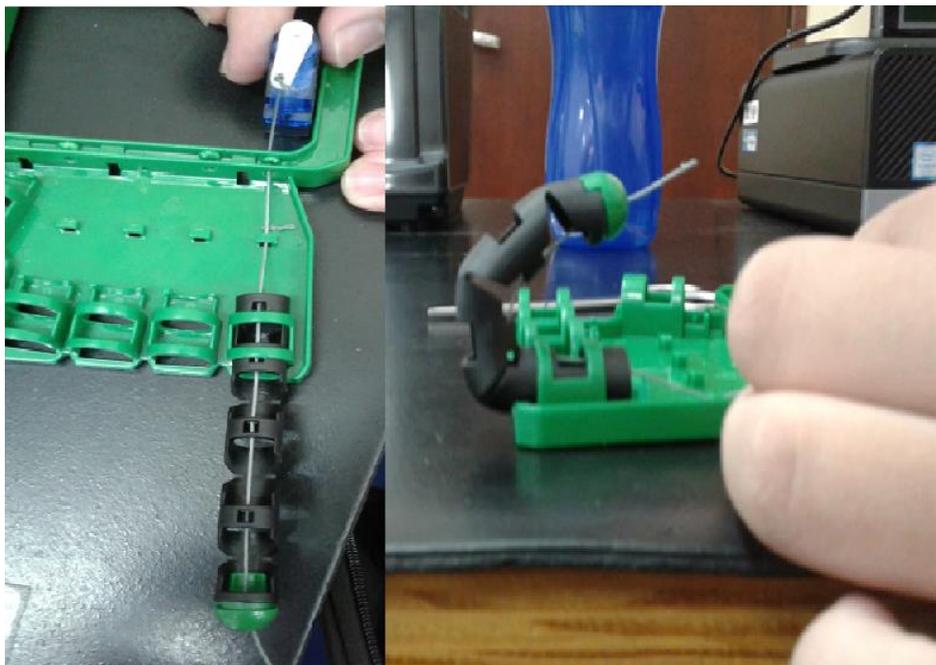
Figura 16: Mão robótica



Fonte: Amazon. Acesso em 28 fev 2022.

Com isso, a mão de brinquedo como base do protótipo foi feito testes para observar a força que o motor precisará para executar o movimento de fechamento dos dedos com a movimentação da articulação. Em seguida, o motor escolhido foi o micro servo s90g por movimentar a estrutura do dedo, custo em relação a outros servos motores, peso do motor e por fim tamanho para adaptação na estrutura da mão para movimentar a partir dos comandos do Arduino onde o servo irá executar o movimento de 180° movimentando por meio do cabo que fará a conexão entre os dedos e os servos motores conforme a figura 17 ilustra o teste e o quanto o micro servo motor consegue movimentar.

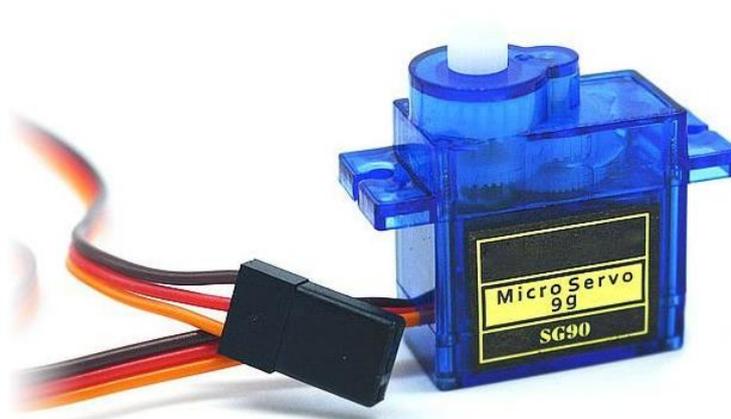
Figura 17: Testes com micro servo motor



Fonte: Autor, 2022.

Mas também, foi possível notar que o micro servo s90g conseguiu movimentar os dedos da estrutura de forma que atendeu as expectativas de fechamento da mão com a força necessária para este movimento. Portanto, foram adquiridos cinco micro servo motores que faram a parte do movimento dos cinco dedos do protótipo com a tensão elétrica de operação 4,8V com torque de 1,2 kg/cm e 6V com o torque de 1,6 kg/cm conforme a figura 18 demonstra o micro servo motor s90g.

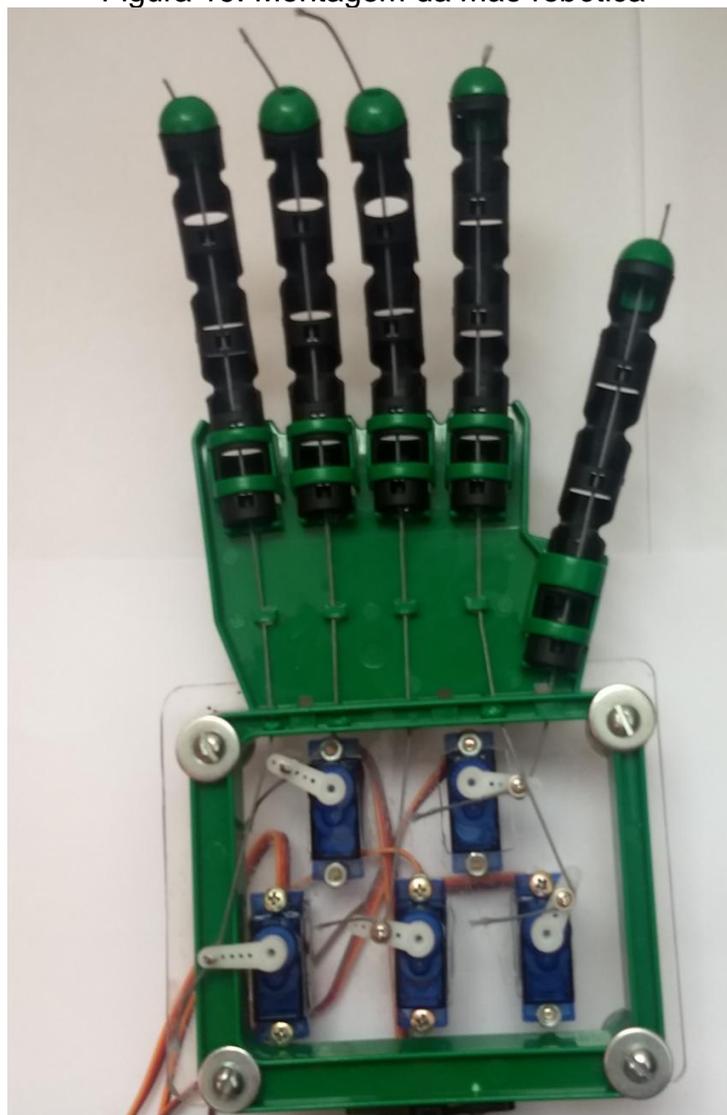
Figura 18: Micro servo s90g



Fonte: <<https://www.autocorerobotica.com.br/micro-servo-motor-9g-sg90>>. Acesso em 23 mai 2022.

Foi desenvolvida uma adaptação para que a parte onde no brinquedo fosse originalmente o vão que localiza as alças. Logo, com um acrílico cortado com o tamanho que feche o vão da estrutura para base dos furos que iram comportar os cinco servos motores com os furos para fixação dos servos motores presos com dois parafusos M3 de 8 mm junto a porca e parafusos nas extremidades do acrílico para fixação do acrílico com a estrutura do brinquedo conforme a figura 19 demonstra a estrutura montada.

Figura 19: Montagem da mão robótica



Fonte: Autor, 2022.

Finalizado a estrutura foi feito teste utilizando um potenciômetro de 22.000 ohms para determinar as posições dos servos motores para o valor de abertura e fechamento dos motores fixados na estrutura e por meio de cabos que farão os movimentos nas articulações dos dedos. Com isso, feito um programa utilizando a plataforma de logica Arduino Uno em linguagem C++, a biblioteca servo e um potenciômetro na entrada analógica 2 (A2) como entrada para ler os valores variáveis do potenciômetro. Em seguida, a saída digital do servo motor será 9 do Arduino e com isto conforme a programação com o comando map irá alterar o intervalo de 0 a 1023 posições para 0 a 180 como referência aos graus de rotações do servo e demonstrando a posição do servo no monitor serial do Arduino o número e com isto determinar as posições de cada servo analógicamente do dedo aberto como fechado conforme a figura 20 demonstra a programação do teste.

Figura 20: Programa de teste de posição dos servos motores

```

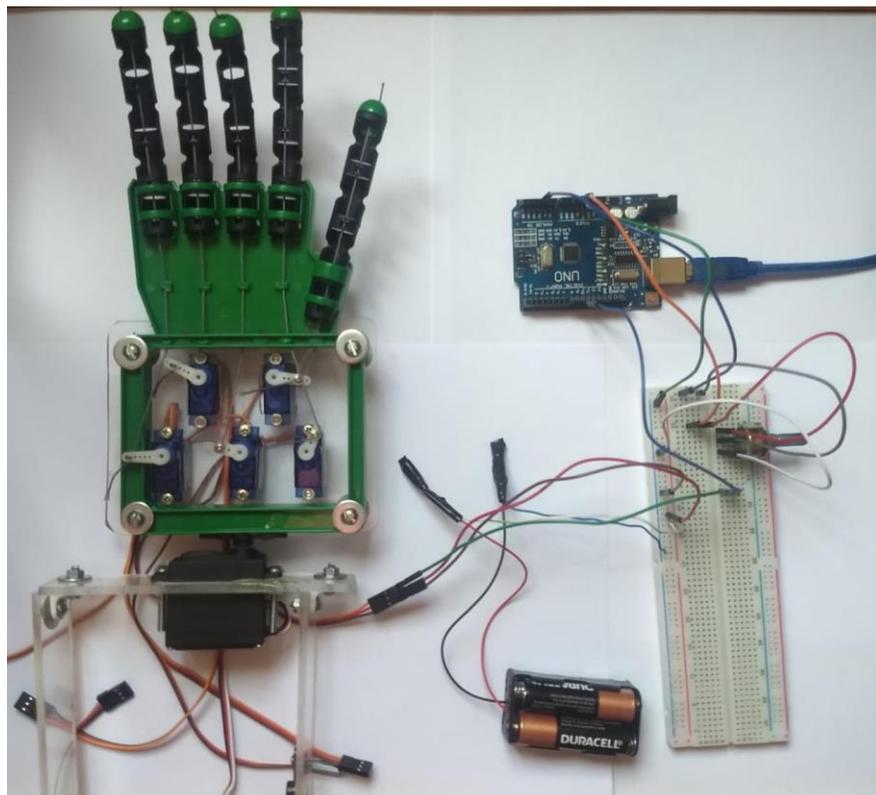
1 #include <Servo.h>
2 Servo servol;
3 int P1;
4 void setup() {
5   pinMode(A2, INPUT);
6   pinMode(9, OUTPUT);
7   servol.attach(9);
8   Serial.begin(9600);
9 }
10 void loop() {
11   P1 = analogRead(A2);
12   P1 = map(P1, 0, 1023, 0, 180);
13   servol.write(P1);
14   Serial.println("-----");
15   Serial.print(servol.read());
16   Serial.print("-");
17 }

```

Fonte: Autor, 2022.

Mas também, o teste com a programação utilizando o Arduino conectado ao computador para demonstra no monitor serial, conectados por meio de cabos e os cinco servos motores alimentados por pilhas AA fornecendo uma tensão de 6V conectados no positivo nos servos motores e negativo no GND do Arduino com o potenciômetro variando os valores conforme a figura 21 demonstra a montagem.

Figura 21: Teste de servo motor da mão



Fonte: Autor, 2022.

Portanto, com o teste foi possível anotar os valores de cada servo motor da estrutura da mão para o dedo aberto e para o dedo fechado conforme o quadro 2 demonstra os valores do teste.

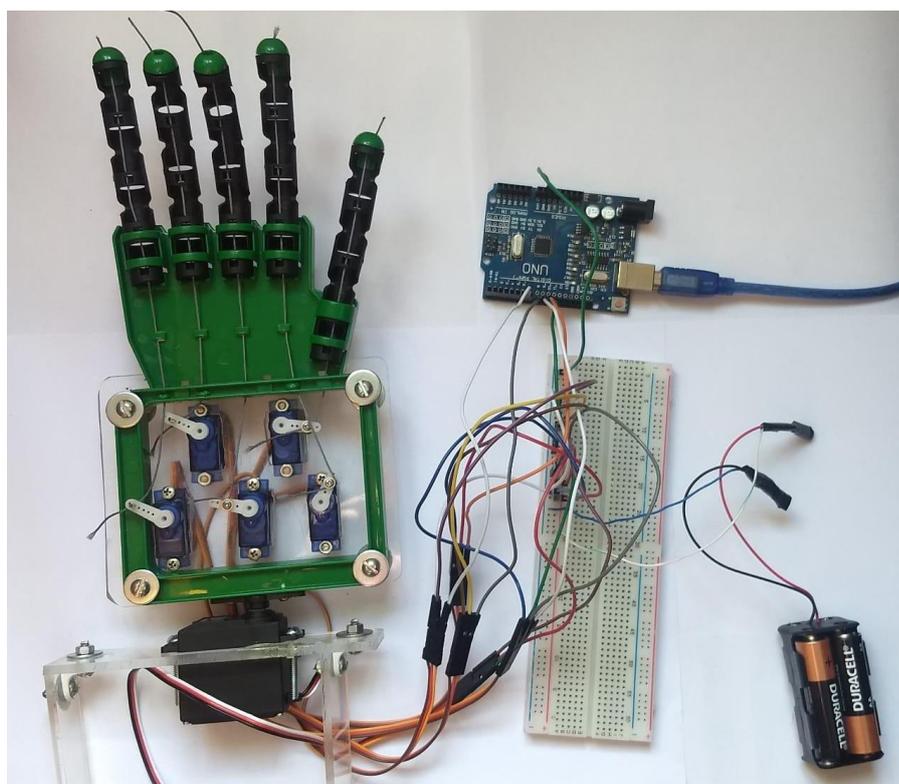
Quadro 2: Teste de servo motor

Teste de servo motores		
Servo	Aberto	Fechado
Mínimo	10	180
Anelar	0	180
Médio	0	180
Indicador	180	0
Polegar	180	0

Fonte: Autor, 2022.

Por fim, com as posições para cada dedo aberto e fechado conforme o quadro 2, foi feita a programação para o teste dos cinco servo motores conectados nas saídas 10 o dedo mínimo, 9 o anelar, 8 o médio, 7 o polegar e 6 o indicador no Arduino Uno conectados em cada servo motor e com isto com um tempo de 5 segundos cada dedo irá inicialmente todos abrir e logo em seguida cada um dos cinco na sequência irá fechar e abrir conforme a figura 22 demonstrar a montagem do teste.

Figura 22: Teste com os valores encontrados da mão



Fonte: Autor, 2022.

Logo em seguida, a programação para o movimento automático de cada dedo com os valores anotados conforme a figura 23 demonstrar a programação desenvolvida com os dados do quadro 2 para o teste na programação em linguagem.

Figura 23: Programa de movimentação inicial da mão

```

1 #include <Servo.h>
2 int t1 = 1000;
3 Servo servo1;    // Dedo Mínimo
4 Servo servo2;    // Dedo Anelar
5 Servo servo3;    // Dedo Médio
6 Servo servo4;    // Dedo Indicador
7 Servo servo5;    // Dedo Polegar
8
9 void setup()
10 {
11   pinMode(7, OUTPUT);
12   pinMode(8, OUTPUT);
13   pinMode(9, OUTPUT);
14   pinMode(10, OUTPUT);
15   pinMode(11, OUTPUT);
16   servo1.attach(7);
17   servo2.attach(8);
18   servo3.attach(9);
19   servo4.attach(10);
20   servo5.attach(11);
21   Serial.begin(9600);
22 }
23 void loop()
24 {
25   servo1.write(180);
26   delay(t1);
27   servo1.write(10);
28   delay(t1);
29   servo2.write(180);
30   delay(t1);
31   servo2.write(0);
32   delay(t1);
33   servo3.write(180);
34   delay(t1);
35   servo3.write(0);
36   delay(t1);
37   servo4.write(0);
38   delay(t1);
39   servo4.write(180);
40   delay(t1);
41   servo5.write(0);
42   delay(t1);
43   servo5.write(180);
44   delay(t1);
45   servo1.write(180);
46   servo2.write(180);
47   servo3.write(180);
48   servo4.write(0);
49   servo5.write(0);
50   delay(t1);
51   servo1.write(10);
52   servo2.write(0);
53   servo3.write(0);
54   servo4.write(180);
55   servo5.write(180);
56   delay(t1);
57 }

```

5.2.2 Protótipo do antebraço

Inicialmente a estrutura do antebraço será composta por um servo motor que fará o movimento de rotação da mão utilizando um servo motor futaba s3003 conforme a figura 24 demonstra o servo motor com uma tensão de 4,8V com torque de 3,2 kg/cm a 5V com torque de 4,2 kg/cm além dos cabos vermelho que será o positivo, marrom negativo e por fim o laranja o comando que virá do Arduino pela porta digital e com isto o servo será conectado à estrutura da mão.

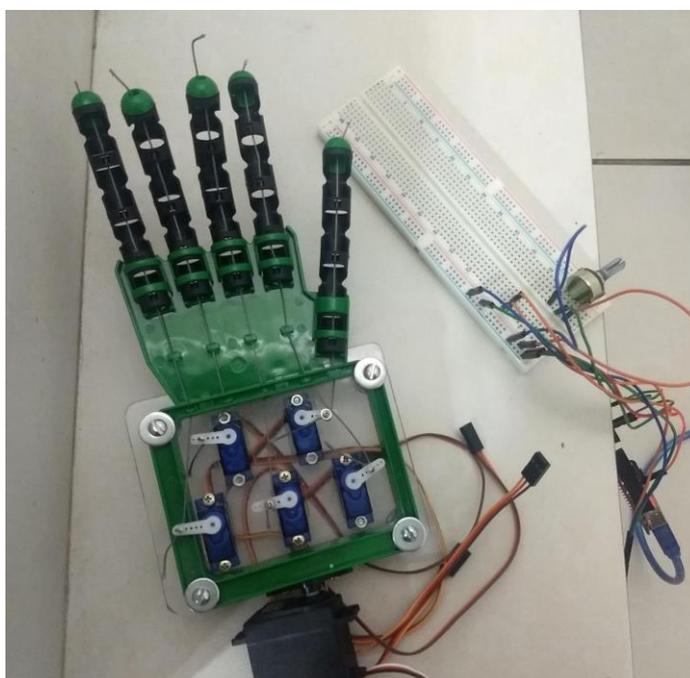
Figura 24: Servo motor Futaba s3003



Fonte: <https://www.smartkits.com.br/servo-motor-s3003-futaba?parceiro=9390&gclid=EAlalQobChMlpM-8sr319wIVQ8ORCh1K1QciEAQYBCABEgITsvD_BwE>. Acesso em 23 mai 2022.

Logo, com o servo será fixada a estrutura do antebraço por meio de um acrílico que irá fixar por meio de parafusos e porcas na estrutura para conectar a mão com a estrutura da base para fazer o movimento de giro da estrutura da mão para cima, baixo e meio conforme a figura 25 a montagem do servo do antebraço na mão.

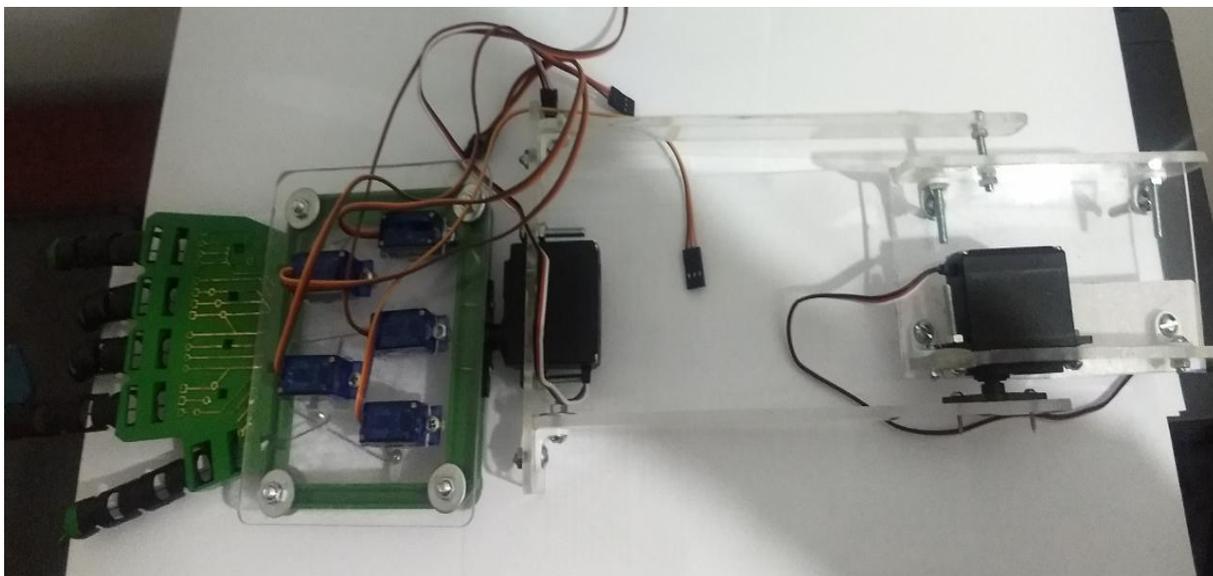
Figura 25: Montagem do servo do antebraço na mão



Fonte: Autor, 2022.

Com isto, foi feita a montagem do braço utilizando acrílicos fixados por parafusos com porcas num suporte em formato de T juntando as duas placas de acrílico central contendo o servo que fará o movimento de rotação do braço e lateral formando o antebraço do protótipo conforme a figura 26 demonstra a montagem do antebraço junto à estrutura da mão.

Figura 26: Montagem do antebraço junto à estrutura da mão



Fonte: Autor, 2022.

Por fim, com a mesma programação para o teste de servo conforme a figura 19 foi montada no protoboard com um potenciômetro o teste para determinar as posições de giro da estrutura da mão para cima, baixo e por fim meio conforme o quadro 3 demonstra os dados adquiridos no teste.

Quadro 3: Teste de servo motor rotação

Teste de servo motor			
Servo	Mão para cima	Meio	Máximo para baixo
Antebraço	40	145	180

Fonte: Autor, 2022.

5.2.3 Protótipo do cotovelo

O cotovelo do protótipo fará o movimento de rotação da estrutura por meio de um servo motor Servo MG996R 180° com a tensão de 4,8V com torque de 9,4 kg/cm a 6V com torque 11 kg/cm que estará conectado a estrutura lateral do antebraço fazendo conforme a rotação a estrutura fará o movimento de elevação e o movimento de decida da estrutura do braço conforme a figura 27 o servo motor MG996R 180°.

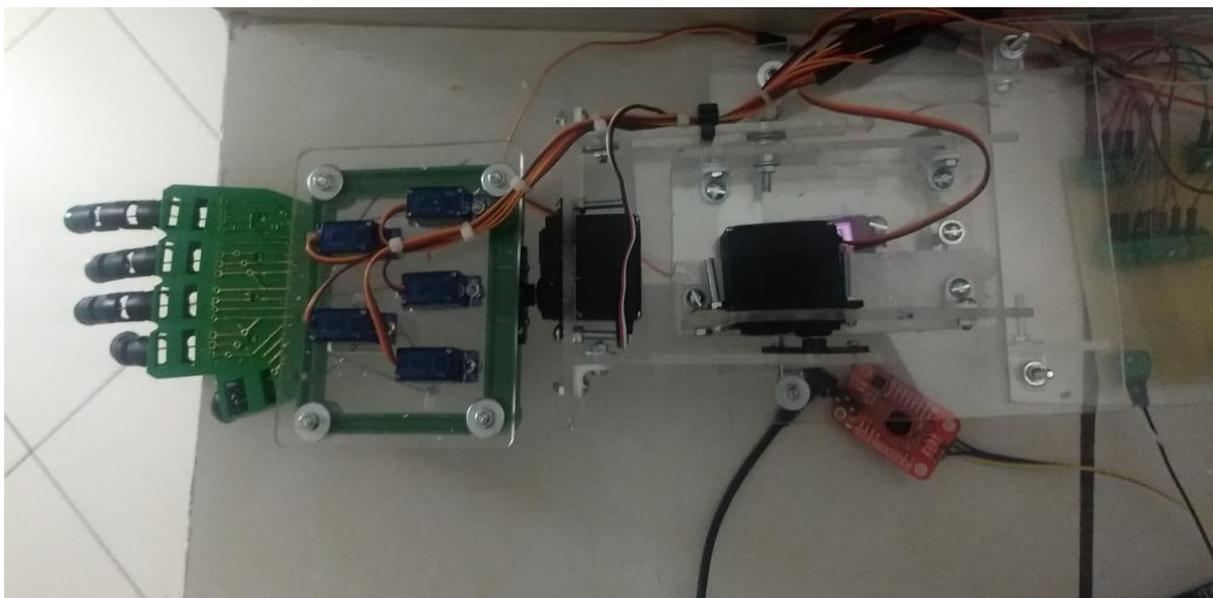
Figura 27: Servo MG996R 180°



Fonte: https://www.baudaeletronica.com.br/servo-mg996r-towerpro.html?gclid=EAlaIQobChMliK6DvcP19wIVDzyRCh0jNgrpEAQYASABEgLSvD_BwE. Acesso em 23 mai 2022.

Logo, a estrutura na base será conectada ao servo que fará o movimento de elevação da estrutura para cima, repouso e para baixo, no entanto, foi adicionado um acrílico para limitar o movimento para baixo para que quando o braço estiver desligado o braço fique em repouso conforme a figura 28 demonstra a montagem dos componentes.

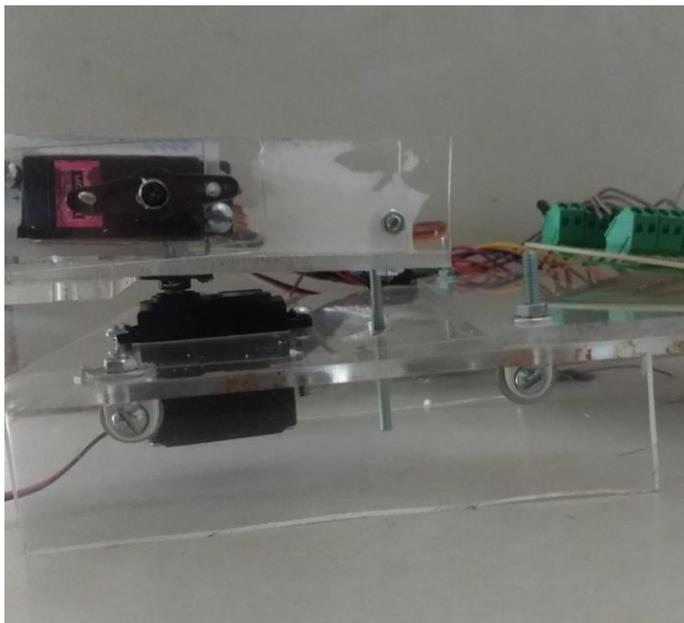
Figura 28: Protótipo da estrutura do cotovelo



Fonte: Autor, 2022.

Por fim, a base que irá apoiar a estrutura do braço a superfície com a estrutura de acrílico e parafusos que irá contar com o servo motor Servo MG996R que irá fazer o movimento da estrutura do braço da direita para esquerda, e com isto a figura 29 demonstra o motor fixado na base por parafuso e roscas e conectado na estrutura da mão e antebraço que irá movimentar.

Figura 29: Estrutura da base vista horizontal



Fonte: Autor, 2022.

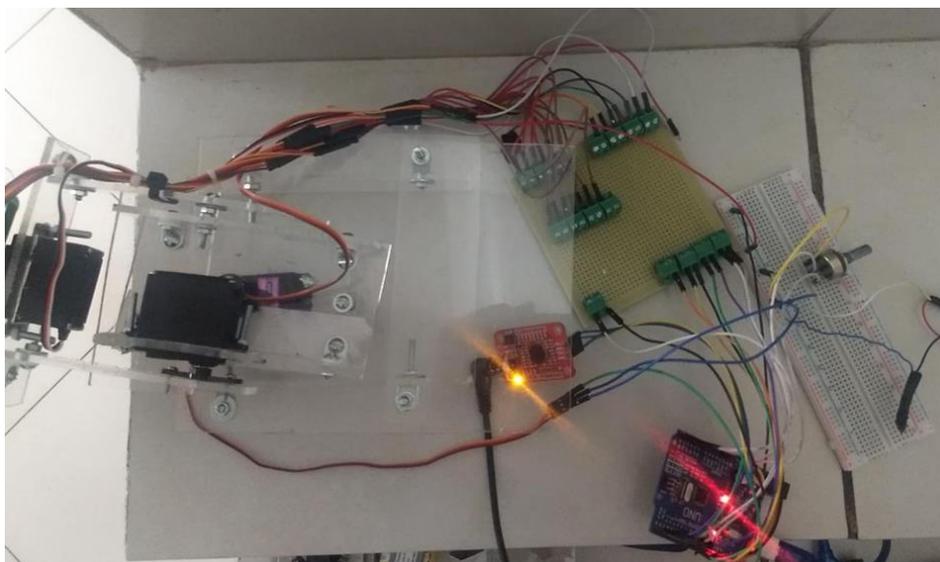
Por fim, para determinar as posições dos servos motores de elevação e rotação da base utilizando um potenciômetro de 22.000 ohms e a programação da figura 19 por meio do monitor serial para o teste para cada servo motor e com isto anotar os valores coletados conforme o quadro 4 além da figura 30 demonstra a montagem do teste.

Quadro 4: Valores dos servos motores da base

Servo	Alto	Repouso	Esquerda	Direita
Elevação servo motor	70	100	-	-
Rotação servo motor	-	165	180	90

Fonte: Autor, 2022.

Figura 30: Montagem do teste dos servos motores da base



Fonte: Autor, 2022.

Também, com os valores coletados no teste anotados no quadro 4, foi feito o programa com um delay para que a estrutura se movimente de cima para baixo, além disso, a estrutura conta com uma chapa de acrílico que funcionará como um limite para que o braço não bata no chão, conforme a figura 31 demonstra a programação dos testes com os valores anotados.

Figura 31: Programa com os valores da base

```

1 #include <Servo.h>
2 int t1 = 1000;
3 Servo servol;
4
5 void setup()
6 {
7   pinMode(5, OUTPUT);
8   servol.attach(5);
9   Serial.begin(9600);
10 }
11 void loop()
12 {
13   servol.write(70);
14   delay(t1);
15   servol.write(100);
16   delay(t1);
17 }
18

```

Fonte: Autor, 2022.

Por fim, a montagem do teste foi utilizada um protoboard, a bateria fornecendo 6V para os servos além dos cabos que fazem a conexão e o Arduino uno e com os o programa para que o movimento automático levantando e baixando a estrutura do antebraço e mão conforme a figura 32 demonstra a montagem do teste.

Figura 32: Teste com os valores da base



Fonte: Autor, 2022.

5.2.4 Alimentação

A estrutura contém oito servos motores com a alimentação em 6V de tensão elétrica para alimentação além do Arduino que será alimentado. Com isso, alimentação dos servos será via pilhas AA de 1,5V conectadas em serie por meio de uma estrutura fornecendo 6V de tensão para os servos motores, no caso foi utilizado dos suportes sendo o primeiro para os cinco servos motores da mão e o segundo para os três servos motores do antebraço, elevação e rotação conforme a figura 33 do suporte.

Figura 33: Suporte para 4 pilhas AA



Fonte: <https://www.robocore.net/bateria/suporte-para-4-pilhas-aa-dual-layer?gclid=EAlalQobChMI3fH62sf19wIVDzGRCh0awQK8EAQYBiABEgJUdPD_BwE>. Acesso em 23 mai 2022.

Por fim, o Arduino será alimentado por uma bateria de 9V conectada ao suporte que fará a conexão entre a bateria de 9V ao Arduino por meio do plug P4 do Arduino conforme a figura 34 demonstra, fornecendo alimentação para o Arduino possa funcionar sem a alimentação vinda do cabo usb conectado ao computador podendo deslocar o braço de um local a outro.

Figura 34: Conector bateria 9V com plug P4



Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/clip-de-bateria-9v-vertical-plug-p4-para-arduino.html?gclid=EAlalQobChMIrvqe5cj19wIV7EVIAB2FTwcvEAQYASABEgIVWvD_BwE>. Acesso em 23 mai 2022.

5.3 Controle do braço

O braço será controlado por meio de um módulo de reconhecimento de voz V3 que irá identificar comandos de voz para executar movimentos pré-definidos na programação. Com isto, a primeira etapa foi conectar o módulo de voz no Arduino pelos pinos VCC no Arduino 5V, o pino GND no pino GND do Arduino e por fim o TXD no pino 2 do Arduino e por fim o RXD no pino 3 que fará a comunicação entre o módulo e o Arduino.

A princípio, foi utilizado a biblioteca do próprio módulo a VoiceRecognitionV3.h que contém exemplos de programas para utilizar o módulo de voz como o controle de led por comando de voz. Logo, foi utilizado o exemplo do programa no qual o módulo irá reconhecer comandos de voz a partir de um comando no monitor serial sigtrain, no caso o módulo funciona a partir de treinamento onde após o comando irá repetir até o módulo identificar e logo após ele irá comparar com que foi dito com o programa gravado.

Em seguida, será atribuir um número do comando e um nome que pode ser o mesmo conteúdo, como por exemplo o comando abrir e identificar como abrir ou apenas A1 pois será apenas uma identificação do áudio e não o conteúdo. Por fim, com os comandos gravados com o comando load no monitor serial irá carregar os comandos por voz do módulo para o Arduino conforme a figura 35 demonstra o monitor serial com a gravação de um comando e o carregamento para o Arduino além de demonstrar a identificação do comando com o nome atribuído e o número do comando de voz.

Figura 35: Monitor serial com os comandos de voz

The screenshot shows a serial monitor window titled 'COM6'. The output text is as follows:

```
Record 5      Trained
SIG: repouso
-----
load 1 5
-----
Load success: 2
Record 1      Loaded
Record 5      Loaded
-----
VR Index      Group  RecordNum  Signature
1             NONE   5           repouso
-----
VR Index      Group  RecordNum  Signature
0             NONE   1           levanta
```

At the bottom of the window, there are controls for 'Auto-rolagem' (checked), 'Show timestamp' (unchecked), a 'Nova-linha' dropdown menu, a '115200 velocidade' dropdown menu, and a 'Deleta a saida' button.

Fonte: Autor, 2022.

Em seguida, com a programação do exemplo `var.sample.train` da biblioteca do módulo foi carregado o programa no Arduino e com isto foi aberto o monitor serial para começar a implementar os comandos do braço. Portanto foi implementado 7 comandos de voz gravados e carregados do módulo para o Arduino conforme o quadro 5 demonstra os nomes dos comandos faram o movimento do braço além do número atribuído para cada comando.

Quadro 5: Comandos de voz

Comando de voz	sigtrain
Cima	0
Levanta	1
Abrir	2
Fecha	3
baixo	4
repouso	5
rotação	6

Fonte: Autor, 2022.

5.4 Programação

Com os comandos programados no módulo de reconhecimento de voz, o programa irá iniciar com a declaração de todos os servos motores do braço com cada dedo da mão, do giro da mão, o servo que irá fazer a estrutura levantar ou estar em repouso e por fim o servo de rotação utilizando a biblioteca servo do arduino e atribuindo para cada servo o nome. Além disso, foi declarado o pino de comunicação do módulo de reconhecimento de voz que irá se comunicar ao Arduino pelo pino 2 e 3 além de definir cada comando de voz com o número e o nome de cada comando conforme o quadro 5 demonstra e a figura 36 demonstra a primeira parte do programa do controle do braço.

Figura 36: Programação 1

```

1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include "VoiceRecognitionV3.h"
3 #include <Servo.h>
4
5 Servo servo1; // Dedo Mínimo
6 Servo servo2; // Dedo Anelar
7 Servo servo3; // Dedo Médio
8 Servo servo4; // Dedo Indicador
9 Servo servo5; // Dedo Polegar
10 Servo servo6; // giro
11 Servo servo7; // Altura
12 Servo servo8; // rotação
13
14 VR myVR(2,3);
15
16 uint8_t records[7];
17 uint8_t buf[64];
18
19 #define cima (0)
20 #define levanta (1)
21 #define abri (2)
22 #define fecha (3)
23 #define baixo (4)
24 #define repouso (5)
25 #define rotacao (6)

```

Fonte: Autor, 2022.

Em seguida, no programa será declarado os pinos que serão conectados para cada componente como os servos motores que farão o movimento da mão do pino 7 ao 11, o servo motor que fará o movimento de rotação no pino 12, o de altura no pino 5 e por fim o servo motor de que fará o movimento de rotação da mão no pino 6 todos declarados como saídas no programa. Mas também, a velocidade da comunicação serial que para o módulo será de 9600 e para o monitor serial será de 115200 além de definir a posição inicial do braço com a mão aberta para baixo em repouso e reta a estrutura na base, conforme a figura 37 demonstra a programação.

Figura 37: Programação 2

```

72 void setup()
73 {
74   myVR.begin(9600);
75   Serial.begin(115200);
76   pinMode(5, OUTPUT);
77   pinMode(6, OUTPUT);
78   pinMode(7, OUTPUT);
79   pinMode(8, OUTPUT);
80   pinMode(9, OUTPUT);
81   pinMode(10, OUTPUT);
82   pinMode(11, OUTPUT);
83   pinMode(12, OUTPUT);
84
85   servo1.attach(7);
86   servo2.attach(8);
87   servo3.attach(9);
88   servo4.attach(10);
89   servo5.attach(11);
90   servo6.attach(6);
91   servo7.attach(5);
92   servo8.attach(12);
93
94   servo1.write(10);
95   servo2.write(0);
96   servo3.write(0);
97   servo4.write(180);
98   servo5.write(180);
99   servo6.write(40);
100  servo7.write(100);
101  servo8.write(165);

```

Fonte: Autor, 2022.

Logo após, o programa irá carregar os comandos de voz conforme declarado inicialmente com o nome e o número do comando de voz com o comando myVR.load que irá carregar, além disso irá demonstrar no monitor serial a mensagem se o comando foi carregado do módulo de reconhecimento de Voz para o Arduino conforme a figura 38 demonstra esta parte do programa.

Figura 38: Programação 3

```

108     while(1);
109 }
110 if(myVR.load((uint8_t)cima) >= 0){
111     Serial.println("comando cima carregado");
112 }
113 if(myVR.load((uint8_t)levanta) >= 0){
114     Serial.println("comando levanta carregado");
115 }
116
117 if(myVR.load((uint8_t)fecha) >= 0){
118     Serial.println("comando fecha carregado");
119 }
120 if(myVR.load((uint8_t)abri) >= 0){
121     Serial.println("comando abri carregado");
122 }
123 if(myVR.load((uint8_t)baixo) >= 0){
124     Serial.println("comando baixo carregado");
125 }
126 if(myVR.load((uint8_t)Repouso) >= 0){
127     Serial.println("comando repouso carregado");
128 }
129 }
130 if(myVR.load((uint8_t)Rotacao) >= 0){
131     Serial.println("comando rotacao carregado");
132 }
133 }

```

Fonte: Autor, 2022.

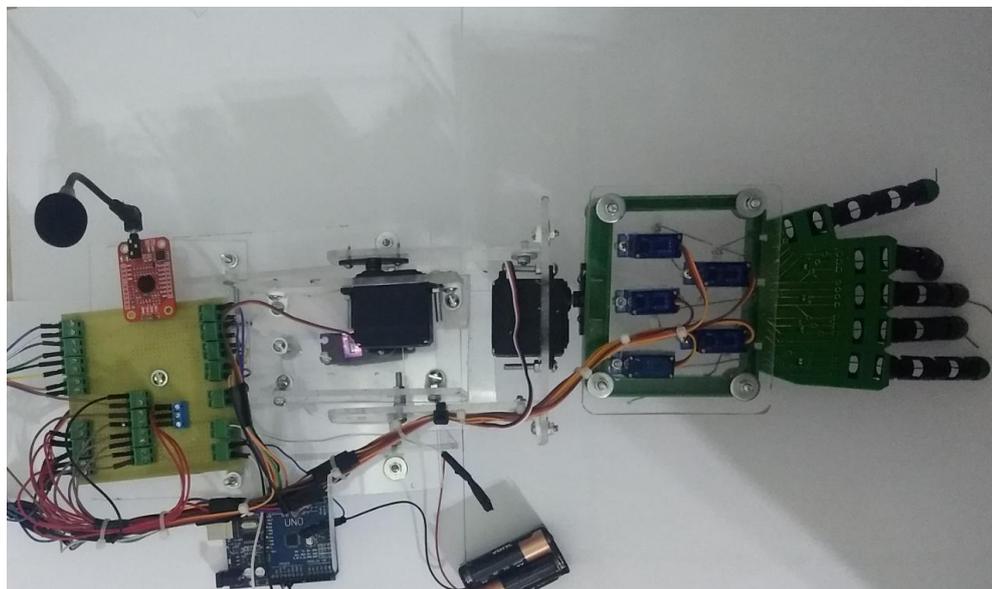
Mas também, a parte do programa que fará o controle do braço para se movimentar conforme o comando de voz. Com isto, com o comando switch na variável buf que está armazenado os áudios dos comandos e para cada caso ou comando irá acontecer uma ação conforme o comando for acionado como por exemplo o comando cima que irá movimentar a palma da mão para cima com os valores coletados anteriormente, o comando levanta que irá movimentar a estrutura do braço para cima, o comando fecha com o movimento de fechar os cinco dedos da mão, o comando abri para o movimento de abertura de dedos da mão, o comando baixo para o movimento que irá deslocar a palma da mão para baixo, o comando repouso que irá movimentar a estrutura do braço para o repouso logo após o movimento de levantar e por fim o comando rotação que irá rotacionar a estrutura em relação a base da direita para esquerda e por fim retorna em repouso com um intervalo de tempo conforme a figura 39 demonstra esta parte do programa.

Figura 39: Programação 4

```
133 void loop()
134 {
135     int ret;
136     ret = myVR.recognize(buf, 50);
137     if(ret>0) {
138         switch(buf[1]) {
139             case cima:
140                 servo6.write(180);
141                 break;
142             case levanta:
143                 servo7.write(70);
144                 break;
145             case fecha:
146                 servol.write(180);
147                 servo2.write(180);
148                 servo3.write(180);
149                 servo4.write(0);
150                 servo5.write(0);
151                 break;
152             case abri:
153                 servol.write(10);
154                 servo2.write(0);
155                 servo3.write(0);
156                 servo4.write(180);
157                 servo5.write(180);
158                 break;
159             case baixo:
160                 servo6.write(40);
161                 break;
162             case repouso:
163                 servo7.write(75);
164                 delay(1000);
165                 servo7.write(80);
166                 delay(1000);
167                 servo7.write(85);
168                 delay(1000);
169                 servo7.write(90);
170                 delay(1000);
171                 break;
172             case rotacao:
173                 servo8.write(90);
174                 delay(5000);
175                 servo8.write(180);
176                 delay(5000);
177                 servo8.write(165);
178                 break;
179             default:
180                 Serial.println("Record function undefined");
181                 break;
182         }
183         printVR(buf);
184     }
185 }
186
```

Por fim, a figura 40 demonstra a montagem final do braço com a placa com os bornes com que fazem a conexão entre os cabos de comando dos 8 servos motores a saídas digitais do Arduino, a alimentação por meio de dois suportes de 4 pilhas AA fornecendo 6V cada alimentando cinco servos motores da mão o primeiro e o segundo os outros três servos motores do antebraço, elevação e rotação da base e por fim o módulo sendo alimentado por 5V do Arduino e todos os servos e módulo sendo conectados ao GND do Arduino.

Figura 40: Montagem do braço



Fonte: Autor, 2022.

6. RESULTADOS

Com os valores anotados no teste e o programa a parte da mão conseguiu se movimentar com o fechamento e abertura da mão os cinco servos motores conseguindo deslocar a estrutura do dedo. Entretanto, apesar do movimento conseguir se deslocar para o fechamento da mão não foi em seu total fechamento do dedo além da limitação física que a estrutura proporciona limitando o espaço que foi utilizado.

Além disso, a estrutura toda comportar os componentes como os servo motores, entretanto para alguns movimentos como da base que a rotação teve alguns limites de movimentação como também de abaixar que foi limitado.

Mas também, o módulo de reconhecimento de voz apresentou um bom funcionamento durante a gravação dos comandos, entretanto, apresentou variações conforme o local como o eco no ambiente ou a quantidade de ruído como por exemplo uma conversa paralela onde o módulo encontrou dificuldade para identificar o comando além disso foi testado se outra pessoa falar o comando se o módulo iria identificar e apenas uma vez o módulo reconheceu o comando dito por outra pessoa que no caso não gravou o comando.

Por fim, o braço conseguiu executar os movimentos conforme a programação, entretanto, para cada comando precisa esperar um tempo para que o braço faça o movimento do comando da programação além da alimentação por pilhas onde após uma semana houve uma troca de pilhas.

7. CONSIDERAÇÃO FINAIS

7.1 Conclusão

O projeto consistiu no desenvolvimento de um braço robótico que pudesse se mover de forma independente controlado por comandos de voz para auxiliar pessoas em atividades da rotina do dia melhorando o bem-estar além da construção do protótipo.

A princípio, foi possível o desenvolvimento do protótipo de braço com o movimento de abertura e fechamento dos dedos de forma independente, o movimento de rotação da mão, movimento de elevação do braço e por fim de rotação para direita e esquerda do braço.

Logo, os objetivos iniciais do desenvolvimento do protótipo com a construção da estrutura do braço para todos os movimentos com a base a adaptação do brinquedo da mão para o braço facilitando o desenvolvimento da estrutura do antebraço e base além do controle por meio do desenvolvimento da programação com base na coleta de dados para determinar a posição de cada servo motor para fazer o braço se movimentar conforme cada comando.

Portanto, foram alcançados objetivo do trabalho com o controle do braço que no caso será por meio de comandos de voz além do desenvolvimento do protótipo que faria todos os movimentos de um braço, com o protótipo podendo fazer movimentos simples como exemplo uma indicação de lugar, movimento de pegar, levantar a mão, entre outros movimentos que podem ser implementados na programação.

7.2 Trabalhos futuros

O trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um braço robótico com a construção e controle do braço por comando de voz e para propostas futuras para o aperfeiçoamento do projeto:

- O desenvolvimento do controle do braço por meio de câmera utilizando a câmera do computador para identificar a mão do usuário para o braço se mover conforme o movimento da mão ou de um objeto como um guia de movimento para onde o braço deverá se movimentar ou qual ação ele deverá fazer como um aceno ou indicação etc;
- O desenvolvimento de um protótipo com menor dimensão para que se aproximar de um braço para poder se movimentar de forma mais natural para poder fazer ações automáticas;
- O controle do braço por meio de sinais do musculo onde ao movimentar o musculo irá enviar o dado para que o protótipo se movimente braço robótico.
- Controlado por meio do movimento dos olhos como por exemplo olhar para baixo e o braço irá se deslocar para baixo ou olhar para esquerda o braço irá se locomover para esquerda fazendo este controle por meio do movimento dos olhos.

REFERÊNCIAS

Arduino Due – o Arduino com processador ARM de 32 bits. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/arduino-due-atmel-arm-32bits/>>. Acesso em 10 nov 2021.

Arduino MEGA 2560. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acesso em 10 nov 2021.

Como funciona uma impressora 3D. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/240402/como-funciona-impressora-3d/>>. Acesso em 21 nov 2021.

Como uma prótese é instalada?. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-uma-protese-e-instalada/>>. Acesso em 27 out 2021.

Conhecendo o Arduino Mega 2560. Disponível em: <<https://blog.smartkits.com.br/conhecendo-o-arduino-mega-2560/>>. Acesso em 18 fev 2022.

Considerações gerais sobre a prótese de membros. Disponível em: <<https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/assuntos-especiais/pr%C3%B3tese-de-membros/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-a-pr%C3%B3tese-de-membros>>. Acesso em 28 out 2021.

Diferença Motor de passo x Servo motor. Disponível em: <<https://blog.kalatec.com.br/automacao-industrial-servo-motor-x-motor-de-passo-entenda-diferenca/>>. Acesso em 27 fev 2022.

Eletroencefalograma (EEG). Disponível em: <<https://www.einstein.br/especialidades/neurologia/exames-tratamentos/eletroencefalograma>>. Acesso em 24 nov 2021.

Eletromiografia: o que é, para que serve e como é feita. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/eletromiografia/>>. Acesso em 20 nov 2021.

ESP8266 – O que é e para que serve?. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/esp8266-o-que-e/>>. Acesso em 10 nov 2021.

FAVIEIRO, Gabriela Winkler. Controle de uma prótese experimental do segmento mão-braço por sinais mioelétricos e redes neurais artificiais. Monografia - Faculdade Engenharia de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 111. 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/18554>>. Acesso em 29 out 2021.

FEITOSA, Arthur Vinicius de Mattos. *et. al.* proposta de uma interface baseada em um sistema de visão computacional interativo para acionamento de uma mão robótica. Artigo científico - Instituto federal do espírito santo. p. 4. Disponível em: <<http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/34352960175984d0202cfb37f9aba1aa.pdf>>. Acesso em 29 out 2021.

GUATELLI, G. Prado. *et. al.* Desenvolvimento de uma prótese robótica microprocessada. Artigo científico - Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. p. 6. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/anais/arquivos/RE_0297_0362_01.pdf>. Acesso em 26 fev 2022.

Guia de como usar um Servo Motor com Sensor Flex. Disponível em: <<https://capsistema.com.br/index.php/2020/03/12/guia-de-como-usar-um-servo-motor-com-sensor-flex/>>. Acesso em 21 nov 2021.

Hunold, M.*et. al.* Protótipo de prótese de mão robótica de lego controlada por sistema android para bi-amputado. Artigo científico - Faculdade Biomédica, Universidade Federal de São Paulo e Universidade Federal do ABC. p. 4. 2014. Disponível em: <https://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_714.pdf>. Acesso em 29 out 2021.

Impressão 3D: O que é, Como funciona e Exemplos de Aplicações. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/impresao-3d/>>. Acesso em 21 nov 2021.

Júnior, J. Jair Alves Mendes; Junior, S. Luiz Stevan; Cantarelli, T. Lins. Fundamentos da medição do eeg: uma introdução. Artigo científico – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. p. 6. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Mendes-Junior-2/publication/308400572_FUNDAMENTOS_DA_MEDICAO_DO_EEG_UMA_INTRODUCAO/links/57e2c45d08aecd0198dd808b/FUNDAMENTOS-DA-MEDICAO-DO-EEG-UMA-INTRODUCAO.pdf>. Acesso em 4 fev 2022.

Micro Servo Motor 9g Sg90. Disponível em: <<https://www.autocorerobotica.com.br/micro-servo-motor-9g-sg90>>. Acesso em 23 mai 2022.

MMSS: Amputação de Membro Superior. Disponível em: <<https://blog.conforpes.com.br/dr-responde/mmss-amputacao-de-membros-superiores/>>. Acesso em 3 fev 2022.

Módulo de Reconhecimento de Voz V3. Disponível em: <<http://www.vladcontrol.com.br/sensores/modulo-de-reconhecimento-de-voz-v3/>>. Acesso em 30 mai 2022.

Motor de passo arduino bipolar – controlando motores via driver a4988. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/motor-de-passo-arduino-bipolar-controlando-motores-via-driver-a4988/>>. Acesso 27 fev 2022.

NodeMCU – Uma plataforma com características singulares para o seu projeto IoT. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot>>. Acesso em 28 nov 2021.

Opções para próteses de membros. Disponível em: <<https://www.msmanuals.com/pt-br/profissional/t%C3%B3picos-especiais/pr%C3%B3teses-de-membros/op%C3%A7%C3%B5es-para-pr%C3%B3teses-de-membros>>. Acesso em 3 fev 2022.

O que é Arduino?. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 10 nov 2021.

O que é motor de passo? Funcionamento e aplicações!. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-motor-de-passo-funcionamento-aplicacoes/#:~:text=O%20motor%20de%20passo%20%C3%A9,sem%20a%20necessidade%20de%20escovas.>>. Acesso 27 fev 2022.

O que é Raspberry Pi?. ?. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-raspberry-pi/>>. Acesso 28 nov 2021.

Ossos da Mão. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/ossos-da-mao/>>. Acesso 12 fev 2022.

Ossos da Mão. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/corpo-humano/ossos-da-mao/>>. Acesso 12 fev 2022.

Pereira, F. Antonio Azevedo; Silva, J. Campos da. Desenvolvimento e controle de bioprótese robótica (BIOBOT 4RM). Artigo científico – Faculdade Dom Bosco. p 10. 2020. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos20/19130196.pdf>>. Acesso em 29 out 2021.

Primeiros passos na programação da Raspberry Pi Pico em MicroPython e C/C++. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/programacao-da-raspberry-pi-pico/>>. Acesso em 4 fev 2022.

Principais causas da amputação. Disponível em: <<https://blog.conforpes.com.br/dr-responde/principais-causas-da-amputacao/>>. Acesso em 27 out 2021.

Raspberry Pi 3. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/raspberry-pi-3.html>>. Acesso em 28 nov 2021.

Raspberry Pi Pico. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>>. Acesso em 11 nov 2021.

Raspberry Pi Pico Especificações tecnológicas. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/specifications/>>. Acesso em 28 nov 2021.

SANTOS, Tamires dos. Dispositivo de interpretação de ondas cerebrais para controle de um braço robótico. Monografia - Faculdade Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Faculdade de Tecnologia de Santo André. Santo André, p. 86. 2018. Disponível em: <<http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC/162-Mecatronica/162-TCC0007.pdf>>. Acesso em 29 out 2021.

Servo motor com arduino: Conheça aplicações e aprenda a usar. Disponível em:<<https://blog.eletrogate.com/servo-motor-para-aplicacoes-com-arduino/>>. Acesso em 14 nov 2021.

Servomotor: o que é, como funciona e para que serve. Disponível em:<<https://blog.multcomercial.com.br/servomotor-o-que-e-como-funciona-para-que-serve/>>. Acesso em 31 jan 2022.

Servo Motor: Veja como Funciona e Quais os Tipos. Disponível em:<<https://www.citissystems.com.br/servo-motor/>>. Acesso em 31 jan 2022.

Servo Motor S3003 Futaba. Disponível em:<https://www.smartkits.com.br/servo-motor-s3003-futaba?parceiro=9390&gclid=EAIaIQobChMlpM-8sr319wIVQ8ORCh1K1QciEAQYBCABEGITsvD_BwE>. Acesso em 23 mai 2022.

SILVA, Leonardo Pezenatto da. Desenvolvimento preliminar de uma prótese de braço controlada por eletroencefalografia. Monografia - Faculdade Engenharia Mecatrônica, Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia De Santa Catarina. Florianópolis, p. 127. 2019. Disponível em:<https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1266/TCC_LEONARDO_PEZENATTO_DA_SILVA_VERS%C3%83O_FINAL.pdf?sequence=1>. Acesso em 29 out 2021.

SUS oferece gratuitamente órteses e próteses sob medida. Disponível em:<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/sus-oferece-gratuitamente-orteses-e-proteses-sob-medida>>. Acesso em 27 out 2021.

Terminologia técnica para o membro superior. Disponível em:<<https://www.ottobock.com.br/prosthetics/informa%C3%A7%C3%A3o-para-amputados/termos-t%C3%A9cnicos/termos-t%C3%A9cnicos-para-membros-superiores/>>. Acesso em 3 fev 2022.

Tipos de Impressora 3D e suas aplicações. Disponível em:<<https://www.printit3d.com.br/post/tipos-de-impressora-3d>>. Acesso em 21 nov 2021.

Tipos de materiais de Impressão 3D e suas aplicações. Disponível em:<<https://www.printit3d.com.br/post/tipos-de-materiais-de-impress%C3%A3o-3d-e-suas-aplica%C3%A7%C3%B5es>>. Acesso em 6 fev 2022.

THOMAZONI, Lucas. Análise e implementação de protótipo de mão robótica. Monografia - Faculdade Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, p. 74. 2015. Disponível em:<<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/2261/TCC%20Lucas%20Thomazoni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 29 out 2021.

Uma breve introdução a EEG e tipos de eletrodos. Disponível em:<<https://www.brainlatam.com/blog/uma-breve-introducao-a-eeg-e-tipos-de-eletrodos-76?email=cesarnoronha@brainsupport.co>>. Acesso em 19 nov 2021.

Você já confundiu órtese com prótese?. Disponível em: <<https://acd.org.br/noticias/voce-ja-confundiu-ortese-com-protese>>. Acesso em 27 out 2021.

Você já conhece todos os materiais que uma Impressora 3D pode utilizar?. Disponível em: <<https://3dprocer.com.br/voce-ja-conhece-todos-os-materiais-que-uma-impressora-3d-pode-utilizar/>>. Acesso em 21 nov 2021.

ANEXO – PROGRAMAÇÃO DO BRAÇO

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include "VoiceRecognitionV3.h"
#include <Servo.h>

Servo servo1; // Dedo Mínimo
Servo servo2; // Dedo Anelar
Servo servo3; // Dedo Médio
Servo servo4; // Dedo Indicador
Servo servo5; // Dedo Polegar
Servo servo6; // giro
Servo servo7; // Altura
Servo servo8; // rotação

VR myVR(2,3);

uint8_t records[7];
uint8_t buf[64];

#define cima      (0)
#define levanta  (1)
#define abri     (2)
#define fecha    (3)
#define baixo    (4)
#define repouso  (5)
#define rotacao  (6)

void printSignature(uint8_t *buf, int len)
{
  int i;
  for(i=0; i<len; i++){
    if(buf[i]>0x19 && buf[i]<0x7F){
      Serial.write(buf[i]);
    }
    else{
      Serial.print("[");
      Serial.print(buf[i], HEX);
      Serial.print("]");
    }
  }
}

void printVR(uint8_t *buf)
{
  Serial.println("VR Index\tGroup\tRecordNum\tSignature");

  Serial.print(buf[2], DEC);
  Serial.print("\t\t");

  if(buf[0] == 0xFF){

```

```

    Serial.print("NONE");
}
else if(buf[0]&0x80){
    Serial.print("UG ");
    Serial.print(buf[0]&(~0x80), DEC);
}
else{
    Serial.print("SG ");
    Serial.print(buf[0], DEC);
}
Serial.print("\t");

Serial.print(buf[1], DEC);
Serial.print("\t\t");
if(buf[3]>0){
    printSignature(buf+4, buf[3]);
}
else{
    Serial.print("NONE");
}
Serial.println("\r\n");
}

```

```

void setup()
{
    myVR.begin(9600);
    Serial.begin(115200);
    pinMode(5,OUTPUT);
    pinMode(6,OUTPUT);
    pinMode(7,OUTPUT);
    pinMode(8,OUTPUT);
    pinMode(9,OUTPUT);
    pinMode(10,OUTPUT);
    pinMode(11,OUTPUT);
    pinMode(12,OUTPUT);

    servo1.attach(7);
    servo2.attach(8);
    servo3.attach(9);
    servo4.attach(10);
    servo5.attach(11);
    servo6.attach(6);
    servo7.attach(5);
    servo8.attach(12);

    servo1.write(10);
    servo2.write(0);
    servo3.write(0);
    servo4.write(180);
    servo5.write(180);

```

```

servo6.write(40);
servo7.write(100);
servo8.write(165);

if(myVR.clear() == 0){
  Serial.println("Recognizer cleared.");
}else{
  Serial.println("Not find VoiceRecognitionModule.");
  Serial.println("Please check connection and restart Arduino.");
  while(1);
}
if(myVR.load((uint8_t)cima) >= 0){
  Serial.println("comando cima carregado");
}
if(myVR.load((uint8_t)levanta) >= 0){
  Serial.println("comando levanta carregado");
}

if(myVR.load((uint8_t)fecha) >= 0){
  Serial.println("comando fecha carregado");
}
if(myVR.load((uint8_t)abri) >= 0){
  Serial.println("comando abri carregado");
}
if(myVR.load((uint8_t)baixo) >= 0){
  Serial.println("comando baixo carregado");
}
if(myVR.load((uint8_t)repouso) >= 0){
  Serial.println("comando repouso carregado");
}
if(myVR.load((uint8_t)rotacao) >= 0){
  Serial.println("comando rotacao carregado");
}
}
}
void loop()
{
  int ret;
  ret = myVR.recognize(buf, 50);
  if(ret>0){
    switch(buf[1]){
      case cima:
        servo6.write(180);
        break;
      case levanta:
        servo7.write(70);
        break;
      case fecha:
        servo1.write(180);
        servo2.write(180);
        servo3.write(180);

```

```
servo4.write(0);
servo5.write(0);
break;
case abri:
  servo1.write(10);
  servo2.write(0);
  servo3.write(0);
  servo4.write(180);
  servo5.write(180);
  break;
case baixo:
  servo6.write(40);
  break;
case repouso:
  servo7.write(75);
  delay(1000);
  servo7.write(80);
  delay(1000);
  servo7.write(85);
  delay(1000);
  servo7.write(90);
  delay(1000);
  break;
case rotacao:
  servo8.write(90);
  delay(5000);
  servo8.write(180);
  delay(5000);
  servo8.write(165);
  break;
default:
  Serial.println("Record function undefined");
  break;
}
printVR(buf);
}
```