

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
Etec JÚLIO DE MESQUITA
Curso Técnico em Eletrônica

Henrique André Queiroz Fernandes

Jorge Rosado de Alencar

Lucas Alves Torres

Nicolas Pereira Amorim

Relatório técnico
apresentado junto ao Curso
Técnico em Eletrônica, da
Etec Júlio de mesquita,
orientada pelos Professores
Egmar Accetto e **Adriana
Mariko Yonamine Nakatani**,
como requisito parcial para
obtenção do título de Técnico
em Eletrônica.

Prótese Auxiliar da Mão Humana Controlada por Arduíno
(Manus)

Santo André - SP

2025

RESUMO

A ausência de um membro no corpo humano, como o braço, causa desde de problemas físicos até emocionais, psíquicos e sociais. Isso justifica a confecção de uma prótese auxiliar do braço. É um projeto de importância social, que atinge alguns objetivos ODS da ONU, e que trata de uma prótese de mão onde é utilizado um sensor EMG (Eletromiográfico) para detectar sinais do músculo do antebraço. Essa prótese é microcontrolada e acionada por um Arduino UNO R3, dedos criados em impressora 3D (do grupo), acionados por 5 micro servo motores. Um módulo bluetooth aciona por celular quais dos dedos serão acionados na prótese. A programação foi feita em linguagem C++ para o Arduino e a comunicação por celular usou o MIT APPINVENTOR em linguagem de blocos. A impressora 3D usa a linguagem G-CODE gerada pelo programa PrusaSlicer. Grande parte dos custos do projeto foram gastos na impressora 3D e no filamento para a confecção da prótese. Nos testes executados foi preciso trocar de sensor 3 vezes pois o primeiro sensor comercial testado não é funcional. Houve um alto custo do protótipo para uma equipe do ensino técnico que, no entanto, gerou muitos conhecimentos. Ao final a prótese estava funcional em muitos parâmetros testados, concluindo esse projeto com sucesso.

Palavras-chave: Prótese de mão, sensor EMG, Arduino UNO, impressora 3D, objetivos ODS.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1 Objetivos4	
1.2 Justificativa4	
2. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	5
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
3.1 Introdução6	
3.2 Histórico Das Próteses6	
3.3 Princípios de Funcionamento7	
3.4 Benefícios da Prótese7	
3.5 Tecnologias Semelhantes8	
3.6 Arduino Uno8	
3.7 Servo Motor9	
3.8 Módulo Bluetooth10	
3.9 Módulo Sensor EMG11	
3.10 Confeção da Prótese14	
4. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	15
4.1 Programação15	
4.1.1 Programação do Projeto15	
4.1.2 Lógica15	
4.1.3 Programação do Celular15	
4.2 Esquemas Elétricos do Projeto17	
4.2.1 Esquema Elétrico do Sensor EMG Montado pelo Grupo17	
4.2.2 Esquema de Ligação dos Servos Motores com Arduino21	
4.2.3 Esquema de Ligação do Sensor com o Arduino21	
4.3 Simulação do Projeto24	
4.4 Desenho 3D da Garra25	
4.5 Funcionamento do Projeto25	
4.6 Tabela de Preço26	
4.7 Resultados dos Testes Realizados26	
5. CONCLUSÃO.....	28
6.REFERÊNCIAS	29
APÊNDICES.....	31

1. INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O braço é uma das partes mais importantes do corpo humano, toda a evolução do ser humano passa por ele já que, o polegar opositor, nos proporcionou uma vantagem ao conseguir se opor aos outros dedos e, com isso, fazendo com que o ser humano conseguisse manipular ferramentas e objetos no geral com mais facilidade e precisão.

Assim percebemos que a perda do braço é algo muito significativo na vida de uma pessoa pois essa perda leva a dificuldade de realizar tarefas diárias de, por exemplo, higiene pessoal, alimentação, troca de roupa. Isso pode gerar dor fantasma e muitas outras coisas além de ter impacto psicológico. Uma forma de resolver esse problema é a criação de uma prótese um braço artificial que substituiria o original. Nos primeiros modelos não havia conforto no encaixe podendo ocasionar ferimentos no local do uso da prótese, mas ao longo do tempo, com a evolução da tecnologia, elas foram ficando melhores e mais confortáveis. Surgiu então outro problema: o preço. Conforme o passar do tempo elas encareceram pelo aumento de tecnologia, de material e em seu material final e por conta de terem alguns ajustes específicos para cada indivíduo, dessa forma até a barata tem um preço elevado. Considerando as questões anteriores, decidimos realizar a construção de uma prótese de baixo custo, para facilitar o acesso à prótese para PcDs (pessoas com deficiência), na qual não possuam alta renda para a compra de próteses mais avançadas ou ao menos uma que cumpra suas funções mesmo que de maneira mais básica.

1.2 Justificativa

A ausência de um dos braços dificulta muito a vida da pessoa, pois como citado anteriormente pode trazer dificuldade ao realizar tarefas diárias, trazendo sobrecarga no outro braço, limitando as atividades que se deve usar os dois e podendo afetar o equilíbrio do corpo. Além disso, também pode gerar problemas psicológicos e sociais afetando a autoestima e dificultando a socialização por causa do preconceito ou estigma.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Inicialmente a equipe se reuniu para pesquisar e escolher o tema correto. O primeiro tema não foi aprovado pelos professores. A seguir decidiu-se fazer um drone, aprovado, mas abortado devido a pesquisa de preços. O terceiro tema se trata da prótese auxiliar da mão humana, atualmente em desenvolvimento. Após a escolha desse tema foram feitas as pesquisas sobre componentes e preços, circuitos utilizados. Foi encontrado um módulo sensor de sinais elétricos do corpo humano. O módulo não foi projetado corretamente e por consequência aconteceu a sua queima. A equipe verificou que os esquemas elétricos mostrados no manual eram coerentes. Os esquemas foram testados no simulador (proteus), e a seguir montados em protoboard para testes. Dessa forma por tentativa e erro a equipe chegará a conclusão do projeto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Introdução

Conforme descrito no objetivo, buscamos viabilizar o acesso a próteses com movimentos controlados eletronicamente.

3.2 Histórico Das Próteses

As primeiras próteses a serem encontradas na verdade foram dedos encontrados no Egito antigo “era feita de cartonagem, um tipo de papel machê feito de cola, linho e gesso. Acredita-se que tenha entre 2.600 e 3.400 anos” como dito no site da NIH Medline Plus Magazine. Já nessa época a prótese foi criada com a intenção de substituir os membros perdidos, mostrando que, mesmo tendo perdido os membros, ainda poderiam ser trocados por outros que substituíssem parcialmente sua função. Sempre que na história ocorreram guerras, isso gerou pessoas na qual perderam seus membros e conseqüentemente pesquisas para a substituição dessas perdas sofridas. Isso ocorreu em 1860 na guerra civil americana, na 1º e 2º guerras mundiais e nas subsequentes guerras. As próteses atuais utilizam de avanços de tecnologias na eletrônica, informática, mecânica e materiais.



Figura 1 - Um exemplo de um braço protético biônico moderno. Extraído de https://magazine-medlineplus-gov.translate.google.com/article/prosthetics-through-the-ages?x_tr_sl=en&x_tr_tl=pt&x_tr_hl=pt&x_tr_pto=tc na data 29/8/2025

3.3 Princípios de Funcionamento

Um sensor que capta os sinais elétricos do músculo no antebraço mandando sinais para o arduino. O mesmo manda comandos para os servos que acionam os dedos da mão (prótese). Com esses comandos, os servos são instruídos a “abrir ou fechar”. Isso é feito de servo para servo dos cinco totais que são usados na prótese. Com isso forma-se os gestos que serão selecionados e utilizados por meio de um aplicativo para celular.

3.4 Benefícios da Prótese

Dentre todos os benefícios que pode se obter ao adquiri-lo, a maior é o custo-benefício pois a mesma está sendo feita baseando-se em indivíduos que não consigam comprar as melhores próteses presente no mercado, mas que também não querem uma gambiarra que parece que vai ser quebrado no mínimo toque que tiver com qualquer coisa. Além disso também há a presença de movimento apesar de parecer ser obrigatória ter isso em uma, a maioria das próteses não contêm sequer um único movimento embutido nele fazendo a mão fazer só o básico como digitar teclas uma por uma do teclado e deixar objetos apoiado nela.

3.5 Tecnologias Semelhantes

As tecnologias que se tem no mercado em geral pode ser separada em duas, as mais baratas e as mais caras. As mais baratas contêm pouca resistência e quase, se não, nenhum movimento servindo só para fazer movimentos muito simples a ponto de talvez não conseguir segurar um copo d'água. Enquanto as mais caras apresentam movimentos muito parecidos com o de braços humanos apresentando boa sensibilidade e fluidez. Porém tudo isso faz com que o preço chegue nas alturas fazendo com que muitas pessoas não tenham condição para compra-la.

3.6 Arduino Uno

O arduino uno é uma plataforma de microcontrolador muito utilizado em projetos de estudantes por causa de sua versatilidade. Ela foi projetada para facilitar o uso para estudantes de informática que depois se popularizou para todas as áreas. A principal opção dessa plataforma é o arduino uno R3. E abaixo podemos ver uma imagem com as características principais dessa plataforma:

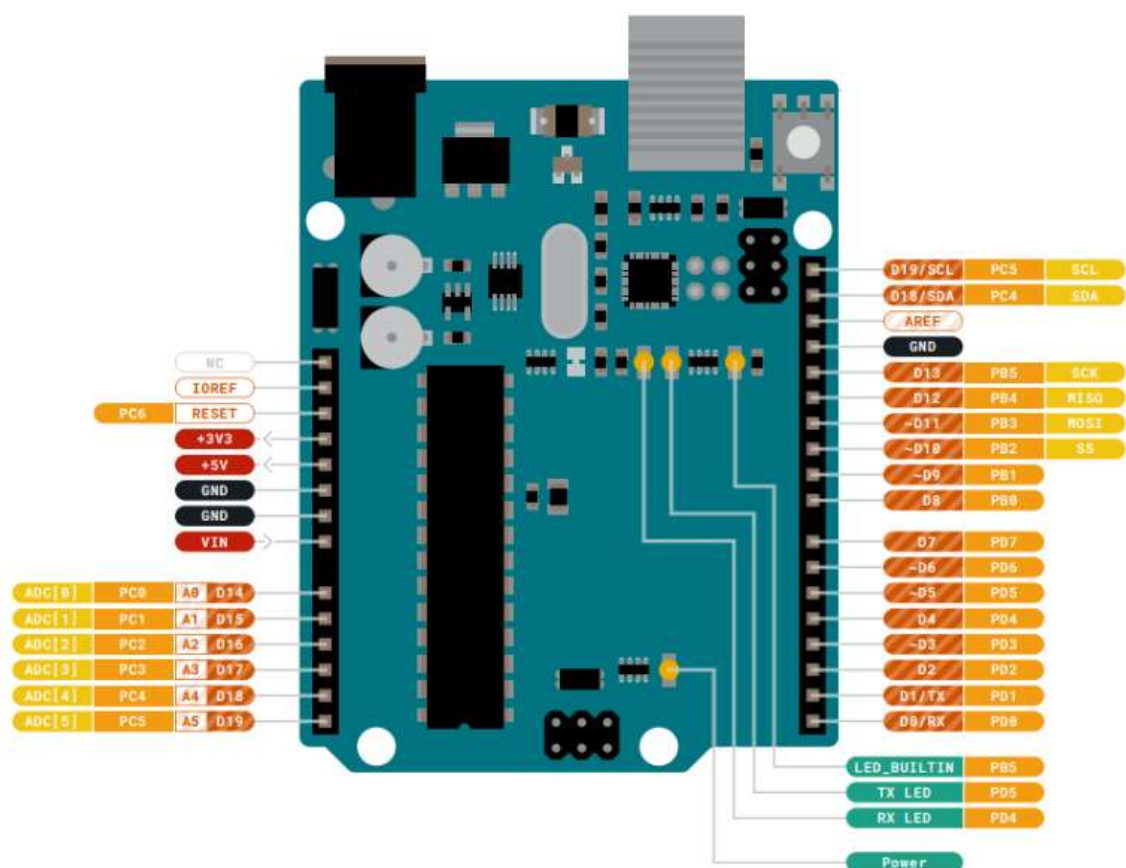


Figura 2 - Um exemplo de arduino uno R3. Extraído de <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>. Na data 4/9/2025

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

Figura 3 – Consumo de energia do arduino uno R3. Extraído de <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>. Na data 5/9/2025

Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

Figura 4 – Uma tabela sobre os componentes do arduino uno R3. Extraído de <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>. Na data 5/9/2025

3.7 Servo Motor

O servo motor é um motor eletromecânico muito utilizado em vários âmbitos da engenharia por causa do seu tamanho pequeno e leve além de girar 180° (90° graus para cada lado). Não existe um servo motor muito diferente um do outro, a seguir apresenta-se:

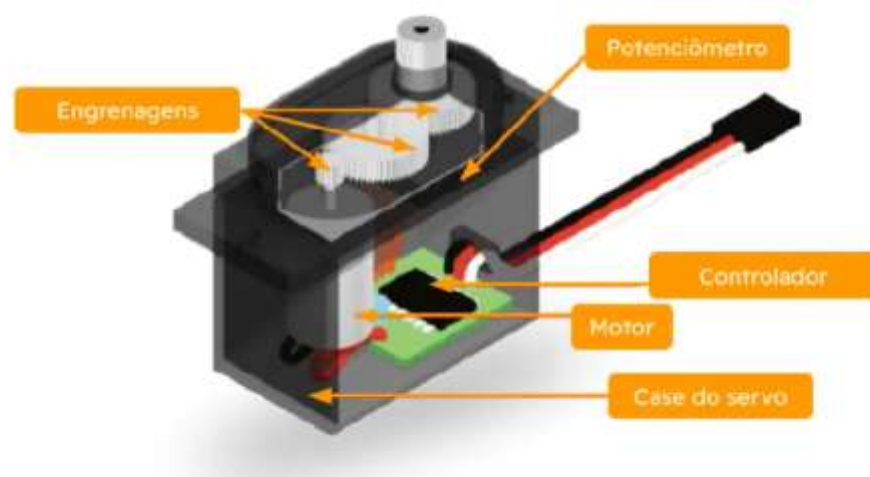


Figura 5 - Um exemplo de servo motor. Extraído de <https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-servo-motor/?srsltid=AfmBOoRQ6dRXFNEMc1PJ0t8suJWB1Sfyz7tu05C0v1MSPZ72uuZli6> Na data 5/9/2025.

- **peso suportado:** entre 1.2 e 1.6 Kg (suficiente para o seu pequeno tamanho)
- **Torque do motor em 4.8v:** 1.2 kg/cm
- **Tensão operacional:** 4 – 7.2v
- **Velocidade de rotação em 4.8 v:** 0.12s/60°
- **Ângulo de rotação:** 120°
- **Faixa de temperatura de operação:** -30°C e +60°C
- **Dimensões:** 22 × 11.5 × 27 mm
- **Peso:** 9 g ou 10.6 g incluindo cabo e conector
- **Compatível com Arduino:** Sim
- **conector universal:** compatível com a maioria dos receptores de rádio controle (Futaba, JR, GWS, Cirrus, Hitec,...)

Figura 6 – Quadro de características de um servo motor. Extraído de [Servo SG90: tudo o que você precisa saber sobre este pequeno motor elétrico](#) Na data 10/10/2025.

3.8 Módulo Bluetooth

É um componente eletrônico que permite a comunicação de dispositivos sem a utilização de cabos ajudando a criar fode de ouvido sem fio e a fazer computadores menores. Ele foi criado primordialmente para a utilização de empresas de telecomunicação, porém a sua praticidade e tamanho ajudou na sua popularização e distribuição por todo mundo sendo o principal e mais conhecido o hc-05 e hc-06. Segue imagem do módulo bluetooth.

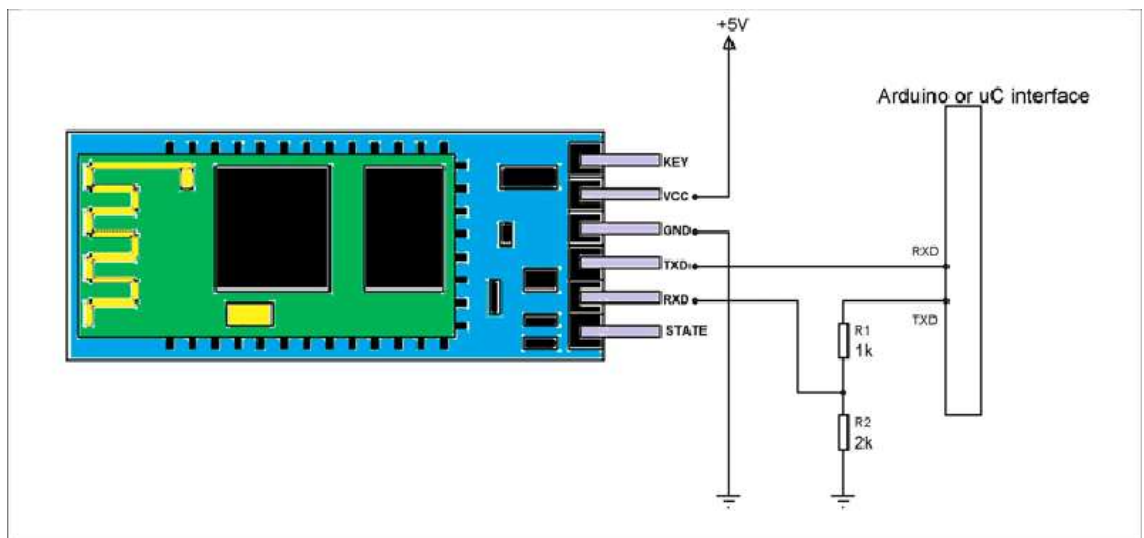


Figura 7 – Um exemplo de módulo bluetooth HC-06. Extraído de <https://www.rajguruelectronics.com/Product/707/HC-06%20core%20bluetooth%20module.pdf> Na data 5/9/2025.

- Bluetooth protocol: Bluetooth V2.0 protocol standard
- Power Level: Class2(+6dBm)
- Band: 2.40GHz—2.48GHz, ISM Band
- Receiver sensitivity: -85dBm
- USB protocol: USB v1.1/2.0
- Modulation mode: Gauss frequency Shift Keying
- Safety feature: Authentication and encryption
- Operating voltage range:+3.3V to +6V
- Operating temperature range: -20°C to +55°C
- Operating Current: 40mA

Figura 8 – Especificações do módulo bluetooth HC-06. Extraído de <https://www.raiguruelectronics.com/Product/707/HC-06%20core%20bluetooth%20module.pdf>
Na data 5/9/2025.

3.9 Módulo Sensor EMG

3.9.1 Sensor EMG

O sensor EMG é um dispositivo na qual é usado para detectar sinais musculares através do pulso elétrico. A eletromiografia (EMG) teve evento notável em 1771 quando a houve a descoberta de sinais elétricos providos da contração do músculo. E com o tempo, esse método foi sendo melhorado conforme o tempo passava ficando mais sensível e menores. Depois de 179 anos, os sensores começaram a ser comercializados e assim se espelhando pelo mundo afora.

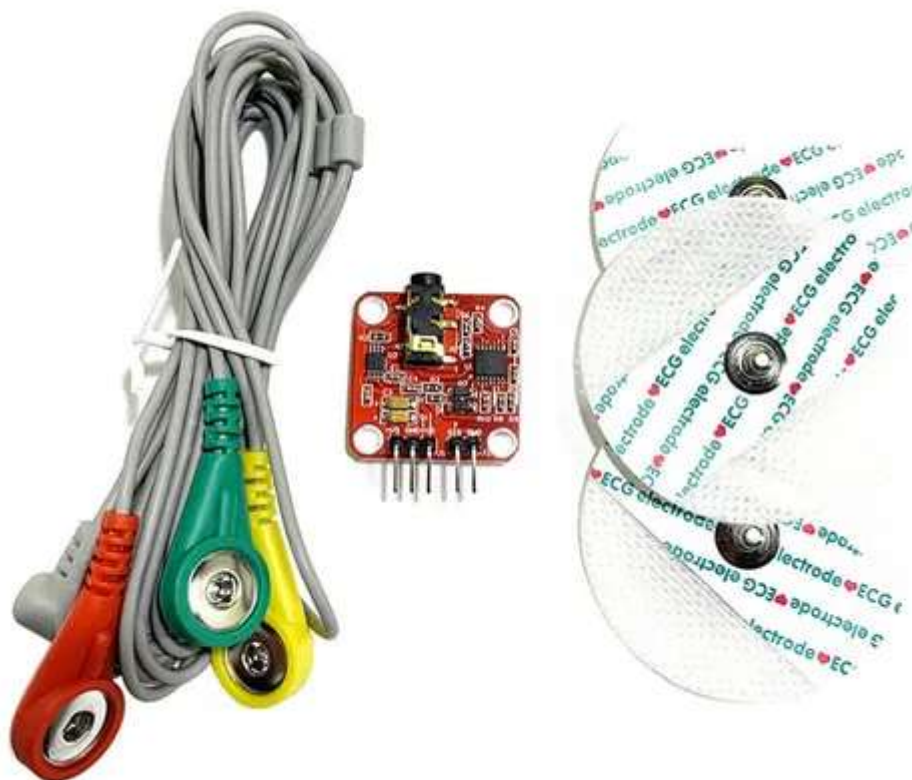


Figura 9 – Um exemplo de sensor eletromiográfico (EMG) usado inicialmente no projeto. Extraído de https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-5618082894-zg-sensor-de-sinal-muscular-o-controlador-do-sensor-emg-JM#is_advertising=true&position=1&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=f31b0d78-b131-4b66-9e67-cbc86548fcd1&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=1&ad_click_id=MWE0ZjEwNTUtNGZiZS00OTIyLTk3ZTEtY2IzMWRiMmWJiZWY1 Na data 11/9/2025.

3.9.2 Sensor EMG da Sichiray



Figura 10 – Um exemplo de sensor eletromiográfico (EMG) usado posteriormente no projeto. Extraído de

https://pt.aliexpress.com/item/4001135569490.html?spm=a2g0o.productlist.main.4.610d5ebak5JtaN&aem_p4p_detail=2025092605313317838151304928320001097990&algo_pvid=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a&algo_exp_id=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a-3&pdp_ext_f=%7B%22order%22%3A%2218%22%2C%22eval%22%3A%221%22%2C%22fromPage%22%3A%22search%22%7D&pdp_npi=6%40dis%21BRL%21199.57%21189.59%21%21%2134.66%2132.93%21%402101ef7017588898936812441e461a%2112000027655489857%21sea%21BR%214170643620%21X%211%210%21n_tag%3A-29919%3Bd%3A43aaf6aa%3Bm03_new_user%3A-29895&curPageLogUid=4CY8ofvTsqOS&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A%7Cx_object_id%3A4001135569490%7C_p_origin_prod%3A&search_p4p_id=2025092605313317838151304928320001097990_1#nav-specification Na data 29/9/2025.

3.10 Confeção da Prótese

Foi utilizado PLA de filamento com modelo sendo fatiado no slicer da prusa com modelo sendo efetivamente imprimido em uma ender 3 v2, esse modelo é proveniente de um projeto chamado imove.



Figura 11 – Foto da prótese de um dedo impressa na impressora 3D do grupo.
– Foto dos autores - 19/9/2025.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

4.1 Programação

4.1.1 Programação do Projeto

O programa do projeto foi confeccionado na linguagem C++ do arduino. A programação principal está no Apêndice.

4.1.2 Lógica

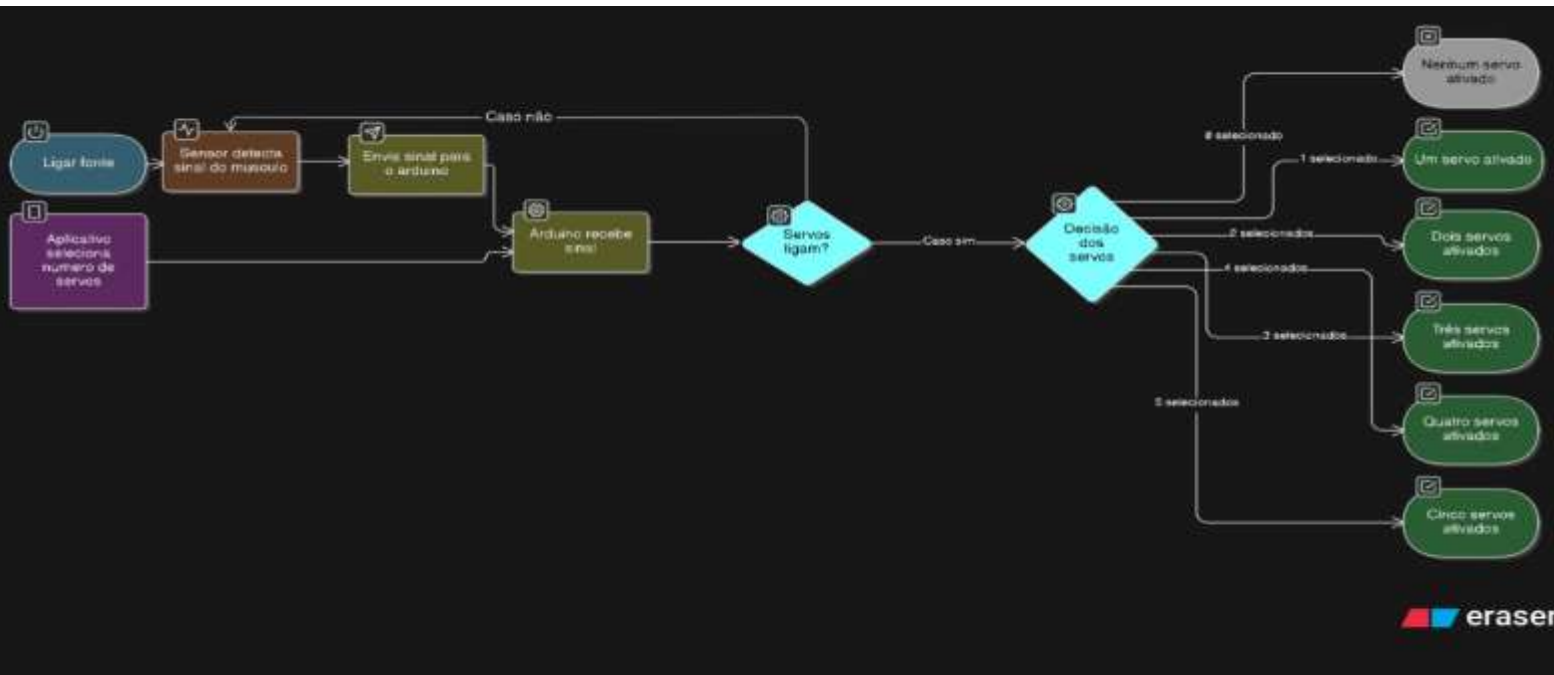


Figura 12 – Imagem do fluxograma do funcionamento da prótese. – <https://www.eraser.io/> - 24/10/2025.

4.1.3 Programação do Celular

Abaixo segue a figura dos diagramas de programação de comunicação do celular com o arduino para a escolha das rotinas de cada movimento da garra. Essa programação foi executada no software MIT APPINVENTOR.

inicialização do app

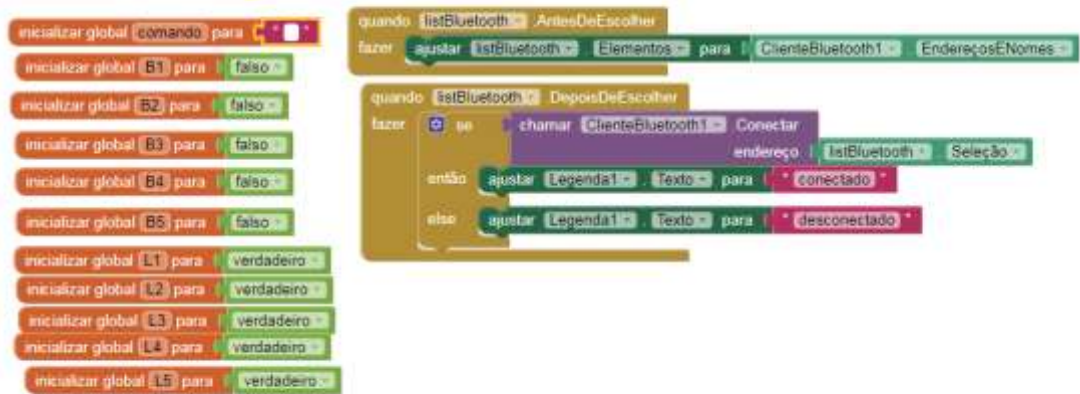
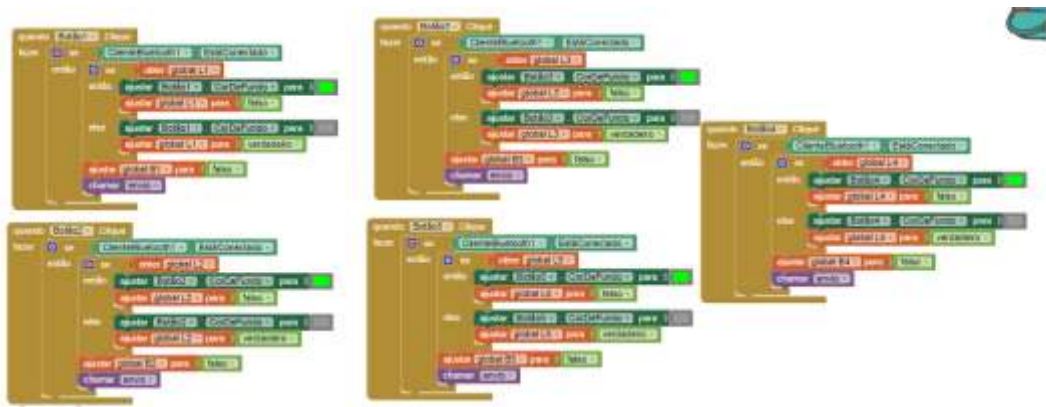
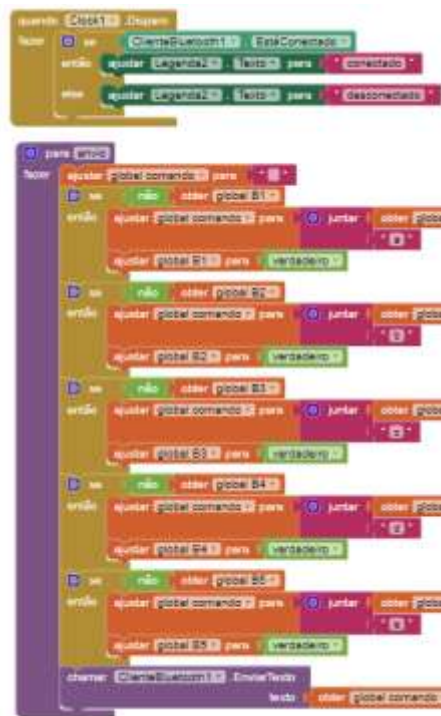


Figura 13 – Imagem do Diagrama de blocos usada no MIT APPINVENTOR para inicialização do aplicativo - 23/10/2025.



funcionamento de botoes

Figura 14 – Imagem do Diagrama de blocos usada no MIT APPINVENTOR para o funcionamento dos botões - 23/10/2025.



manda pro arduino

Figura 15 – Imagem do Diagrama de blocos usada no MIT APPINVENTOR para enviar dados para o ATMEGA do arduino. - 23/10/2025.

4.2 Esquemas Elétricos do Projeto

4.2.1 Esquema Elétrico do Sensor EMG Montado a partir de amplificadores operacionais (abortado devido à falta de tempo no desenvolvimento)

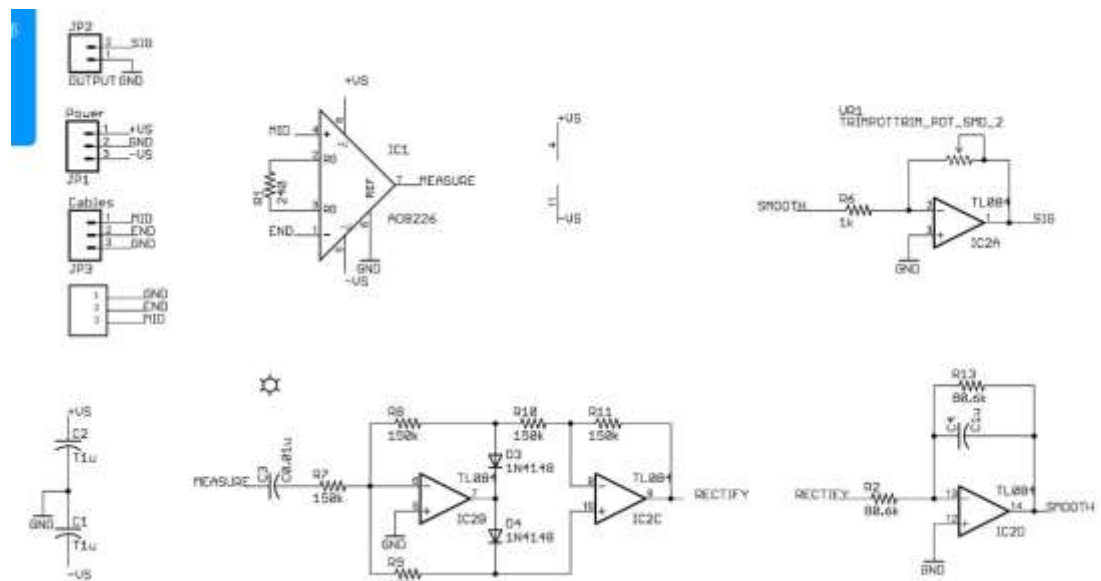


Figura 16 – Foto do esquema elétrico do sensor EMG. – Foto dos autores - 25/9/2025.

4.2.1.1 Esquema de ligação do sensor EMG da Sichiray.

Após uma série de tentativas falhas com o sensor anterior percebemos que há um problema estrutural no produto. Uma parte do tempo tentou-se construir um sensor a partir de amplificadores operacionais devido ao grande tempo gasto resolveu-se adquirir um sensor semelhante porém novo.

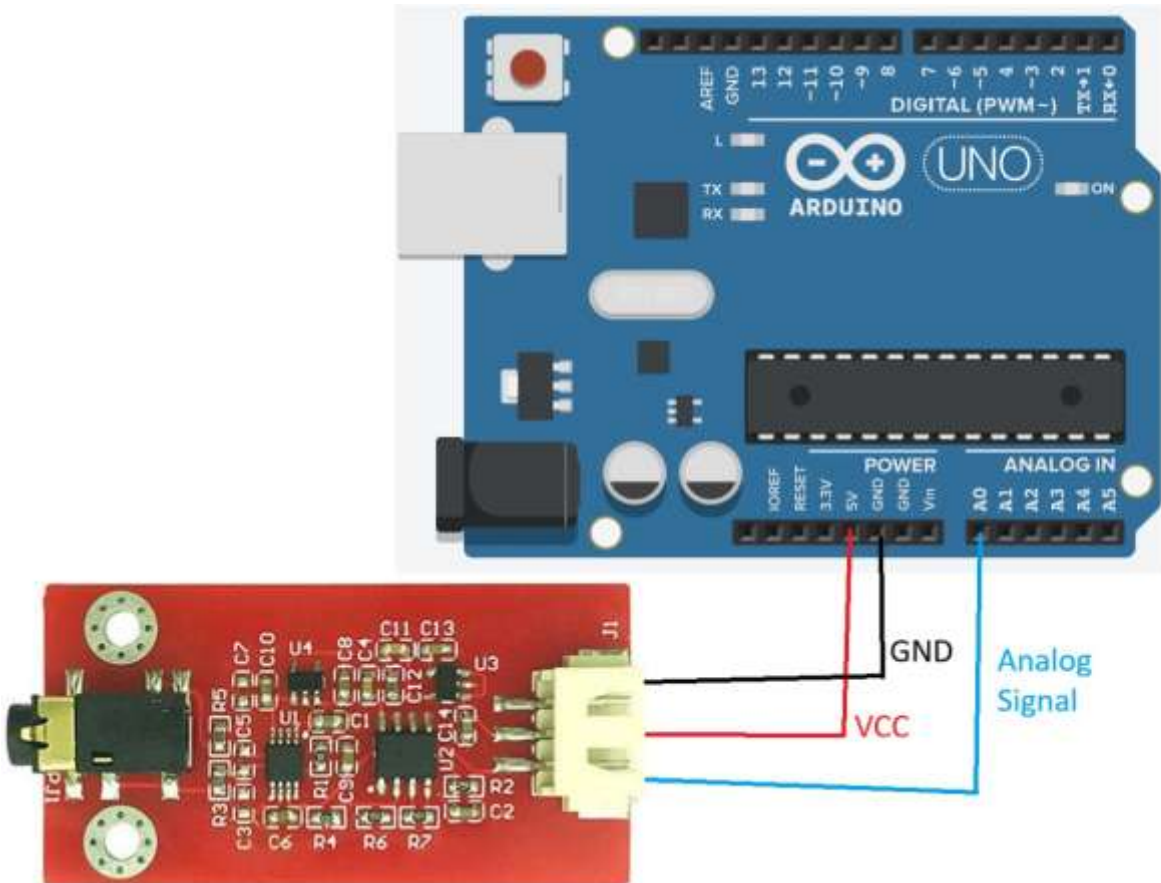




Figura 17 – Foto do esquema de ligação do sensor EMG da shichiray com o arduino. – Extraído de

https://pt.aliexpress.com/item/4001135569490.html?spm=a2g0o.productlist.main.4.610d5ebak5JtaN&aem_p4p_detail=2025092605313317838151304928320001097990&algo_pvid=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a&algo_exp_id=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a-3&pdp_ext_f=%7B%22order%22%3A%2218%22%2C%22eval%22%3A%221%22%2C%22fromPage%22%3A%22search%22%7D&pdp_npi=6%40dis%21BRL%21199.57%21189.59%21%21%2134.66%2132.93%21%402101ef7017588898936812441e461a%2112000027655489857%21sea%21BR%214170643620%21X%211%210%21n_tag%3A-29919%3Bd%3A43aaf6aa%3Bm03_new_user%3A-29895&curPageLogUId=4CY8ofvTsqOS&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A%7Cx_object_id%3A4001135569490%7C_p_origin_prod%3A&search_p4p_id=2025092605313317838151304928320001097990_1#nav-specification Na data de 09/10/2025.

Interface Definition



Number	Pin definition
1	Power input negative
2	Power input positive (3.3 – 5.5V)
3	Analog signal output (0 – 3.0V)
4	PJ-342 dry electrode interface





Dry electrode guide plate

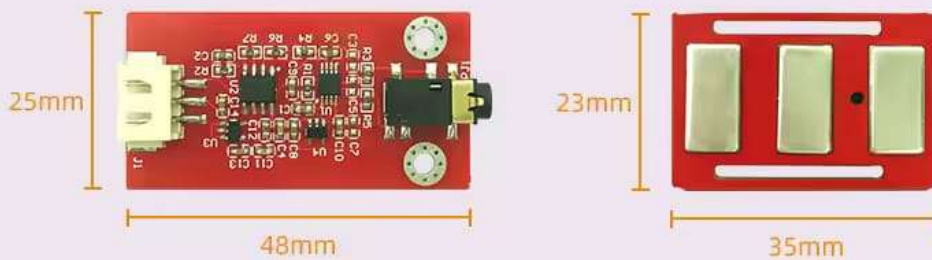
Number	Pin definition
1	Dry electrodes DRY+
2	Reference electrodes GND
3	Dry electrodes DRY-
4	PJ-342 dry electrode interface

Figura 18 –Elementos do sensor EMG da shichiray. – Extraído de

https://pt.aliexpress.com/item/4001135569490.html?spm=a2g0o.productlist.main.4.610d5ebak5JtaN&aem_p4p_detail=2025092605313317838151304928320001097990&algo_pvid=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a&algo_exp_id=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a-3&pdp_ext_f=%7B%22order%22%3A%2218%22%2C%22eval%22%3A%221%22%2C%22fromPage%22%3A%22search%22%7D&pdp_npi=6%40dis%21BRL%21199.57%21189.59%21%21%2134.66%2132.93%21%402101ef7017588898936812441e461a%2112000027655489857%21sea%21BR%214170643620%21X%211%210%21n_tag%3A-29919%3Bd%3A43aaf6aa%3Bm03_new_user%3A-29895&curPageLogUId=4CY8ofvTsqOS&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A%7Cx_object_id%3A4001135569490%7C_p_origin_prod%3A&search_p4p_id=2025092605313317838151304928320001097990_1#nav-specification Na data de 09/10/2025.

Product information

Product name	Dry electrode muscle sensor	Product name	Dry electrode guide plate
Picture		Picture	
Supply voltage	+3.3V ~ 5.5V	Electrode interface	PJ-342
Operating voltage	±3.0V	Length of line	50cm
Detection range	+/-1.5mV	Size	35×23mm
Electrode interface	PJ-342		
module interface	XH2.54-3P		
output range	0 ~ 3.0V		
Operating temperature	0 ~ 50°C		
Size	48×25mm		



Note: The power supply positive and negative poles must not be reversed, as this may cause damage to the module.

Figura 19 – Dados do sensor EMG da sichiray. – Extraído de

https://pt.aliexpress.com/item/4001135569490.html?spm=a2g0o.productlist.main.4.610d5ebak5JtaN&aem_p4p_detail=2025092605313317838151304928320001097990&algo_pvid=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a&algo_exp_id=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a-3&pdp_ext_f=%7B%22order%22%3A%2218%22%2C%22eval%22%3A%221%22%2C%22fromPage%22%3A%22search%22%7D&pdp_npi=6%40dis%21BRL%21199.57%21189.59%21%21%2134.66%2132.93%21%402101ef7017588898936812441e461a%2112000027655489857%21sea%21BR%214170643620%21X%211%210%21n_tag%3A-29919%3Bd%3A43aaf6aa%3Bm03_new_user%3A-29895&curPageLogUid=4CY8ofvTsqOS&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A%7Cx_object_id%3A4001135569490%7C_p_origin_prod%3A&search_p4p_id=2025092605313317838151304928320001097990_1#nav-specification Na data de 19/9/2025.

4.2.2 Esquema de Ligação dos Servos Motores com Arduino

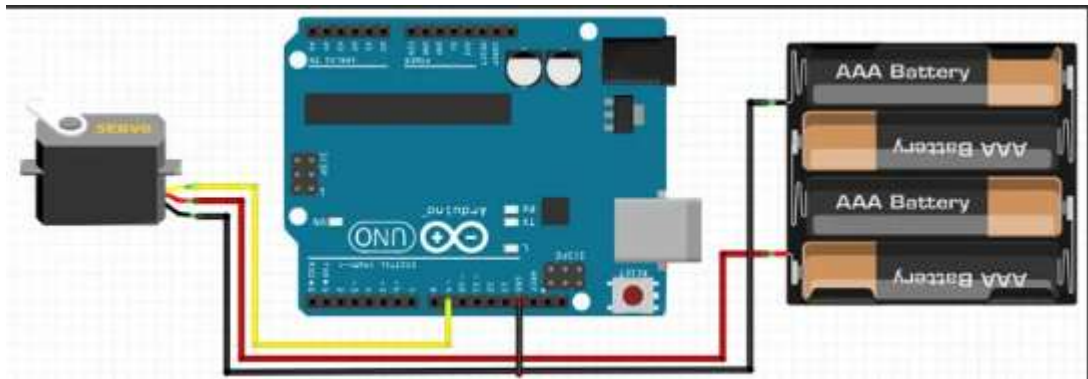


Figura 20 – Demonstração do esquema de ligação do servo motor com o arduino e a fonte de alimentação. – Extraído de [Controlando um servomotor com Arduino - Arduino Portugal](https://www.arduinoportugal.com/pt/controlando-um-servomotor-com-arduino/) Na data de 10/10/2025.

4.2.3 Esquema de Ligação do Sensor com o Arduino

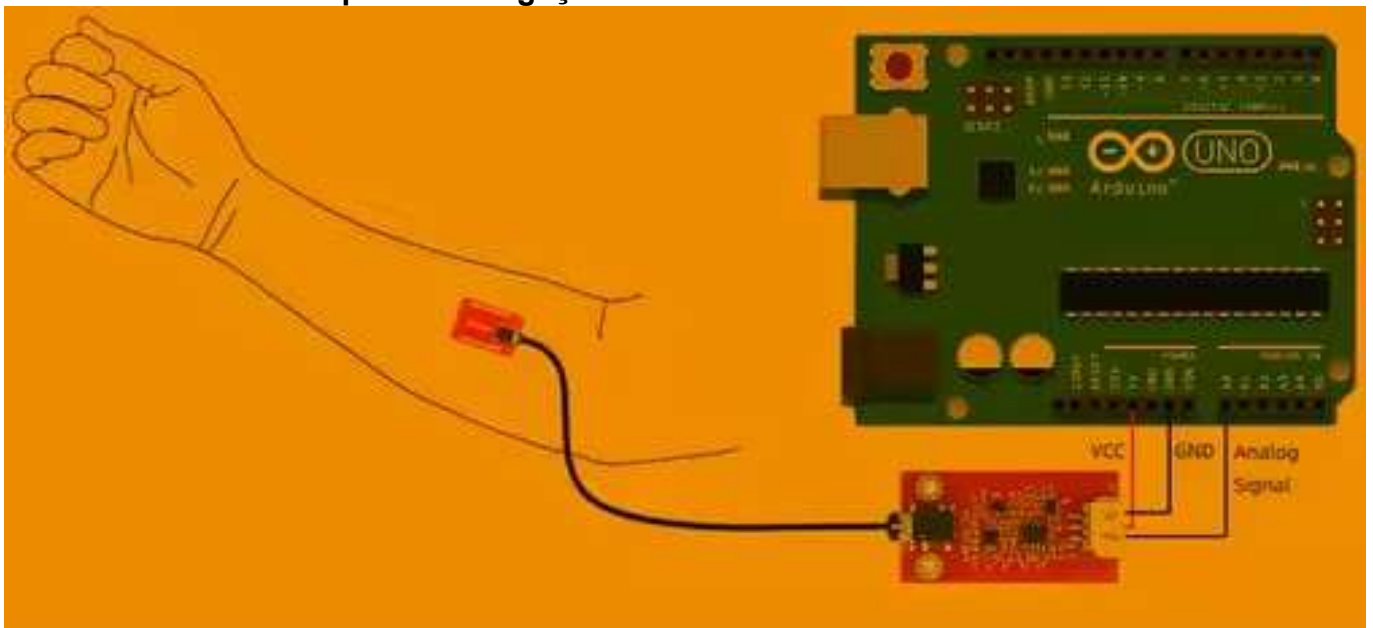


Figura 21 – Demonstração do esquema de ligação do sensor EMG da sichiray com o arduino. – Extraído de https://pt.aliexpress.com/item/4001135569490.html?spm=a2g0o.productlist.main.4.610d5ebak5JtaN&aem_p4p_detail=2025092605313317838151304928320001097990&algo_pvid=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a&algo_exp_id=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a-3&pdp_ext_f=%7B%22order%22%3A%2218%22%2C%22eval%22%3A%221%22%2C%22fromPage%22%3A%22search%22%7D&pdp_npi=6%40dis%21BRL%21199.57%21189.59%21%21%2134.66%2132.93%21%402101ef7017588898936812441e461a%2112000027655489857%21sea%21BR%214170643620%21X%211%210%21n_tag%3A-29919%3Bd%3A43aaf6aa%3Bm03_new_user%3A-29895&curPageLogUid=4CY8ofvTsqOS&utparam-

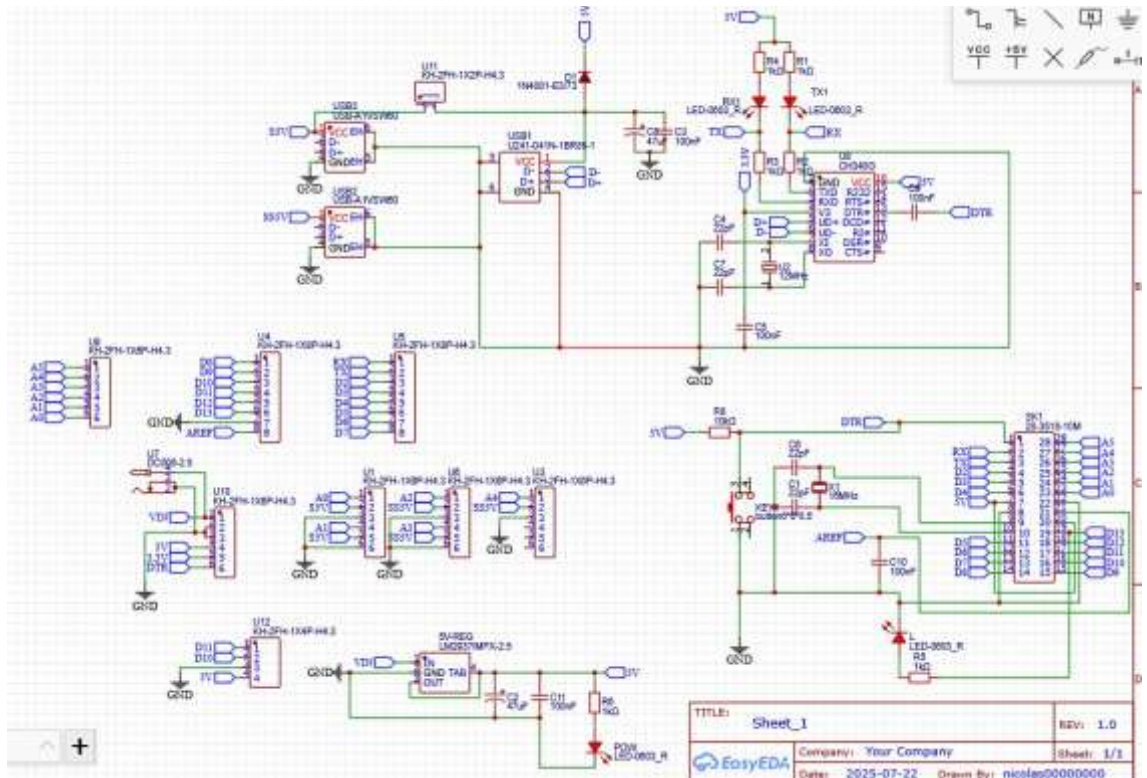


Figura 23 – Imagem do esquema da PCB. – Dos Autores - 12/10/2025

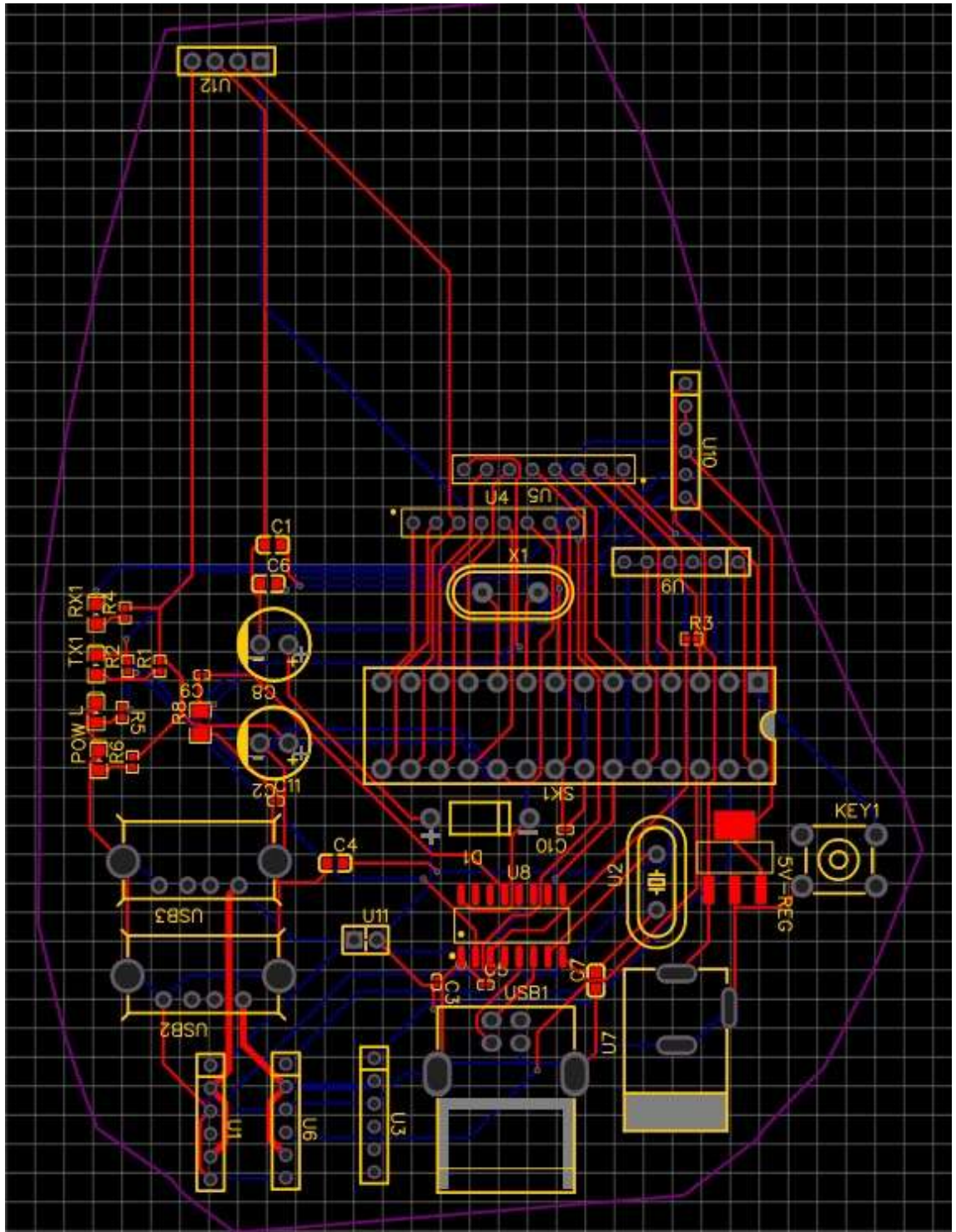


Figura 24 – Imagem do esquema da PCB. – Dos Autores - 12/10/2025

4.3 Simulação do Projeto

Simulação parcial da programação encontra-se no anexo.

Abaixo vai o teste feito no simulador Wokwi:

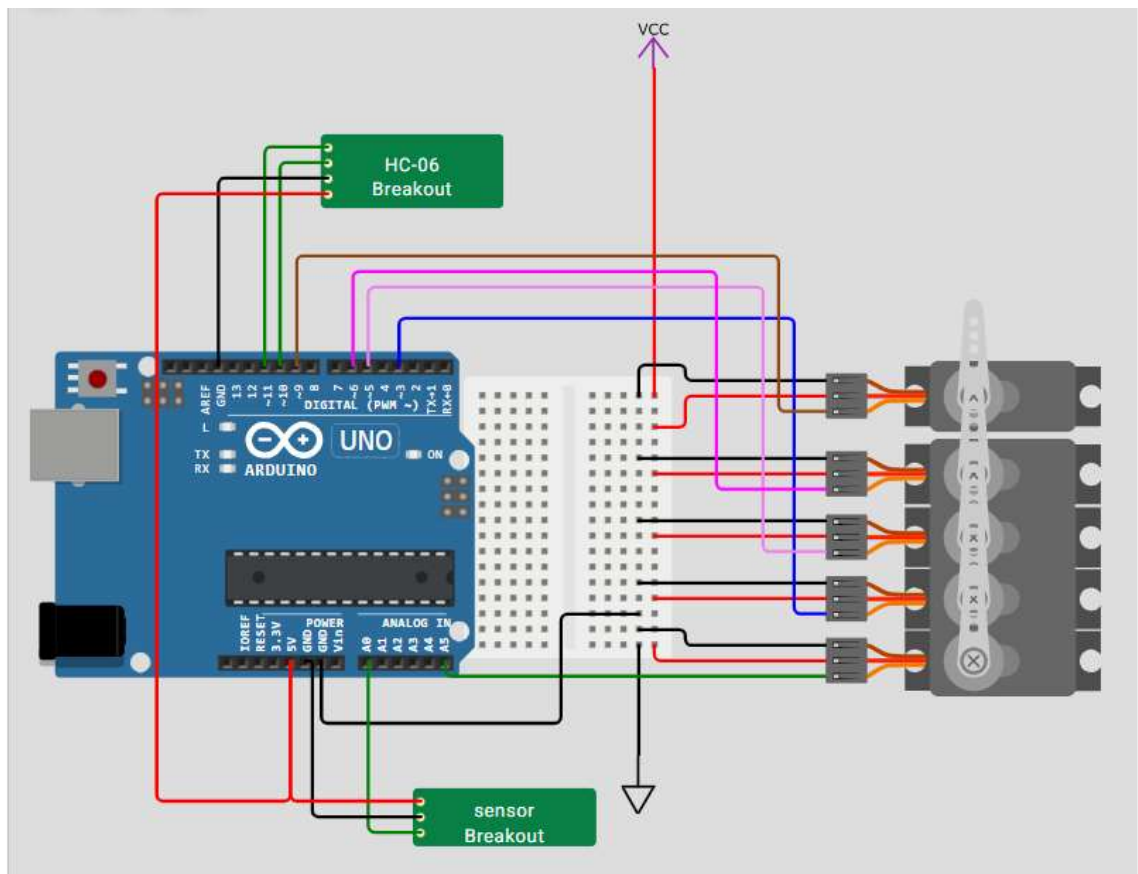


Figura 25 – Imagem da simulação dos servos motores no software Wokwi. – Dos Autores - 12/10/2025.

4.4 Desenho 3D da Garra

O desenho do protótipo 3D da garra foi executado no software Autodesk Inventor Professional 2026. Esses esquemas foram utilizados na impressora 3D.

4.5 Funcionamento do Projeto

O projeto consiste no seguinte: O arduino lê os sinais provenientes do site do celular e aciona os servos motores que posicionam os dedos de acordo com o sinais enviados pelos sensores e da rotina escolhida pelo celular.

4.6 Tabela de Preço

Coluna1	Coluna2	Coluna3	Coluna4
1	Arduino UNO	1	R\$ -
2	Sensor MEGA	3	R\$ 270
3	Componentes Diversos	63	R\$ 9,80
4	Servo	5	R\$ 12
5	C.I AD620AN	1	R\$ 2,21
6	C.I TL084CN	1	R\$ 2,21
7	IMPRESSORA 3D	1	R\$ 870
8	FILAMENTO	1	R\$ 90
9	PCB	5	R\$ 100
10	Prego e Porcas	50	R\$ 27
11	Componentes da PCB	350	R\$ 80
TOTAL		481	R\$ 1.463

Figura 26 – Foto da tabela de preço. – Foto dos autores - 29/9/2025.

4.7 Resultados dos Testes Realizados

De começo teve a compra de um sensor errado pois ele era para medir os batimentos cardíacos. Depois houve a compra de um novo sensor, dessa vez certo e ao iniciar os testes com o 1º sensor, ele explodiu. Após a tentativa falha, tentou trocar o capacitor para tentar colocá-lo em ação novamente, porém não voltou a funcionar. Posteriormente ficou-se sabendo que isto já havia ocorrido com outros grupos por má-qualidade dos produtos da empresa. Em seguida pesquisou-se sobre os esquemas elétricos da montagem desse tipo de sensor. Verificou-se que havia muitos pontos a corrigir nos esquemas. Teve a tentativa de se criar o sensor do zero, mas não funcionou, então por último compramos um novo sensor mais caro e melhor.

Esperava-se um sensor que capta os sinais elétricos do músculo no antebraço mandando sinais para o arduino. Ele manda comandos para os servos que acionam os dedos da mão (prótese). Com esses comandos, os servos são instruídos a “abrir ou fechar”. Isso é feito de servo para servo dos cinco totais que são usados na prótese. Com isso forma-se os gestos que serão selecionados e utilizados por meio de um aplicativo para celular.

Porém algumas dessas partes não puderam ser finalizadas por falta de tempo devido a atraso de entrega de peças, má qualidade de produtos e peças além da tentativa abortada de se criar um sensor EMG autoral. O restante apresenta-se pronto necessitando apenas da montagem entre elas.



Figura 27 – Foto da tentativa de trocar o capacitor queimado do sensor EMG. – Foto dos autores - 29/9/2025.

5. CONCLUSÃO

O projeto de desenvolvimento da prótese auxiliar da mão humana encontrou grandes desafios que impediram sua conclusão no máximo potencial. A maior adversidade está no módulo sensor EMG, essencial para a captação de sinais musculares. O processo começou com a compra de um sensor incorreto (para batimentos cardíacos) e, após a aquisição do modelo correto, o componente queimou durante os testes, indicando má-qualidade do produto. Essa falha forçou a equipe a dedicar tempo a tentativas de reparo e à criação de um sensor autoral, ambas sem sucesso. A solução final foi a compra de um sensor mais caro e de melhor qualidade, mas que foi adquirida em um momento tardio do cronograma.

O sistema de funcionamento esperado era que o sensor EMG captasse os sinais musculares do antebraço e os envia ao Arduino uno, que, em conjunto com comandos selecionadas pelo aplicativo no celular, aciona os cinco servos motores para realizar os gestos. Embora o restante da estrutura da prótese, os servos motores, o Arduino e o módulo Bluetooth estivessem prontos, a sequência de falhas nos sensores e as tentativas de solução limitaram o tempo disponível, impedindo a integração e a calibração final.

Em suma, o projeto foi impedido por conta das grandes quantidades de fatores tanto logísticos (como atraso na entrega de peças) quanto técnicos (como a má-qualidade de produtos e o tempo gasto na tentativa autoral). O projeto se encontra parcialmente pronto, necessitando apenas da montagem final. Para a finalização plena, a equipe necessita de mais tempo e mais cuidado na escolha de peças para projeto.

6.REFERÊNCIAS

<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2021/02/polegares-opositores-se-tornaram-mais-habilidosos-ha-2-milhoes-de-anos.html>

<https://www.joaonakamoto.com.br/single-post/2018/07/23/fatos-interessantes-sobre-o-polegar>

<https://historiablog.org/2014/03/27/a-evolucao-das-proteses/>

Justificativa: Copilot

https://magazine-medlineplus-gov.translate.google.com/article/prosthetics-through-the-ages?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc

<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>

<https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-servo-motor/?srsltid=AfmBOooRQ6dRXFNERMc1PJOT8suJWB1Sfyz7tu05C0v1MSPZ72uuZli6>

<https://www.tmsi.artinis.com/blog/what-is-emg#:~:text=Qual%20%C3%A9%20a%20hist%C3%B3ria%20da,tecido%20muscular%20animal%20produz%20contra%20%C3%A7%C3%A3o.&text=Seis%20d%C3%A9cad%20depois%20de%20Emil%20du,durante%20uma%20contra%20%C3%A7%C3%A3o%20muscular%20volunt%C3%A1ria.&text=A%20primeira%20grava%C3%A7%C3%A3o%20foi%20feita%20por%20Marey%20em%201890.&text=Os%20sistemas%20EMG%20dispon%C3%ADveis%20comercialmente,digitais%20foram%20introduzidos%20em%201973.&text=Desde%201993%20componentes%20de%20software,e%20documentar%20dados%20de%20EMG%20.>

https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-5618082894-zg-sensor-de-sinal-muscular-o-controlador-do-sensor-emg-_JM#is_advertising=true&position=1&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=f31b0d78-b131-4b66-9e67-cbc86548fcd1&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=1&ad_click_id=MWE0ZjEwNTU0tNGZiZS00OTIyLTk3ZTEtY2IzMWRiMwJiZWY1

https://pt.aliexpress.com/item/4001135569490.html?spm=a2g0o.productlist.main.4.610d5ebak5JtaN&aem_p4p_detail=2025092605313317838151304928320001097990&algo_pvid=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a&algo_exp_id=c0b07a84-d1b1-43ad-8047-1680f21b638a-3&pdp_ext_f=%7B%22order%22%3A%2218%22%2C%22eval%22%3A%221%22%2C%22fromPage%22%3A%22search%22%7D&pdp_npi=6%40dis%21BRL%21199.57%21189.59%21%21%2134.66%2132.93%21%402101ef7017588898936812441e461a%2112000027655489857

[%21sea%21BR%214170643620%21X%211%210%21n_tag%3A-29919%3Bd%3A43aaf6aa%3Bm03_new_user%3A-29895&curPageLogUid=4CY8ofvTsqOS&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A%7Cx_object_id%3A4001135569490%7C_p_origin_prod%3A&search_p4p_id=2025092605313317838151304928320001097990_1#nav-specification](#)

[Servo SG90: tudo o que você precisa saber sobre este pequeno motor elétrico](#)

<https://www.eraser.io/>

APÊNDICES



Figura 28 – Foto do sensor ECG confundido com um sensor EMG. – Foto dos autores - 11/8/2025.



Figura 29 – Foto De alguns dos componentes do projeto. – Foto dos autores - 11/8/2025.



Figura 30 – Foto da Impressora 3D. – Foto dos autores - 16/9/2025.

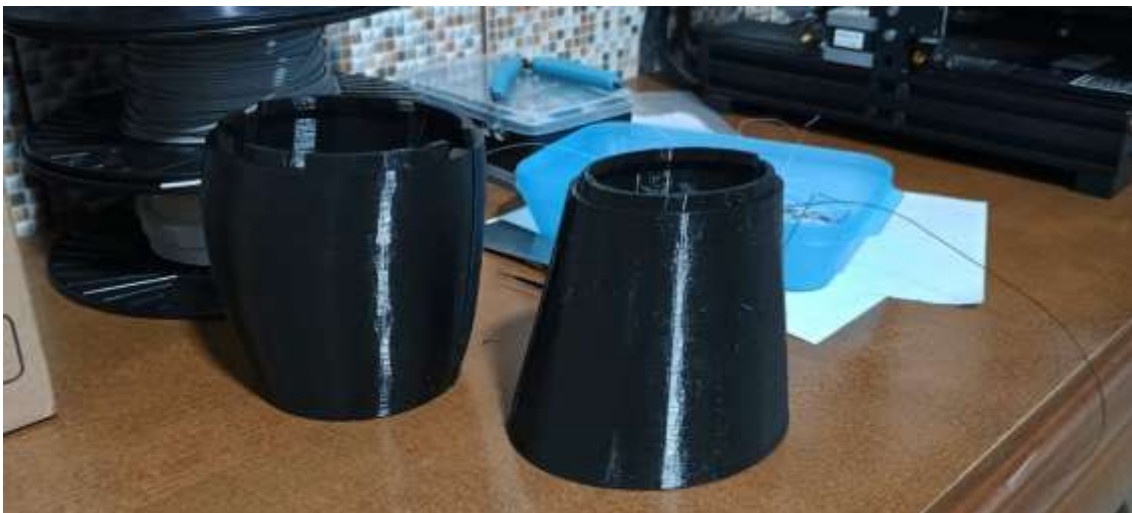


Figura 31 – Foto da Impressão de parte do braço. – Foto dos autores - 17/9/2025.



Figura 32 – Foto do sensor EMG da Shichiray em teste. – Foto dos autores - 17/9/2025.



Figura 33 – Foto Das porcas e parafusos. – Foto dos autores - 31/10/2025.



Figura 33 – Foto Da forma da mão da prótese. – Foto dos autores - 01/11/2025.



Figura 34 – Foto das PCBs – Foto dos autores - 19/11/2025.



Figura 35 – Foto dos autores finalizando o TCC às 11:11 da manhã sem a presença do Jorge Rosado de Alencar por alegação de conjuntivite – Foto dos autores - 21/11/2025.



Figura 36 – Foto dos autores começando a fazer os slides da apresentação –
Foto dos autores - 24/11/2025.

Programação do arduino para o servo com bluetooth

```
#include <Servo.h>
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial Bluetooth(10, 11);
```

```
Servo servo1, servo2, servo3, servo4, servo5;
```

```
String comando = "f";
```

```
bool ligado1 = false, ligado2 = false, ligado3 = false, ligado4 = false, ligado5 =  
false;
```

```
int TA = 0;  
int IN = 50;  
int TG = 0;  
int vMa = 0;  
int vMi = 1023;  
int lei;
```

```
void setup() {  
  servo1.attach(9);  
  servo2.attach(6);  
  servo3.attach(5);  
  servo4.attach(3);  
  servo5.attach(A5);
```

```
  Bluetooth.begin(9600);  
  Serial.begin(115200);
```

```
  TG = millis();
```

```
  ativarTodos(false);  
}
```

```
void ativarTodos(bool estado) {  
  ligado1 = ligado2 = ligado3 = ligado4 = ligado5 = estado;  
  servo1.write(estado ? 90 : 0);  
  servo2.write(estado ? 90 : 0);  
  servo3.write(estado ? 90 : 0);  
  servo4.write(estado ? 90 : 0);  
  servo5.write(estado ? 90 : 0);  
}
```

```
void dedos() {  
  if (comando.indexOf('a') >= 0) {  
    ligado1 = !ligado1;
```

```
servo1.write(ligado1 ? 90 : 0);
}
if (comando.indexOf('b') >= 0) {
    ligado2 = !ligado2;
    servo2.write(ligado2 ? 90 : 0);
}
if (comando.indexOf('c') >= 0) {
    ligado3 = !ligado3;
    servo3.write(ligado3 ? 90 : 0);
}
if (comando.indexOf('d') >= 0) {
    ligado4 = !ligado4;
    servo4.write(ligado4 ? 90 : 0);
}
if (comando.indexOf('e') >= 0) {
    ligado5 = !ligado5;
    servo5.write(ligado5 ? 90 : 0);
}
comando = "f";
}
```

```
void loop() {
    lei = analogRead(A0);
    Serial.println(lei);
    if (lei > vMa) vMa = lei;
    if (lei < vMi) vMi = lei;

    TG = millis();

    if (TG - TA >= IN) {
        TA = TG;
        int amplitude = vMa - vMi;

        if (amplitude > 600) {
            ativarTodos(true);
        } else {
            ativarTodos(false);
        }
    }
}
```

```
}
```

```
vMa = 0;
```

```
vMi = 1023;
```

```
}
```

```
if (Bluetooth.available()) {
```

```
comando = Bluetooth.readStringUntil('\n');
```

```
Serial.println(comando);
```

```
dedos();
```

```
}
```

```
}
```