MÃO BIÔNICA CONTROLADA POR COMANDO DE VOZ UTILIZADA COMO OBJETO GERADOR DE CONHECIMENTO NAS AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

ALAN KEVERSON DOS ANJOS CARREIRO

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Tocantins no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora

Profa. Dra. Liliana Yolanda Ancalla Davila

Araguaína, TO

2021

Manual: Mão biônica

Lista de ilustração

Figura 1 - Mão biônica e seus componentes. 7
Figura 2 - Arduino UNO. 8
Figura 3 - Página inicial do Arduino. 10
Figura 4 - Página para escolha do sistema operacional. 11
Figura 5 - Página para download. 11
Figura 6 - Ambiente de Desenvolvimento do Arduino. 12
Figura 7 - Módulo de reconhecimento de voz V3. 13
Figura 8 - Placa protoboard. 14
Figura 9 - Prótese da mão biônica do grupo InMoov. 15
Figura 10 - Peças necessárias para a construção da carcaça da mão. 18
Figura 11 - Dedos e palma da mão. 19
Figura 12 - Montagem do pulso, peças 1, 2 e 3. 19
Figura 13 - Peça 2 entre as peças 1 e 3. 20
Figura 14 – Pulso. 20
Figura 15 - Mão, pulso (peça 4) e peça 5. 21
Figura 16 - Mão e pulso. 21
Figura 17 - Servo motor, peças 6, 7 e 8. 22
Figura 18 - Complemento do pulso. 22
Figura 19 - Pulso e complemento do pulso. 23
Figura 20 - Mão e pulso completos. 23
Figura 21 - Colocando as linhas de nylon. 24
Figura 22 - Linhas de nylon entre os dedos e palma da mão. 24
Figura 23 - Linhas de nylon entre os dedos, a palma da mão e o pulso. 25
Figura 24 - Mão, pulso e antebraço. 25
Figura 25 - Peças 9, 10 e 11. 26
Figura 26 - Peças 9, 10 e 11 encaixadas no antebraço. 26
Figura 27 - Servos motores adicionados ao antebraço: 27
Figura 28 - Linhas de nylon conectadas aos servos-motores. 27
Figura 29 - Prótese da mão biônica completa. 28
Figura 30 - Módulo de voz V3, microfone, protoboard, Arduino e Jumpers. 28
Figura 31 - Conexão dos cabos jumpers aos servos motores. 29
Figura 32 - Conectando os cabos jumpers na placa protoboard. 30
Figura 33 - Conexão dos cabos jumpers na placa Arduino e na protoboard. 30
Figura 34 - Conexão dos cabos de saída e entrada. 31
Figura 35 - Diagrama do circuito com servos. 32
Figura 36 - Acoplamento do módulo de reconhecimento de voz V3 ao Arduino. 33
Figura 37 - Placa Arduino conectada aos servos motores e ao módulo de voz V3. 33
Figura 38 - Prótese da mão biônica controlada por comando de voz. 34
Figura 39 - Página inicial do IDE do Arduino. 34
Figura 40 - Incluindo a biblioteca VoiceRecognitionV3. 35
Figura 41 - Código para movimentar a mão biônica, parte 1. 35
Figura 42 - Código para movimentar a mão biônica, parte 2. 36
Figura 43 - Código para movimentar a mão biônica, parte 3. 36
Figura 44 - Código para movimentar a mão biônica, parte 4. 37
Figura 45 - Código para movimentar a mão biônica, parte 5. 37
Figura 46 - Código para movimentar a mão biônica, parte 6. 38
Figura 47 - Código para movimentar a mão biônica, parte 7. 38

Figura 48 - Código para movimentar a mão biônica, parte 8. 39
Figura 49 - Código para movimentar a mão biônica, parte 9. 39
Figura 50 - Código para movimentar a mão biônica, parte 10. 40
Figura 51 - Mão aberta. 41
Figura 52 - Mão fechada..... 41
Figura 53 - Mão com um giro de 180°..... 42
Figura 54 - Circuito completo. 42
Figura 55 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 1. 46
Figura 56 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 2. 46
Figura 57 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 3. 47
Figura 58 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 4. 47
Figura 59 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 5. 48
Figura 60 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 6. 48
Figura 61 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 7. 49
Figura 62 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 8. 49
Figura 63 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 9. 50
Figura 64 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 10. 50
Figura 65 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 11. 51

Sumário

APÊNDICE C - PRODUTO EDUCACIONAL ..... Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO 6

2 CONHECENDO O HARDWARE DO ARDUINO UNO, O SOFTWARE, O MÓDULO DE RECONHECIMENTO DE VOZ V3, A PLACA PROTOBOARD E A PRÓTESE DA MÃO BIÔNICA 8

2.1 A placa Arduino UNO 8

2.2 Instalação do Ambiente de Desenvolvimento do Arduino (IDE) 10

2.3 Acessórios para Arduino: Módulo de reconhecimento de voz V3 12

2.4 Placas Protoboard 13

3 MONTAGEM DO PRODUTO EDUCACIONAL 16

3.1 Materiais, montagem da prótese da mão biônica e seu funcionamento 18

3.2 Acoplando o Arduino, a placa protoboard e o módulo de reconhecimento de voz V3 na prótese da mão biônica 28

3.3 Funcionamento da prótese da mão biônica controlada por comando de voz 34

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 43

REFERÊNCIAS 44

APÊNDICES A 45

APÊNDICE B 52

1 INTRODUÇÃO

Este projeto teve como objetivo o aperfeiçoamento de uma prótese de mão biônica, isto é, acrescentamos nela alguns componentes para que essa realizasse gestos por meio do comandos de voz. O objetivo desses movimentos foi facilitar a comunicação entre as pessoas com deficiência auditiva com as demais. Mas também, objetivou-se usar a prótese como objeto gerador de conhecimento nas aula de Física, em que a usamos para apresentarmos os conceitos básicos da Física Eletrodinâmica.

A prótese da mão biônica controlada por voz é basicamente formada por uma carcaça de plástico, que compõe os dedos, palma, pulso e antebraço, uma placa Arduino, responsável por receber e enviar informações para os sistemas presentes na mão, uma placa protoboard, que realiza as conexões entre todos os componentes a prótese, servos motores, responsáveis por darem movimentos aos dedos e ao pulso, e um módulo de reconhecimento de voz, sua principal característica é a conversão de ondas sonoras em elétricas, elétricas em digitais e vice-versa, logo, ao falarmos próximo à mão, ela irá gerar movimentos. Os movimentos realizados por ela ainda são, a saber, abrir a mão, fechar a mão e girar o pulso, os códigos para a execução dessas funções estão disponíveis no capítulo 3. E para a comunicação com os surdos, conseguimos reproduzir algumas letras do alfabeto em libras, tais como as letras A, B, D, I, L e U. Os códigos para a realização desses movimentos estão disponíveis no apêndice A.

No capítulo 2 deste manual foram apresentados os componentes necessários para o aperfeiçoamento da mão biônica controlada por comando de voz. Dessa maneira, descrevemos os acessórios e mostramos o funcionamento de cada um. Os objetos utilizados foram uma placa Arduino UNO, uma protoboard, um módulo de reconhecimento de voz, seis servos motores, fios jumpers e uma carcaça de plástico da prótese de mão.

No capítulo 3, mostramos a construção da prótese da mão biônica. Inicialmente apresentamos os materiais utilizados, na qual foi feito uma pequena descrição deles e mostrado o valor para adquiri-los. Na sequência é ensinado, passo a passo, como a prótese da mão biônica é montada, mas também mostramos como a placa Arduino, os servos motores, os cabos jumpers, a placa protoboard e o módulo de

reconhecimento de voz V3 são acoplados à mão biônica. E por fim, apresentamos como abrir o ambiente de desenvolvimento do Arduino e anexar nele os códigos que geram os movimentos de abrir, fechar e girar o pulso do protótipo da prótese. Na Fig. 1 mostramos uma foto do trabalho produzido.

Figura 1 - Mão biônica e seus componentes.

Fonte: Elaboração do autor.

2 CONHECENDO O HARDWARE DO ARDUINO UNO, O SOFTWARE, O MÓDULO DE RECONHECIMENTO DE VOZ V3, A PLACA PROTOBOARD E A PRÓTESE DA MÃO BIÔNICA

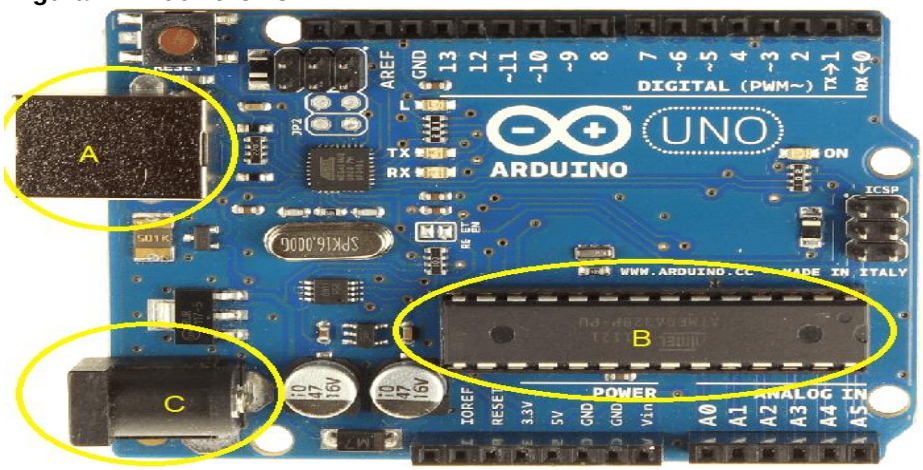
Nessa seção são apresentados, com bastantes detalhes, os componentes que foram utilizados na criação e no funcionamento da prótese da mão biônica.

2.1 A placa Arduino UNO

Nesta seção é apresentada a placa Arduino UNO, pois esse protótipo foi utilizado como um dos principais acessórios na elaboração da mão biônica. Existe outros tipos de moldes, a saber: Arduino Duemilanove, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Lilypad, Freerduino, entre outros. Assim, a diversidade na construção e elaboração desses modelos é devido aos criadores terem tornado o hardware e software fontes abertas, isto é, permitindo que qualquer pessoa com um pouco de conhecimento em eletrônica, crie seu próprio sistema de controle. Segundo McRobert (2011 p. 23), “Dessa forma, há muitas placas-clone e outras placas com base no Arduino disponíveis para compra, ou que podem ser criadas a partir de um diagrama. De fato, nada impede que você compre os componentes apropriados e crie seu próprio Arduino em uma matriz de pontos ou em sua PCB [..]”.

A etimologia UNO vem do italiano que significa “um”, ele foi utilizado para representar a versão 1.0 do Arduino. A placa é composta por três blocos, a saber: processador USB (A) (Universal Serial Bus/ Porta Universal), processador principal (B) e alimentação (C). Veja Fig. 2

Figura 2 - Arduino UNO.



Fonte: https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um<<acessado 26 de março de 2020>>.

No processador USB, temos a troca de informações/dados do Arduino com o computador por meio da porta universal (Conector USB), segundo Gustavo Ambrozini Furlan (2019, p. 8*), "*o processador principal do Arduino (ATmega328) não suporta conexão direta com uma porta USB. Dessa forma, o processador USB converte os dados da USB do PC para um sinal serial". É por meio desse processador que há comunicação PC/Arduino transformando sinal digital em sinal elétrico, sua outra função é alimentar o molde, e seus componentes internos.

O processador do Arduino UNO é o chip Atmega328, porém, há outros protótipos que possuem diferentes tipos de processadores, assim, a diferença que podemos observar entre eles está na quantidade de memória, no tamanho da placa e na quantidade de pinos embutidos nos moldes. FURLAN (2019, p. 20) diz que *"*O ATmega328 é o 'cérebro' do Arduino UNO e, resumidamente, podemos dizer que ele tem três funções: Recebe, envia e interpreta os sinais da serial que vêm do processador USB ATmega16U2". Por conseguinte, é por meio desses fatores que a placa faz a leitura e o processamento do software permitindo a interação com os elementos externos como outros *Arduinos*, *Shields* e sensores.

Desse modo, chegamos ao terceiro bloco, o da alimentação, esse por sua vez tem a função de alimentar a placa Arduino UNO por meio de uma fonte externa. Com essa função a placa ganha autonomia para ser usada separadamente de um computador, mas também, poderá ser usada caso o circuito precise de uma voltagem maior do que 5V. Os principais componentes para seu funcionamento são: O conector de entrada, J*ack* (porta de entrada), esse é o local onde se conecta o plug da fonte externa; o diodo de proteção, sua finalidade é proteger o molde quando a ele for conectado uma fonte com polarização invertida, e um regulador de 5V, sua função é regular a tensão da fonte externa, por exemplo, a fonte pode gerar uma tensão de 7V a 20V, logo, o regulador irá reduzi-la para 5V, pois essa é a tensão que a placa suporta.

Portanto, nesta seção vimos os principais componentes do *Arduino UNO* e suas respectivas funções, mas também podemos encontrar em artigos ou sites na internet explicações mais detalhadas do protótipo, como também artigos que detalham os componentes das outras placas *Arduinos,* tais como: os sites, *soldafria*, *felipeflor*, Arduino, entre outros, basta você acessar o Google e digitar *"Arduino"* que irá aparecer várias opções.

2.2 Instalação do Ambiente de Desenvolvimento do Arduino (IDE)

Neste seguimento é apresentado passo a passo de como instalar o Ambiente de Desenvolvimento (IDE) do Arduino, esse é o responsável pela comunicação entre o computador e a placa, logo, O IDE é a seção utilizada para escrever os comandos que serão enviados posteriormente para o protótipo executar as tarefas desejadas.

As instruções a seguir têm o objetivo de orientar a instalação do software do Arduino no sistema operacional Windows. Caso desejem instalar em outro sistema, os passos basicamente serão os mesmos, porém, algumas seções irão exigir que se realize processos diferentes.

Inicie abrindo a página do Google, em seguida digite a URL https://www.arduino.cc, após abrir essa seção, arraste o mouse até o item “programa”, localizado na parte superior da janela, clique em transferências, veja Fig. 3

Figura 3 - Página inicial do Arduino.

Fonte: https://www.arduino.cc/ <<acesso 26 de março de 2020>>.

Faça o *download*, esse deve ser realizado consoante o sistema do seu computador, selecione o Windows instale, para Windows XP e arquivo ZIP. Veja Fig. 4

Figura 4 - Página para escolha do sistema operacional.

Fonte: https://www.arduino.cc/en/Main/Software (acesso em 26 de março de 2020).

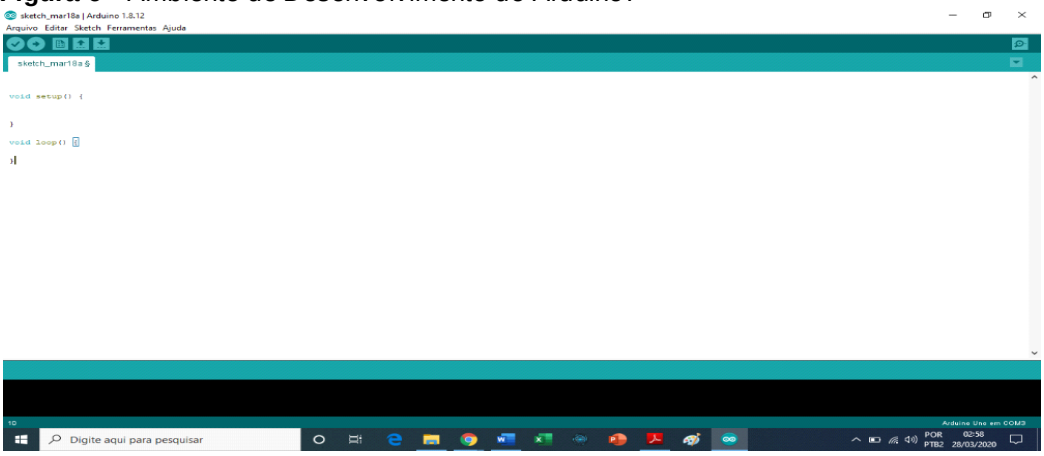
Em seguida irá aparecer uma página na plataforma oferecendo ao usuário duas opções de *download*, assim, fica a critério do usuário escolher a opção apenas *download* ou contribuir e *download*. Veja Fig. 5

Figura 5 - Página para download.

Fonte: https://www.arduino.cc/en/Main/Donate (acesso em 26 de março de 2020).

Após o *download* ser concluído, abra-o e execute o arquivo para fazer a instalação. Em seguida clique no botão "*install*", quando o arquivo estiver quase pronto para ser executado, o instalador irá perguntar se desejamos instalar alguns drives, confirme todos eles. Pronto, agora você está inserido na plataforma Arduino. Veja Fig. 6

Figura 6 - Ambiente de Desenvolvimento do Arduino.



Fonte: Elaboração do autor.

Após a apresentação do *hardware* e do IDE do Arduino UNO, são apresentado os componentes necessários para o desenvolvimento e funcionamento da prótese da mão biônica controlada por comando de voz.

2.3 Acessórios para Arduino: Módulo de reconhecimento de voz V3

O módulo de reconhecimento de voz V3 é um acessório que tem por finalidade transformar ondas sonoras em sinais elétricos (energia elétrica), em sinais digitas e em energia mecânica. Por meio de conversões e com o auxílio de um microcontrolador, ele é capaz de receber e realizar comandos, isto é, comandar a execução de diferentes tarefas, sejam elas físicas, por exemplo, acender uma lâmpada, ligar um motor etc., ou virtuais, como escrever em uma tela do computador, tela do celular, enviar uma mensagem de texto, entre outros. Conforme Matheus Gebert Straub (2015 s/n) " O funcionamento do módulo dá-se por meio de comandos de voz de aproximadamente 1500ms, uma ou duas palavras em média, com capacidade de armazenamento de até 80 comandos, porém somente 7 comandos podem ser utilizados por vez". Para melhor exemplificar as funções do V3, podemos fazer uma analogia com um time de futebol de salão, ou seja, o técnico possui a sua disposição 12 jogadores, mas só pode escalar 5 jogadores por vez dentro da quadra.

Os dados técnicos do V3 são: Tensão de Operação entre 4,5 e 5,5V, capacidade de armazenamento de 80 comandos diferentes. Cada comando pode ter até 1500ms de voz (uma ou duas palavras), suporta até 7 comandos de voz ao mesmo tempo, corrente de Operação de 40 mA, interface UART e GPIO, conector P2 3,5mm

para microfone, precisão de reconhecimento de voz de 99% e dimensões 31 x 50 mm (Straub, 2015). A Fig. 7 mostra o módulo de reconhecimento de voz V3

Figura 7 - Módulo de reconhecimento de voz V3.

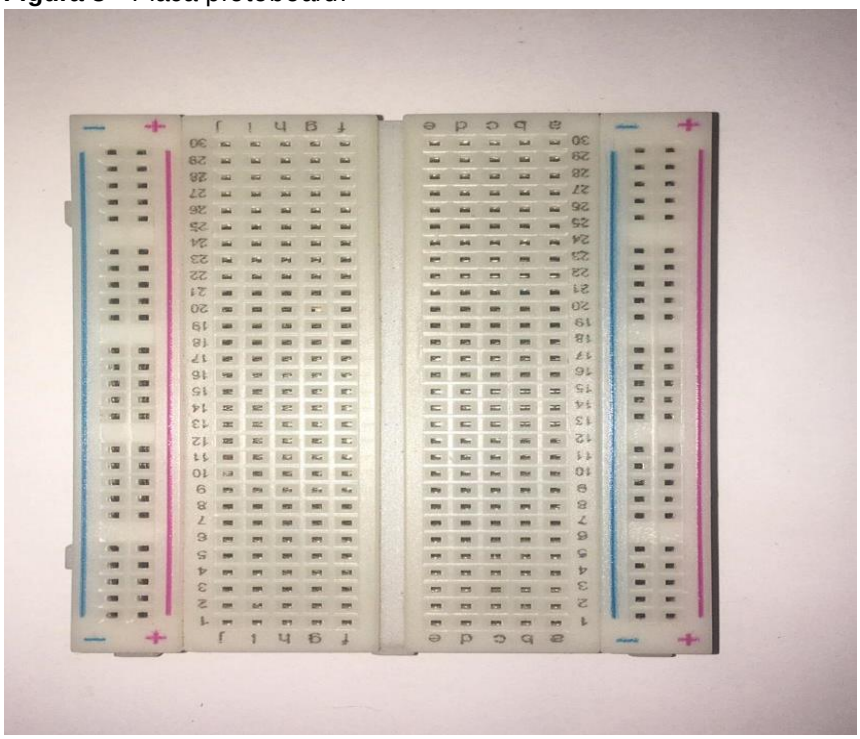
Fonte: Elaboração do autor.

2.4 Placas Protoboard

Qual é a função da placa protoboard em um circuito eletrônicos? Thiago Silva (2018, s/n) responde que “A função de uma protoboard é a de facilitar a montagem de um circuito eletrônico, facilitando nas fases de desenvolvimento e projeto. Com uma *protoboard* é possível montar e testar de forma rápida um circuito eletrônico [..]”. Com isso podemos evitar erros graves ao construirmos um projeto complexo.

As placas *protoboard* são formadas por um material de plástico que contém de 400 a 800 furos dependendo do tamanho da placa, e por fios condutores, que ficam na parte interna da placa, posicionados na vertical, que têm como função alimentar o molde quando utilizado uma fonte externa, mas também temos os fios na horizontal que utilizamos para conectarmos os componentes (microcontroladores, resistores, cabos jumpers etc.) ou outras placas. Na Fig. 8, temos uma placa protoboard

Figura 8 - Placa protoboard.

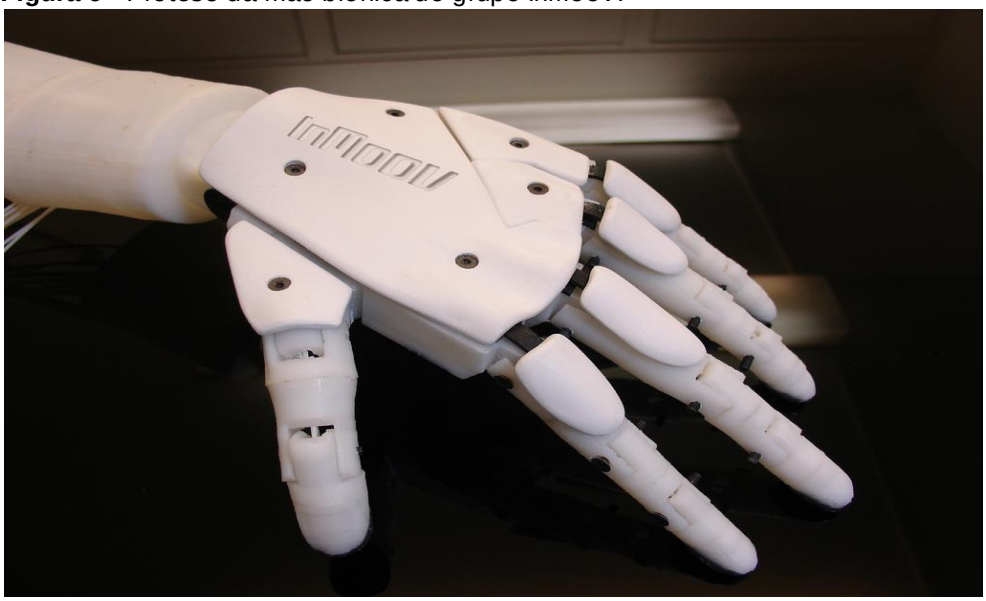


Fonte: Elaboração do autor.

2.2 Prótese da mão biônica do grupo InMoov-robô

A prótese da mão biônica, do grupo InMoov-robô, foi criada pelo escultor e designer francês Gael Langevin em 2012. Seu principal objetivo foi criar um robô humanoide de tamanho realista, isto é, um robô que representasse fielmente a realidade, com dimensões e articulações iguais a do corpo humano. Segundo Langevin (InMoov, 2012), “InMoov é o primeiro robô em tamanho natural impresso em *3D Open Source*. Replicável em qualquer impressora 3D doméstica com área de 12x12x12”. Essa possibilidade de fácil replicação permite que qualquer pessoa, que possui uma impressora 3D dos tamanhos citados possa reproduzir a prótese e usá-la como meio estético ou para desenvolver outros projetos. Assim, nesse produto utilizamos apenas a parte do antebraço e da mão para o desenvolvimento deste trabalho. Veja Fig. 9

Figura 9 - Prótese da mão biônica do grupo InMoov.

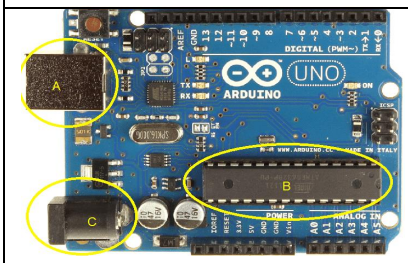
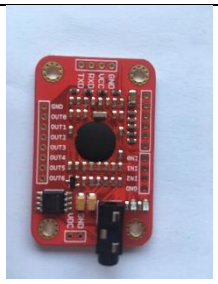
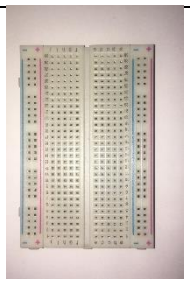


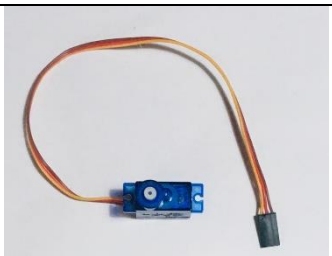
Fonte: http://inmoov.fr/gallery-v2/ (acessado em 18 de set. 2020).

3 MONTAGEM DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo é apresentado, passo a passo, a montagem da prótese da mão biônica e como cada componente é acoplado a ela, são eles: Placa Arduino, servos motores, cabos jumpers, placa *protoboard* e módulo de reconhecimento de voz V3. A Tabela 1 nos mostra a figura, a descrição de cada componente e o valor para adquiri-los.

Tabela 1 - Componentes para construir a mão biônica

Componentes	Descrição
	(1) Carcaça da prótese da mão biônica com 5 dedos, palma da mão, pulso completo e um antebraço completo.
	(2) Arduino Uno possui um microcontrolador ATmega328P, tensão de 5V, 14 pinos de entrada/ saída, 6 pinos de entrada analógica, corrente de 40 mA e memória flash de kB.
	(3) Módulo de reconhecimento de voz V3 com tensão de 4.5-5V, corrente de 4mA, interface digital de 5V TTL e tamanho de 30mm x 47,5 mm.
	(4) Placa *protoboard*, seu corpo é feito do material ABS, sua base é feita de alumínio e o material do contato é feito de bronze fósforo. A placa contém 170 furos.

	(5) Cabos Jumpers, esses fazem as conexões entre sensores, placas protoboards, placa Arduino e outros componentes.
	(6) Micro Servo Motor Sg90 9g Towerpro com velocidade de operação de 60° em 0,12s.

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 2 – Valores dos componentes

Valores R$
(1) → 490,00
(2) → 44,90
(3) → 190,00
(4) → 23,90
(5) → 0,35 unidade
(6) → 19,99 Unidade.

Todos os acessórios apresentados na Tabela 1 podem ser comprados pelo aplicativo mercado livre ou em outros aplicativos de venda de equipamentos robóticos.

Para o funcionamento da prótese da mão biônica foi utilizada a biblioteca *VoiceRecognitionV3* do IDE do Arduino, essa permite que o IDE, por meio do *hardware* do Arduino, estabeleça uma comunicação com a placa do módulo de reconhecimento de voz V3. O código que utilizamos para a execução dos movimentos foi retirado do site USINAIFO: eletrônica e robótica, que podemos acessar por meio do link https://www.usinainfo.com.br/blog/controle-de-posicao-servo-motor-com-arduino/. Porém, nesse site só é encontrado o código para movimentar um único Servo motor e fazê-lo girar de 0° a 90°. O restante do código foi elaborado pelo autor apenas seguindo a lógica apresentada para um único Servo.

Portanto, o que foi elaborado pelo autor desse produto para a construção e o funcionamento da prótese da mão biônica foi juntar, seguindo uma lógica para a execução de movimentos ordenados, as peças disponíveis no mercado e modificar os códigos encontrados em sites e vídeos.

3.1 Materiais, montagem da prótese da mão biônica e seu funcionamento

Nesta seção é detalhado como a prótese da mão biônica, pertencente ao grupo Inmoov, é montada e como ocorre o seu funcionamento ao utilizarmos a placa Arduino Uno, seis servos motores, linhas de Nylon e um módulo de reconhecimento de voz V3. A seguir, na Fig. 10, podemos ver as peças necessárias para a montagem da prótese

Figura 10 - Peças necessárias para a construção da carcaça da mão.

Fonte: Elaboração do autor.

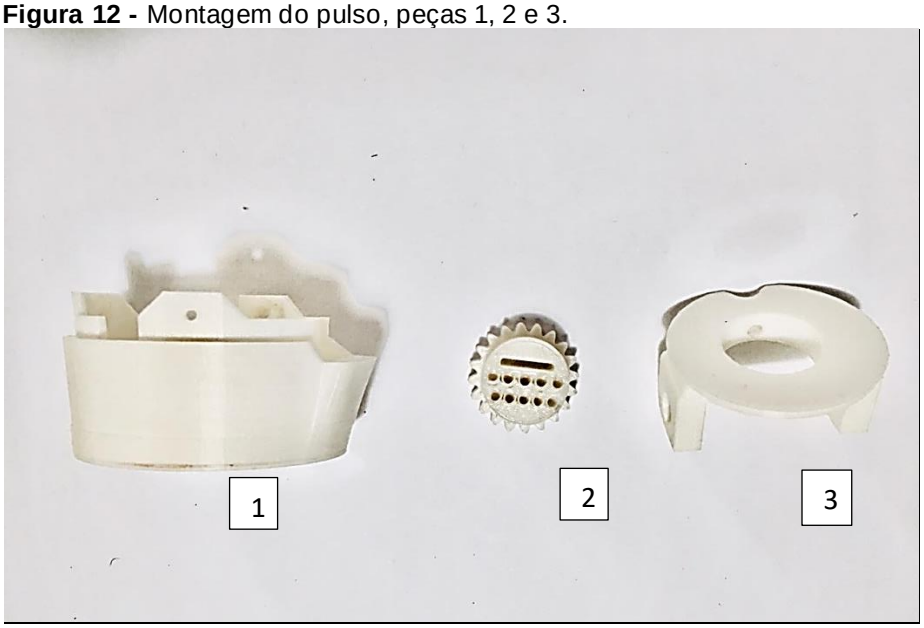
1º passo: Usando pequenos pedaços de fio de plástico, encaixe os dedos na palma da mão, veja Fig. 11

Figura 11 - Dedos e palma da mão.

Fonte: Elaboração do autor.

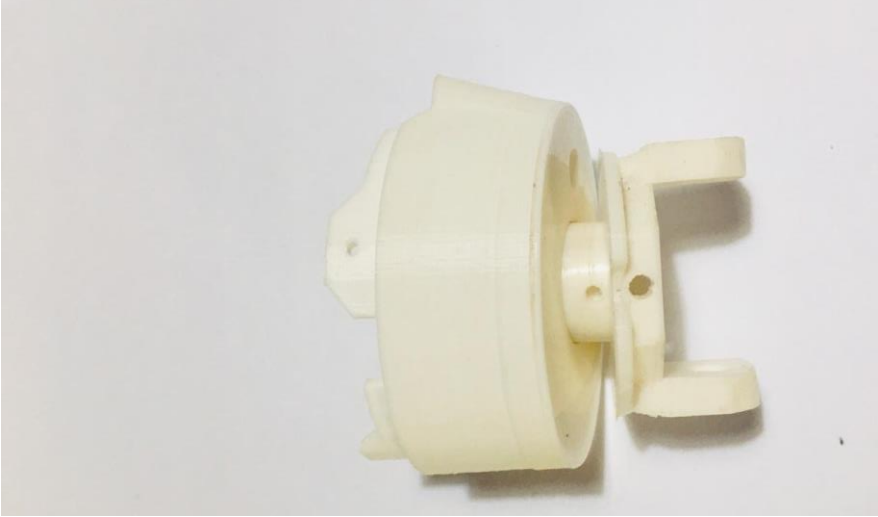
2º passo: Vamos montar o pulso, pegue a peça 2 e coloque-a entre as peças 1 e 3. veja Fig. nas 12, 13 e 14

Figura 12 - Montagem do pulso, peças 1, 2 e 3.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 13 - Peça 2 entre as peças 1 e 3.



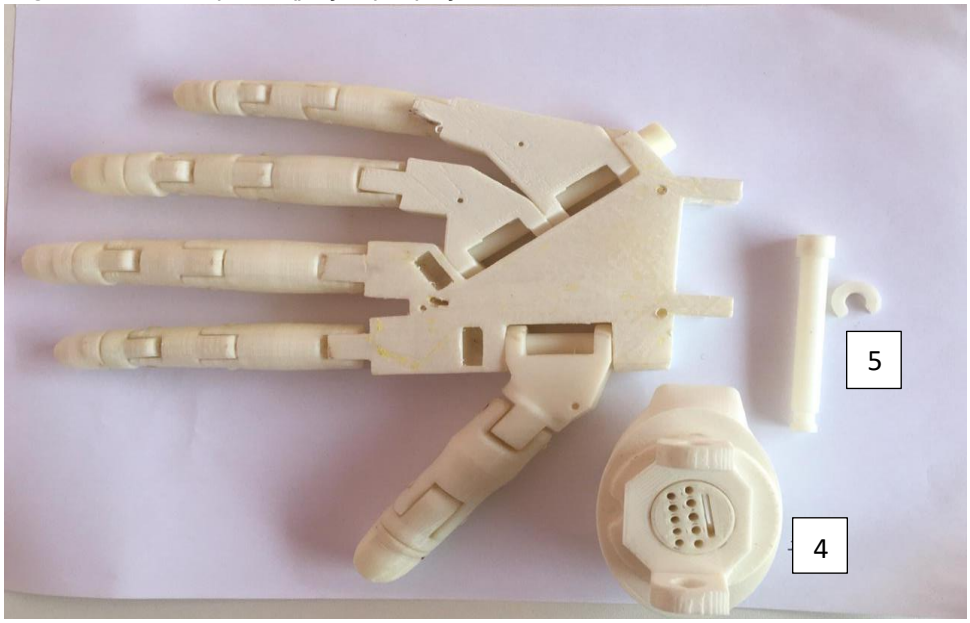
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 14 – Pulso.

Fonte: Elaboração do autor.

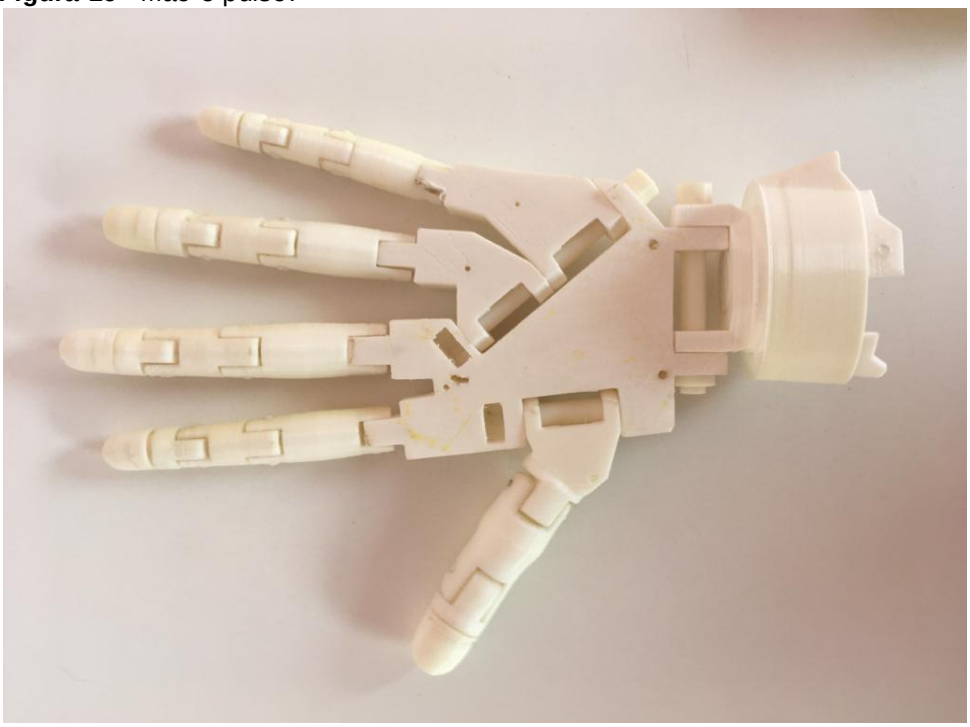
3º passo: Encaixe o pulso (peça 4) na mão, para isso utilize a peça 5, veja Fig. 15 e 16

Figura 15 - Mão, pulso (peça 4) e peça 5.



Fonte: Elaboração do autor.

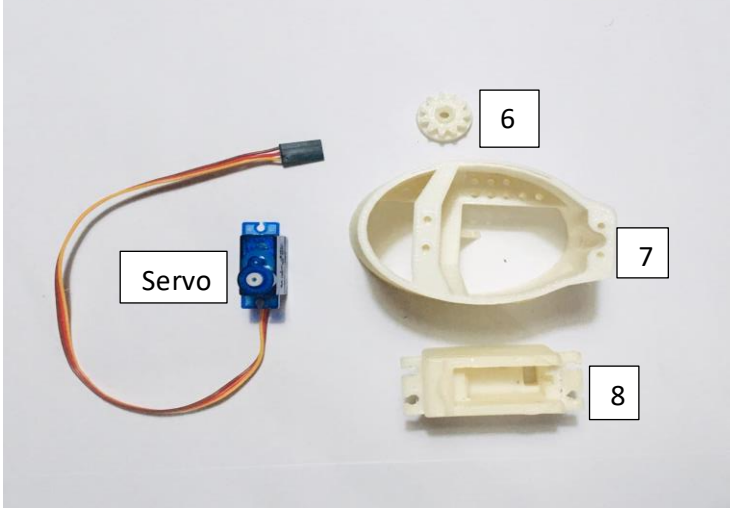
Figura 16 - Mão e pulso.



Fonte: Elaboração do autor.

4º passo: Adicione a peça 6 no servo motor, na sequência encaixe o servo na peça 7 e coloque a peça 7 na peça 8, veja Fig. 17 e 18

Figura 17 - Servo motor, peças 6, 7 e 8.



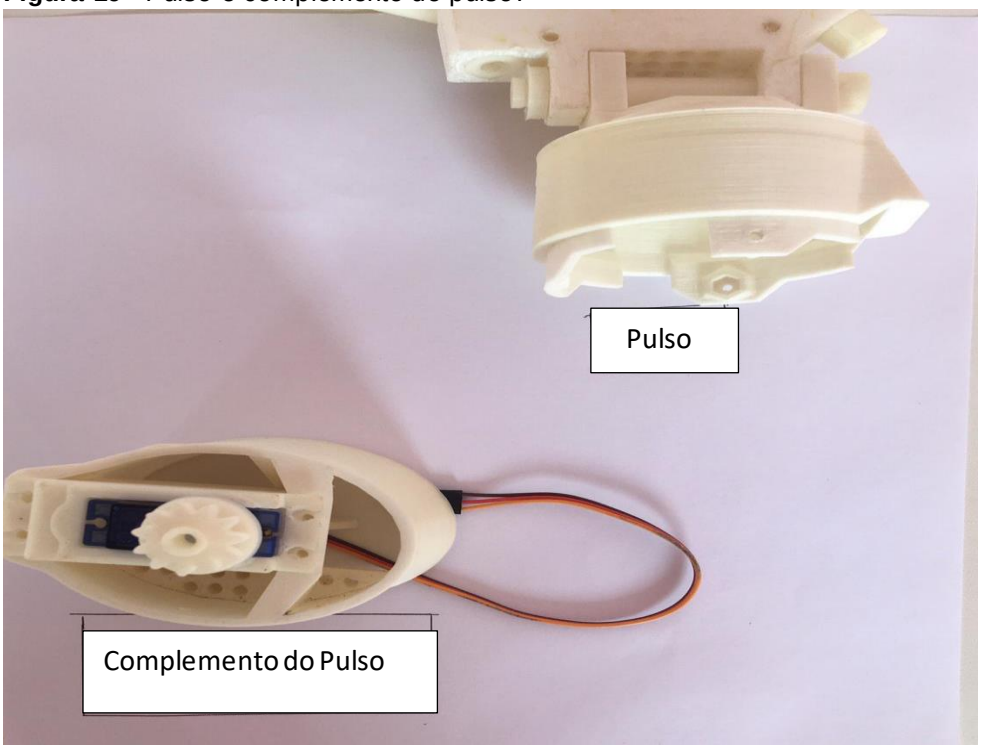
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 18 - Complemento do pulso.

Fonte: Elaboração do autor.

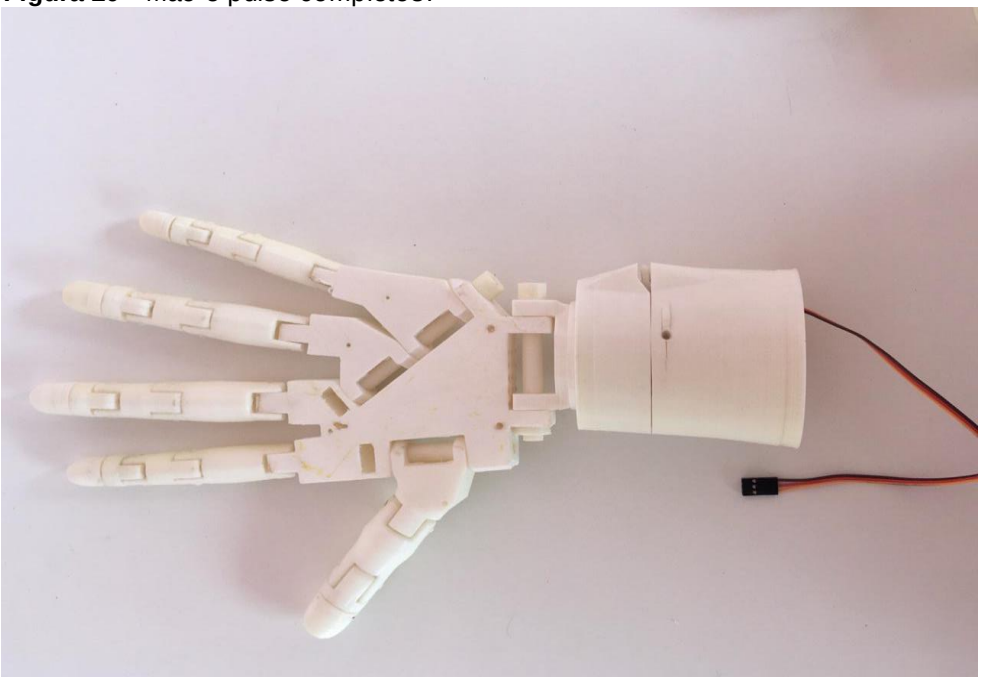
5º passo: Adicione o complemento do pulso ao pulso, veja Fig. 19 e 20

Figura 19 - Pulso e complemento do pulso.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 20 - Mão e pulso completos.



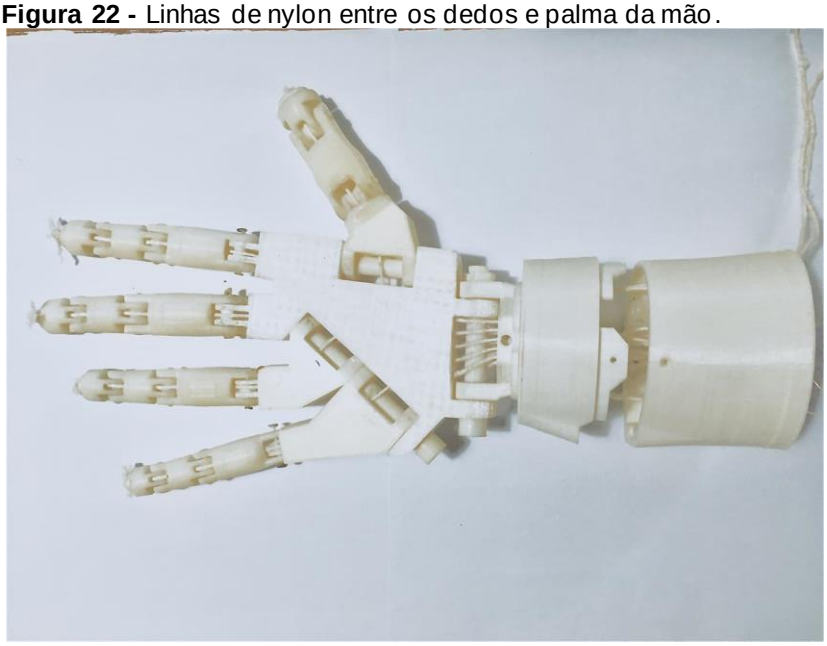
Fonte: Elaboração do autor.

6º passo: Coloque as linhas de nylon por dentro dos dedos, da palma da mão e do pulso, veja Fig. 21, 22 e 23

Figura 21 - Colocando as linhas de nylon.

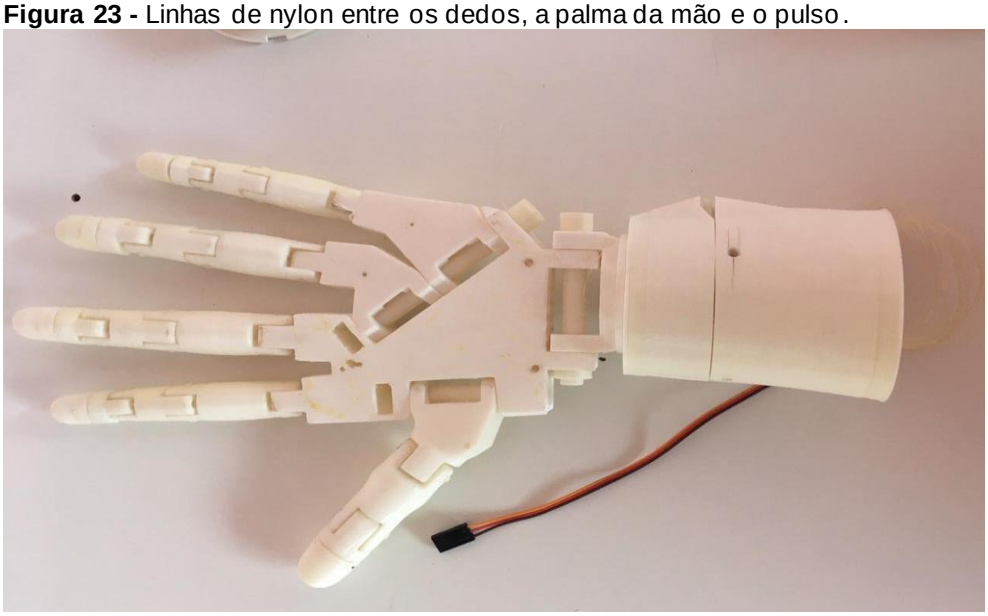
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 22 - Linhas de nylon entre os dedos e palma da mão.



Fonte: Elaboração do autor.

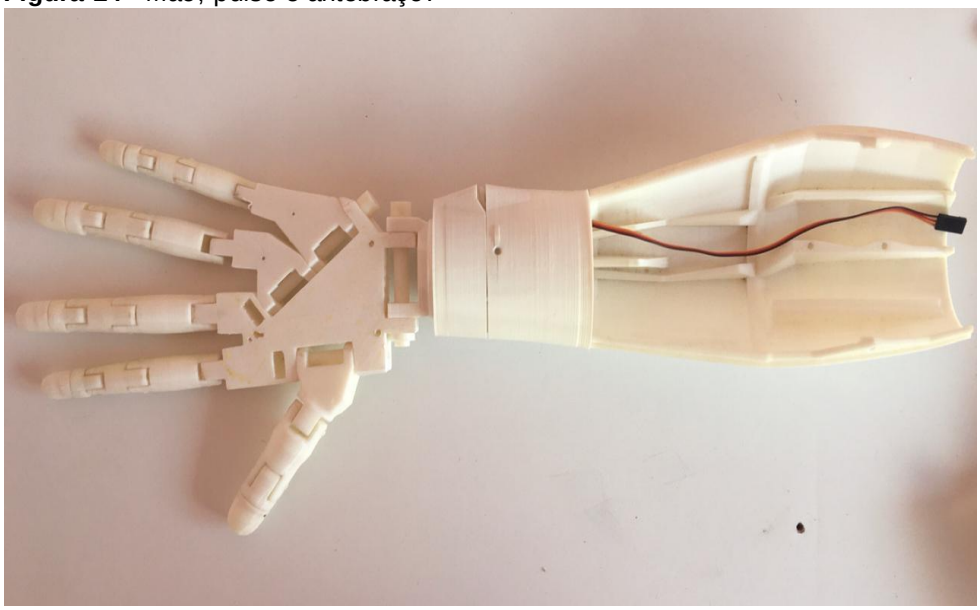
Figura 23 - Linhas de nylon entre os dedos, a palma da mão e o pulso.



Fonte: Elaboração do autor.

7º passo: Adicione ao conjunto, mão e pulso, a parte inferior do antebraço, veja Fig. 24

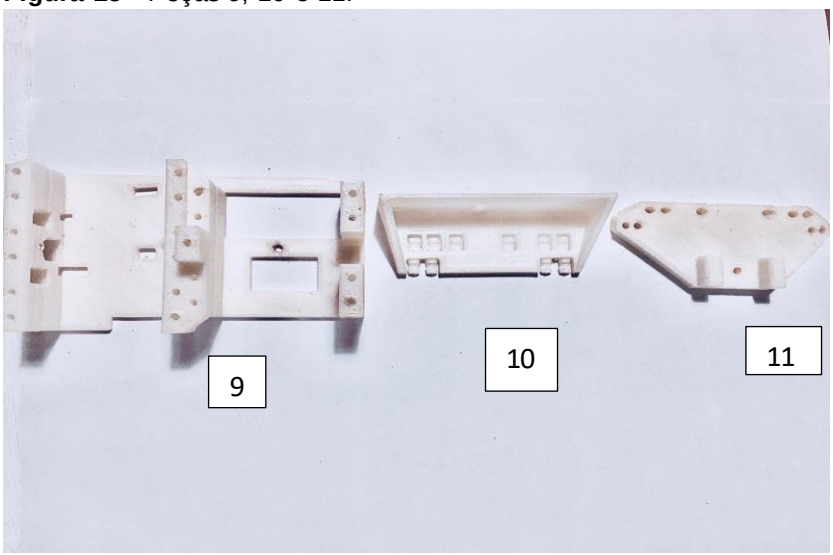
Figura 24 - Mão, pulso e antebraço.



Fonte: Elaboração do autor.

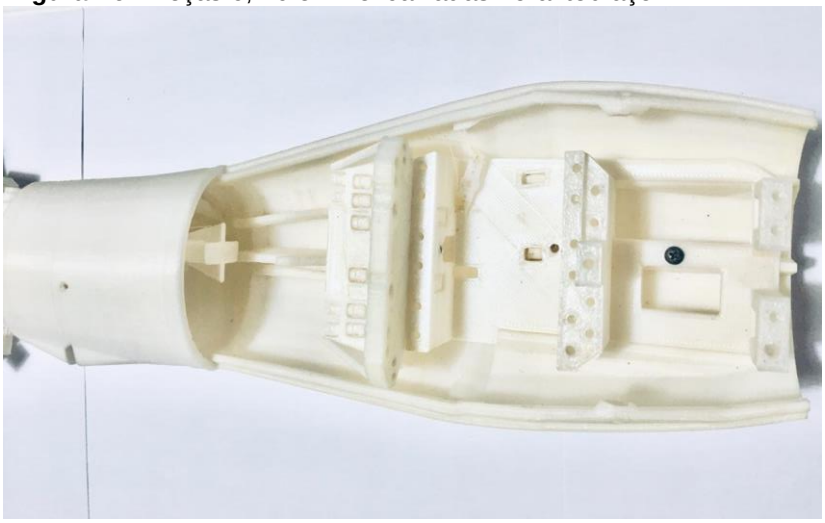
8º passo: Agora vamos preparar o local para colocarmos os servos motores, para isso, adicione a peça 9, 10 e 11 no antebraço, veja Fig. 25 e 26

Figura 25 - Peças 9, 10 e 11.



Fonte: Elaboração do autor.

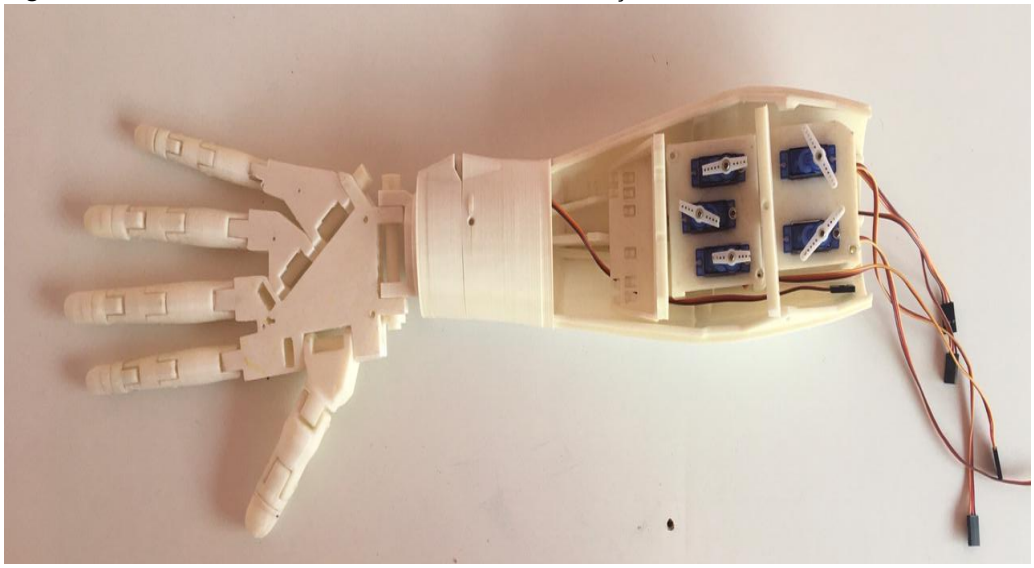
Figura 26 - Peças 9, 10 e 11 encaixadas no antebraço.



Fonte: Elaboração do autor.

9º passo: Sob a peça 9, coloque os cinco servos motores, veja Fig. 27

Figura 27 - Servos motores adicionados ao antebraço:



Fonte: Elaboração do autor.

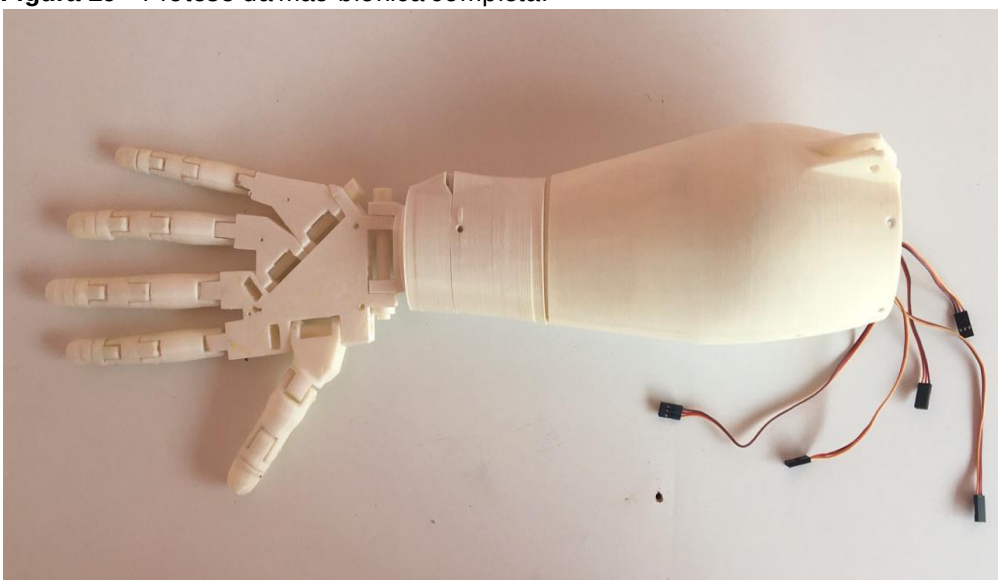
10º passo: Conecte os dedos aos servos motores, para isso utilize as linhas de nylon. Então, passe as linhas pelos furos da peça 10 e leve cada par de nylon ao seu respectivo servo motor, amarre a linha nas pontas de cada servo, veja Fig. 28 Observação: para que os dedos abram e fechem corretamente, a pessoa que estiver montando deverá atentar-se às tensões das linhas.

Figura 28 - Linhas de nylon conectadas aos servos-motores.

Fonte: Elaboração do autor.

11º passo: Coloque a parte superior do antebraço, fechando-o, veja Fig. 29

Figura 29 - Prótese da mão biônica completa.

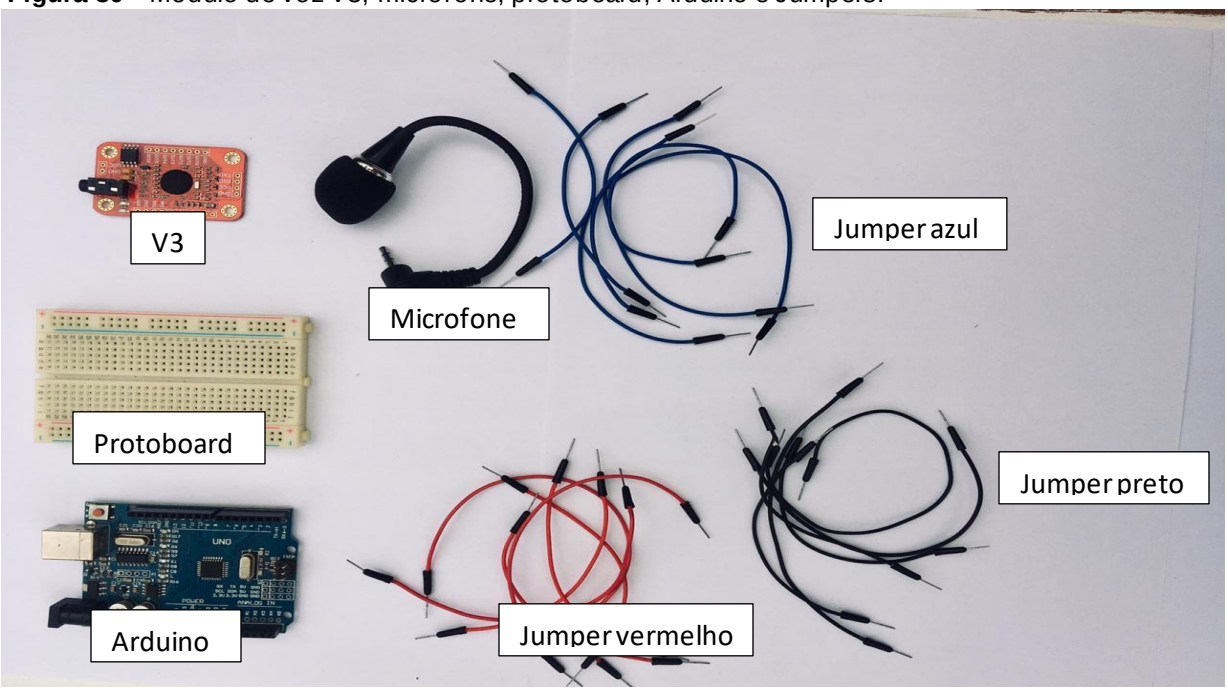


Fonte: Elaboração do autor.

3.2 Acoplando o Arduino, a placa protoboard e o módulo de reconhecimento de voz V3 na prótese da mão biônica

Nesta ramificação é mostrado como acoplar a placa Arduino, os cabos jumpers, a placa protoboard e o módulo de reconhecimento de voz V3 na prótese da mão biônica tendo como elo os servos motores. Veja na veja Fig. 30 os materiais utilizados

Figura 30 - Módulo de voz V3, microfone, protoboard, Arduino e Jumpers.



Fonte: Elaboração do autor.

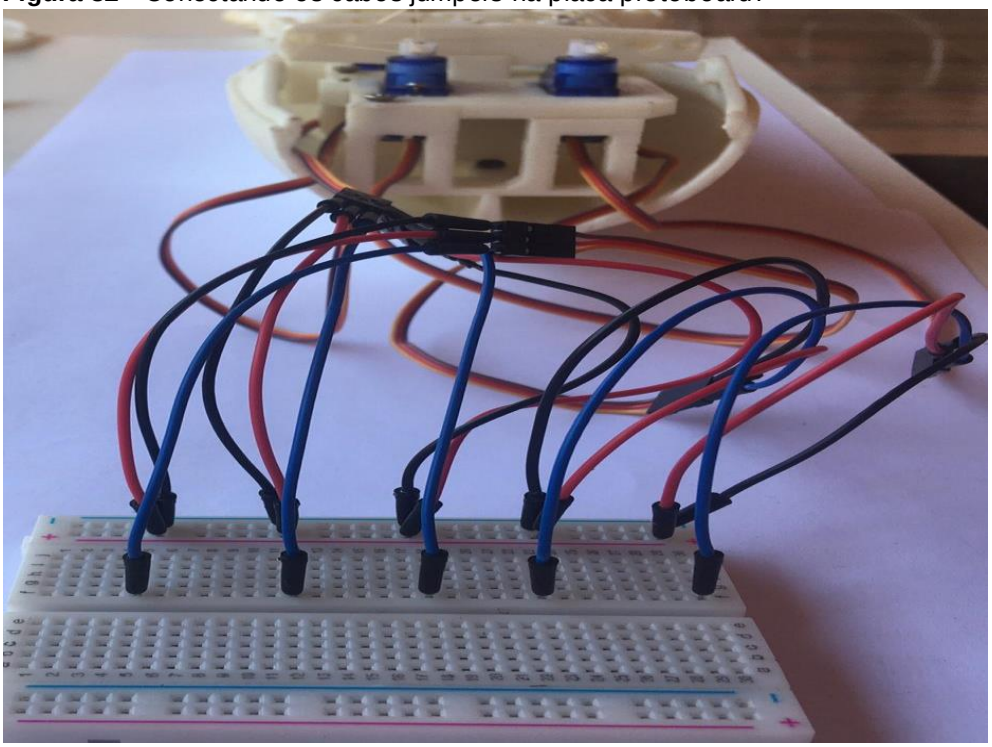
12º passo: Fixe os cabos jumpers machos nos servos motores. As entradas dos servos são definidas da seguinte maneira: positiva (vermelho), negativa (marrom) e laranja (sinal de controle). Os cabos de conexões machos são: vermelho (positivo), preto (negativo) e azul (sinal de controle). Para realizar as conexões, coloque o cabo vermelho na entrada vermelha, o cabo preto na entrada marrom e o cabo azul na entrada laranja. veja Fig. 31

Figura 31 - Conexão dos cabos jumpers aos servos motores.

Fonte: Elaboração do autor.

13º passo: Conecte os cabos jumpers à placa protoboard, deste modo, conecte os cabos vermelhos (positivos) nas entradas positivas, os cabos pretos nas entradas negativas e os cabos azuis nas entradas que recebem os sinais de controle (os furos localizados nas regiões de *a* até *j*). veja Fig. 32

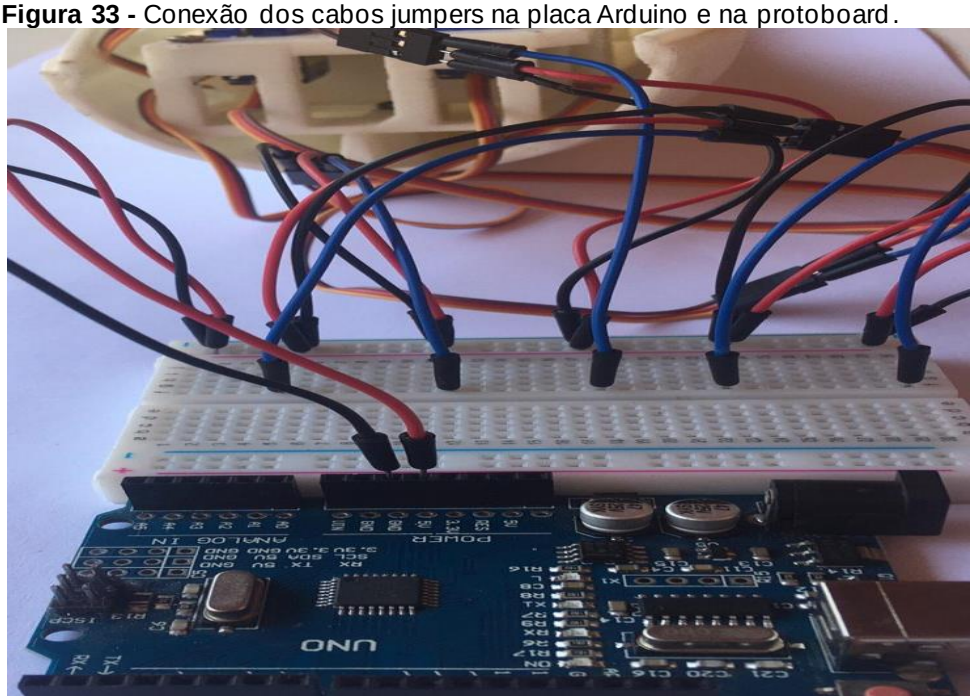
Figura 32 - Conectando os cabos jumpers na placa protoboard.



Fonte: Elaboração do autor.

14º passo: Conecte a placa Arduino na placa protoboard, para isso fixe uma ponta do cabo jumper vermelho na saída de 5 volts da placa Arduino e a outra ponta no positivo do protoboard. Em seguida, conecte o cabo preto (negativo) nas placas, prenda uma das pontas do cabo na saída GND do Arduino e a outra ponta no furo negativo da protoboard. veja Fig. 33

Figura 33 - Conexão dos cabos jumpers na placa Arduino e na protoboard.



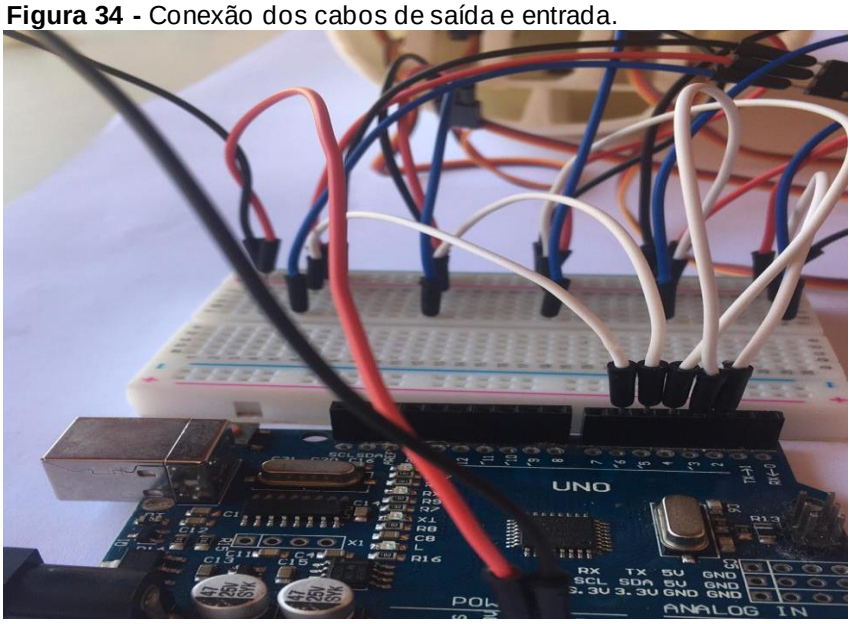
Fonte: Elaboração do autor.

15º passo: Conecte os cabos jumpers (brancos) nas saídas de controle da placa Arduino, na sequência conecte-os na placa protoboard, isso permitirá que os servos motores recebam as informações para realizar os movimentos. Para facilitar a programação dos servos, conecte os cabos na seguinte sequência:

- Conecte uma ponta do cabo branco na saída 4 da placa Arduino e a outra ponta conecte-a no furo 30j da placa protoboard. Aqui, o dedo que receber aos comandos é o polegar.
- Conecte uma ponta do cabo branco na saída 5 da placa Arduino e a outra ponta conecte-a no furo 24j da placa protoboard. Aqui o dedo que receberá os comandos será o indicador.
- Conecte uma ponta do cabo branco na saída 6 da placa Arduino e a outra ponta conecte-a no furo 18j da placa protoboard. Aqui o dedo que receberá os comandos será o médio.
- Conecte uma ponta do cabo branco na saída 7 da placa Arduino e a outra ponta conecte-a no furo 12j da placa protoboard. Aqui o dedo que receberá os comandos será o anelar.

  Conecte uma ponta do cabo branco na saída 8 da placa Arduino e a outra ponta conecte-a no furo 5j da placa protoboard. Aqui o dedo que receberá os comandos será o polegar. Para melhor compreender essa seção, veja Fig. 34

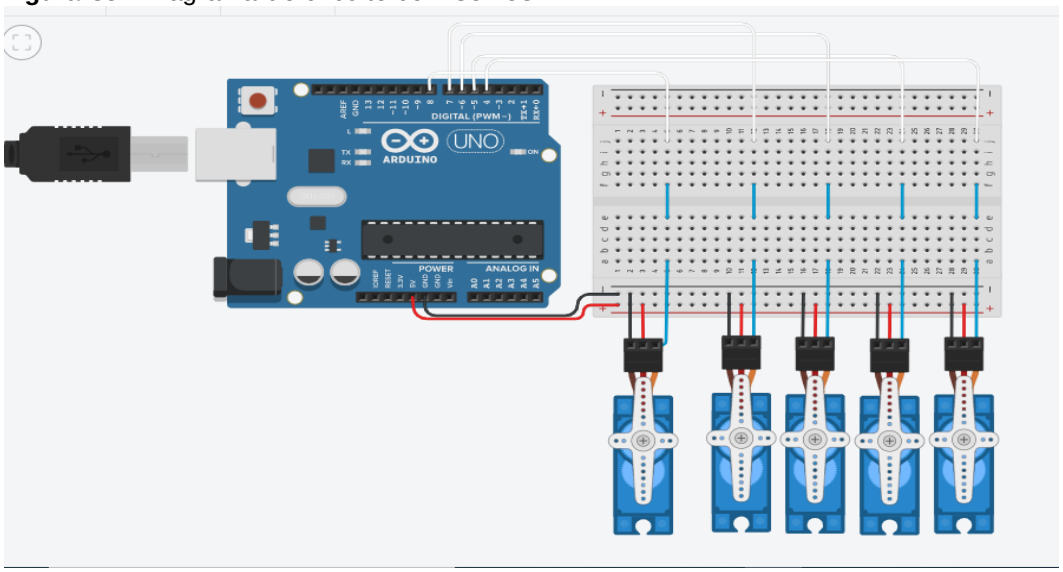
Figura 34 - Conexão dos cabos de saída e entrada.



Fonte: Elaboração do autor.

O diagrama desse circuito pode ser observado na veja Fig. 35

Figura 35 - Diagrama do circuito com servos.



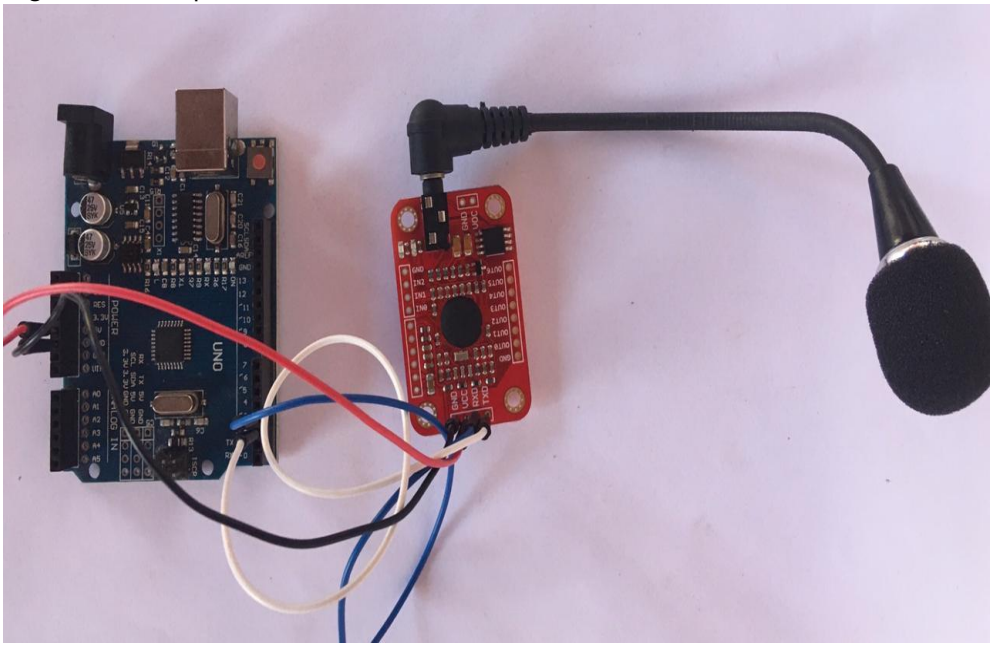
Fonte: Elaboração do autor.

16º passo: Acople o módulo de reconhecimento de voz V3 (MRV3) na placa protoboard e na placa Arduino UNO. Para que as conexões fossem mais práticas, escolhemos os cabos, jumpers machos, das seguintes cores: vermelho, preto, azul e cor branco. As conexões devem ser feitas da seguinte forma:

* Conecte uma das pontas do cabo jumper vermelho na entrada VCC do módulo de reconhecimento de voz e a outra ponta do cabo na saída de 5 V (volts) da placa Arduino UNO.
* Conecte uma das pontas do cabo jumper preto na entrada GND do módulo de reconhecimento de voz e a outra ponta do cabo na saída GND da placa Arduino UNO.
* Conecte uma das pontas do cabo jumper branco na entrada TXD do módulo de reconhecimento de voz e a outra ponta do cabo no pino 2 do Arduino UNO.
* Conecte uma das pontas do cabo jumper azul na entrada RXD do módulo de reconhecimento de voz e a outra ponta do cabo no pino 3 do Arduino UNO.

Na veja Fig. 36 podemos visualizar as conexões entre a placa Arduino UNO e o módulo de reconhecimento de voz V3 por meio dos cabos jumpers

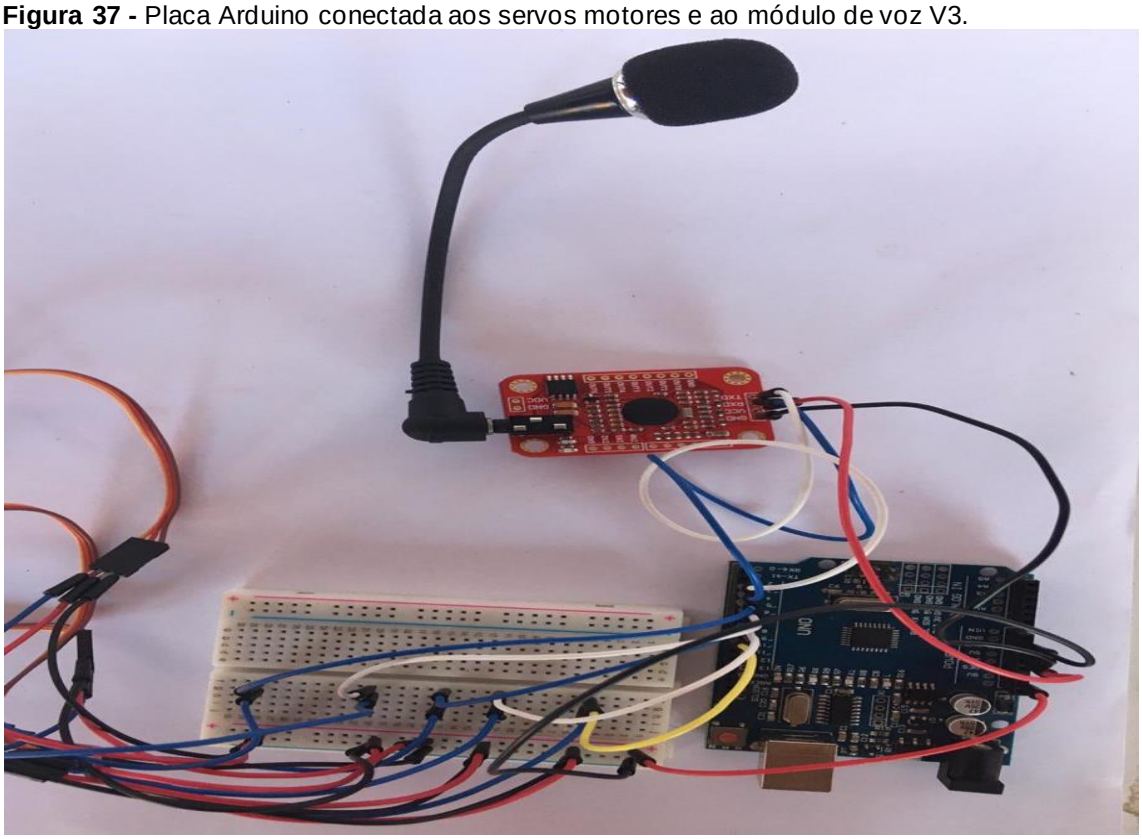
Figura 36 - Acoplamento do módulo de reconhecimento de voz V3 ao Arduino.



Fonte: elaboração do autor.

17º passo: Para finalizarmos essa seção devemos conectar novamente os cabos jumpers, que estão na protoboard, na placa Arduino UNO. Veja Fig. 37

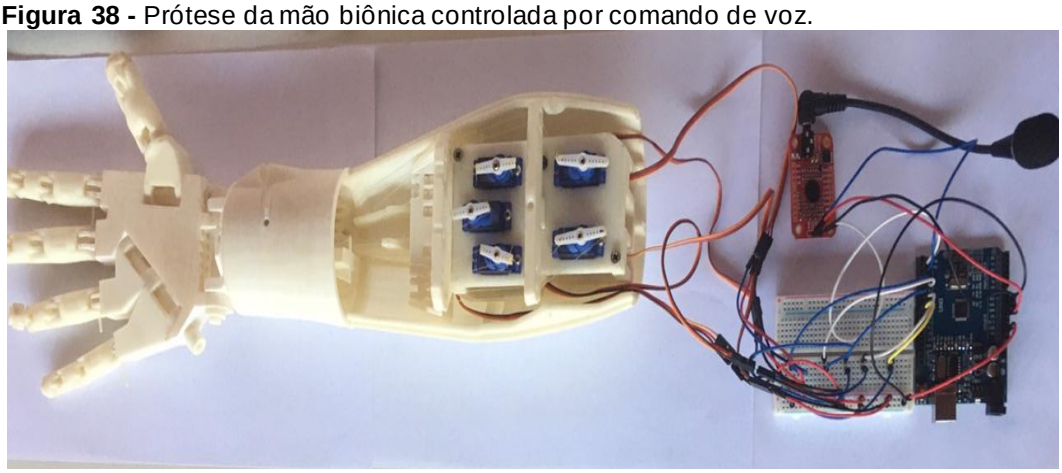
Figura 37 - Placa Arduino conectada aos servos motores e ao módulo de voz V3.



Fonte: Elaboração do autor.

Na veja Fig. 38, podemos visualizar a prótese da mão biônica conectada aos componentes: placa Arduino, placa protoboard, servos motores e ao módulo de reconhecimento de voz V3

Figura 38 - Prótese da mão biônica controlada por comando de voz.



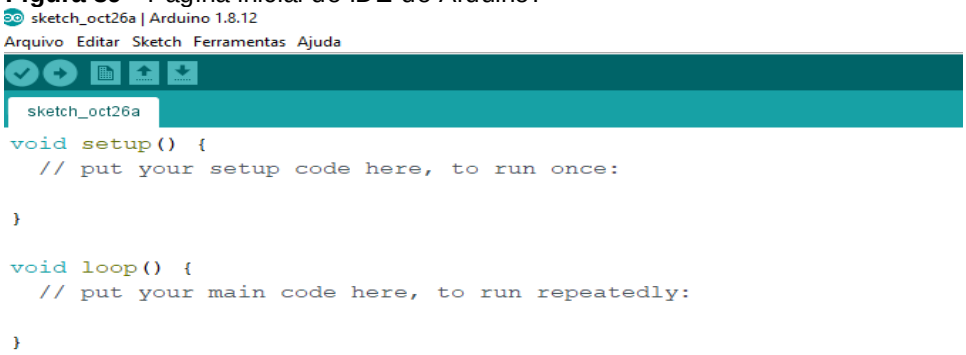
Fonte: Elaboração do autor.

3.3 Funcionamento da prótese da mão biônica controlada por comando de voz

Neste seguimento é explicado como gerar os códigos no IDE do Arduino e como treinar o módulo de reconhecimento de voz V3 para que ele responda aos comandos desejados. O código descrito abaixo foi adaptado, pois na biblioteca do IDE do Arduino já existe o código pronto, porém é utilizado para movimentar apenas um servo motor e não faz conexão direto com o comando de voz.

1º Passo: Vamos iniciar abrindo o IDE do Arduino, veja Fig. 39

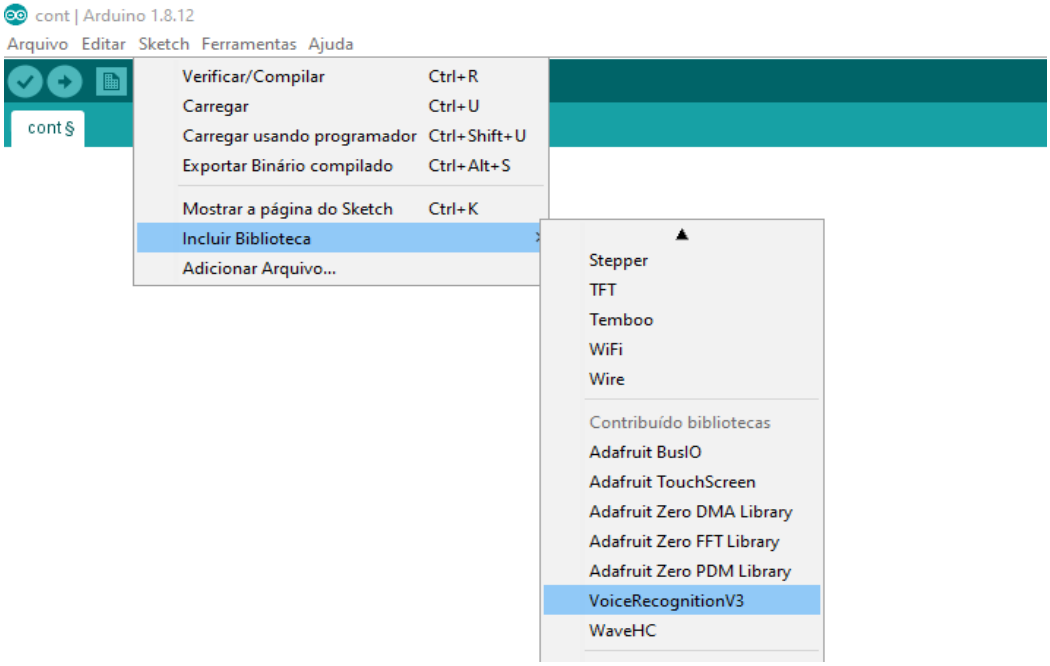
Figura 39 - Página inicial do IDE do Arduino.



Fonte: Elaboração do autor.

2º passo: Na parte superior ao lado esquerdo clique em *Sketch* em seguida vá até incluir biblioteca e clique em *VoiceRecognitionV3,* veja Fig. 40

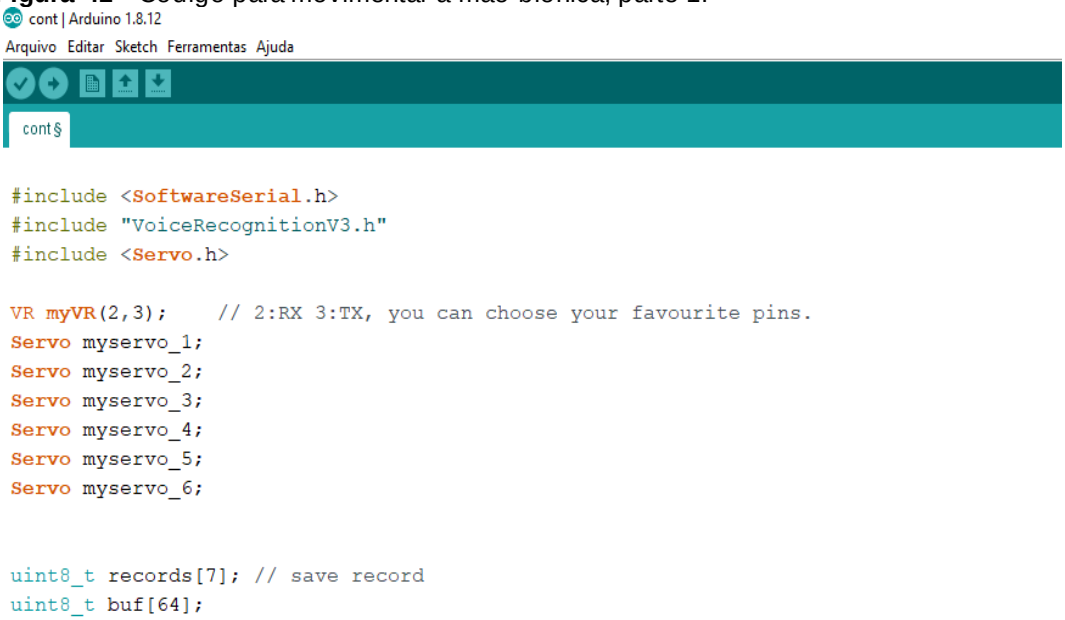
Figura 40 - Incluindo a biblioteca VoiceRecognitionV3.



Fonte: Elaboração do autor.

3º passo: Copie no IDE do *Arduino* o código para a realização dos movimentos da prótese da mão biônica, veja Fig. 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 e 50:

Figura 41 - Código para movimentar a mão biônica, parte 1.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 42 - Código para movimentar a mão biônica, parte 2.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
#define abrir            (0)
#define cem              (1)
#define setenta_e_cinco  (2)
#define cinquenta        (3)
#define vinte_e_cinco    (4)
#define fechar           (5)
#define girar            (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("]");
    }
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 43 - Código para movimentar a mão biônica, parte 3.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
  }
}

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);
  }
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 44 - Código para movimentar a mão biônica, parte 4.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
  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()
{
  /** initialize */
  myVR.begin(9600);

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Elechouse Voice Recognition V3 Module\r\nControl LED sample");
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 45 - Código para movimentar a mão biônica, parte 5.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
    myservo_1.attach(4);
    myservo_2.attach(5);
    myservo_3.attach(6);
    myservo_4.attach(7);
    myservo_5.attach(8);
    myservo_6.attach(9);

   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)abrir) >= 0){
     Serial.println("abrir loaded");
   }

   if(myVR.load((uint8_t)fechar) >= 0){
  Serial.println("fechar loaded");
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 46 - Código para movimentar a mão biônica, parte 6.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
}
if(myVR.load((uint8_t)girar) >= 0){
 Serial.println("girar loaded");
}
}


void loop()
{
  int ret;
  ret = myVR.recognize(buf, 50);
  if(ret>0){
    switch(buf[1]){
      case abrir:
       if(myVR.clear() == 0){
    Serial.println("Recognizer cleared.");
  }else{
    Serial.println("Not find VoiceRecognitionModule.");
    Serial.println("Please check connection and restart Arduino.");
    while(1);
  }
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 47 - Código para movimentar a mão biônica, parte 7.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
  if(myVR.load((uint8_t)cem) >= 0){
   Serial.println("abrir loaded");
 }
  if(myVR.load((uint8_t)setenta_e_cinco) >= 0){
   Serial.println("abrir loaded");
 }
  if(myVR.load((uint8_t) cinquenta) >= 0){
   Serial.println("cinquenta loaded");
 }
  if(myVR.load((uint8_t)vinte_e_cinco) >= 0){
   Serial.println("abrir loaded");
 }
  if(myVR.load((uint8_t)girar) >= 0){
   Serial.println("girar loaded");
 }
      break;

      case cem:
      myservo_1.write(180);
      myservo_2.write(180);
      myservo_3.write(180);
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 48 - Código para movimentar a mão biônica, parte 8.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
myservo_4.write(180);
myservo_5.write(180);

break;

case setenta_e_cinco:
myservo_1.write(75);
myservo_2.write(75);
myservo_3.write(75);
myservo_4.write(75);
myservo_5.write(75);

break;

case cinquenta:
myservo_1.write(50);
myservo_2.write(50);
myservo_3.write(50);
myservo_4.write(50);
myservo_5.write(50);
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 49 - Código para movimentar a mão biônica, parte 9.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

cont §

```
break;

case vinte_e_cinco:
myservo_1.write(25);
myservo_2.write(25);
myservo_3.write(25);
myservo_4.write(25);
myservo_5.write(25);

break;

 case fechar:
myservo_1.write(0);
myservo_2.write(0);
myservo_3.write(0);
myservo_4.write(0);
myservo_5.write(0);


break;
```

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 50 - Código para movimentar a mão biônica, parte 10.

cont | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

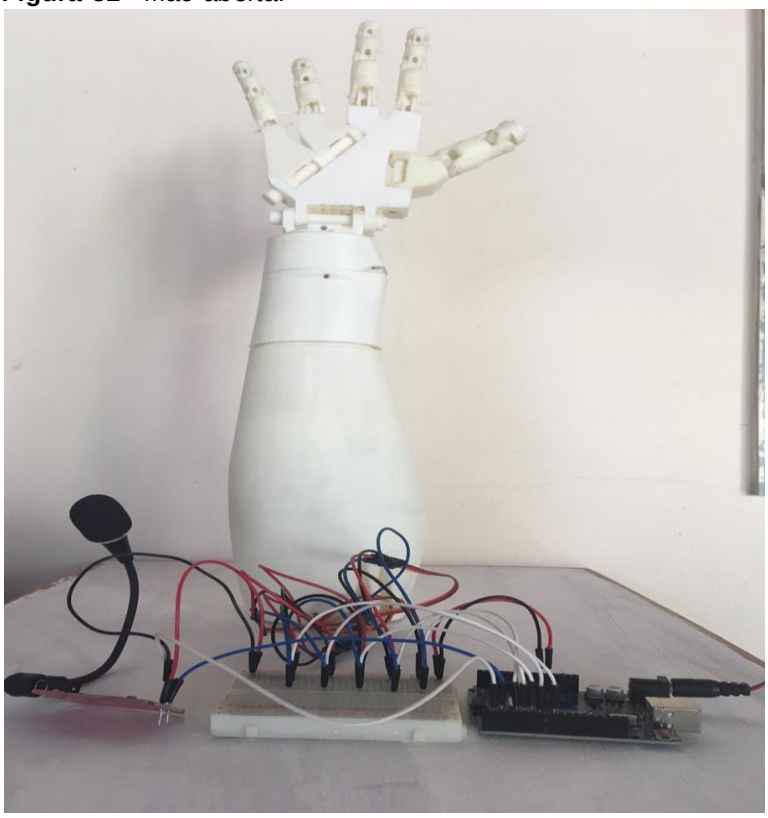
cont §

```
        case fechar:
        myservo_1.write(0);
        myservo_2.write(0);
        myservo_3.write(0);
        myservo_4.write(0);
        myservo_5.write(0);


        break;

        case girar:
        myservo_6.write(180);

        default:
        Serial.println("Record function undefined");
        break;
    }

    printVR(buf);
  }
}
```

Fonte: Elaboração do autor.

Os códigos que foram apresentados no terceiro passo têm como objetivo movimentar os dedos e o pulso da mão biônica ao ser pronunciada a palavra abrir, fechar e girar, isto é, quando falarmos próximo ao microfone do módulo de reconhecimento de voz, a palavra “abrir”, todos os dedos da mão se abrirão; quando a palavra ditada for “fechar”, todos os dedos irão fechar, e quando emitirmos a palavra “girar”, o pulso irá girar 180º em sentido horário. veja Fig. 51, 52 e 53

Figura 51 - Mão aberta.

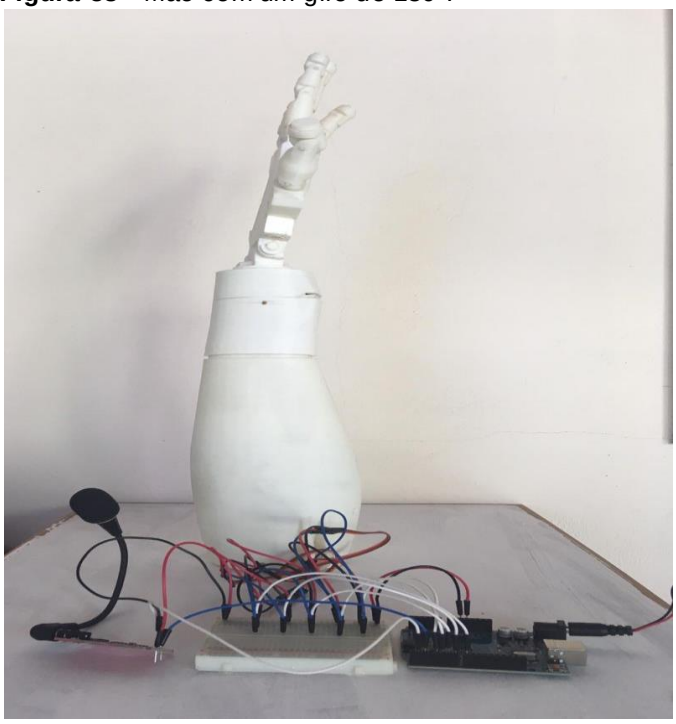


Fonte: Elaboração do autor.

Figura 52 - Mão fechada.

Fonte: Elaboração do autor.

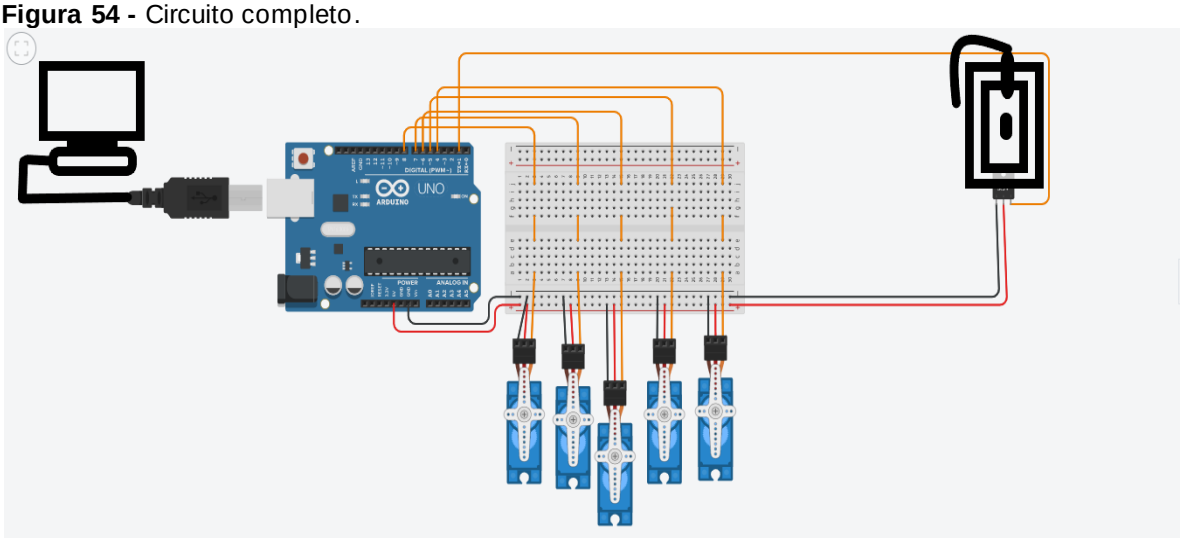
Figura 53 - Mão com um giro de 180°.



Fonte: Elaboração do autor.

Na veja Fig. 54 podemos visualizar o diagrama do circuito completo

Figura 54 - Circuito completo.



Fonte: Elaboração do autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este manual teve como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma mão biônica controlada por voz, assim, para facilitar a sua construção, dedicamos uma seção na qual foi apresentado passo a passo de como montar a carcaça da mão e de como acoplar a ela a placa Arduino UNO, a placa protoboard, seis servos motores, as linhas de nylon, os cabos jumpers e o módulo de reconhecimento de voz V3. Nesse mesmo seguimento, também apresentamos os códigos essenciais que deram os movimentos à prótese da mão biônica, a saber, abrir a mão, fechar a mão e girar o pulso.

Neste manual foi apresentado os materiais utilizados na construção da prótese da mão biônica controlada por comando de voz, foi explicado o que é um Arduino Uno, para que ele funciona, como instalar e utilizar o seu Ambiente de Desenvolvimento (IDE). Apresentamos, também, o módulo de reconhecimento de voz V3 e suas funções, a placa protoboard e a sua aplicação, e mostramos um pouco da criação e da história da prótese da mão biônica do grupo Imoov-robô. Logo, nosso objetivo foi esclarecer a função e o uso de cada componente que foi utilizado no projeto, assim, o leitor ao iniciar a reprodução da mão biônica, terá mais facilidade na montagem e no seu funcionamento.

Ao concluirmos as etapas, desde o conhecimento de como cada componente funciona e como utilizá-los adequadamente até a inserção dos códigos no ambiente de desenvolvimento do Arduino (IDE), realizamos a última etapa do projeto, que foi a testagem da prótese. Após colocarmos todos os materiais em seus devidos lugares e digitarmos os códigos no IDE do Arduino, a prótese da mão biônica realizou os movimentos esperados, isto é, abriu e fechou a mão, e depois girou o pulso em 180 graus, de acordo com os comandos de voz selecionados.

Este manual também possui uma seção, no apêndice A, em que podemos utilizar a mão biônica controlada por voz como aparato de acessibilidade, em outras palavras, podemos utilizá-la, ainda que de forma simples, para nos comunicarmos com as pessoas com deficiência auditiva, pois conseguimos realizar, por meio do comando de voz, algumas articulações com a mão, a saber, a letra A, B, D, I, L e U do alfabeto em LIBRAS.

REFERÊNCIAS

FURLAN, Gustavo Ambrozini. Entendendo o Arduino UNO o guia definitivo. 2019. Disponível em:<https://eletroshields.com.br/entendendo-o-arduino-uno-o-guia-definitivo/>. Acessado em: 26 mar. 2020.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Nocatec editora, 2011, 456 p.

LANGEVIN, Gaël. Designer francês do InMoov. Disponível em: <http://inmoov.fr/>. Acesso em 18 de abril de 2020.

LOUREIRO, Eduardo Pacheco. **A Física aplicada na transmissão e recepção por ondas de rádio**. 2005, 54 f. monografia (Licenciatura em Física) - Instituto de Física, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, Thiago. Silvatrônics. 05 jun. 2018. Disponível em:<< https://blog.silvatronics.com.br/como-utilizar-protoboard/>>Acessado em 10 jun. 2020.

STRAUB, Matheus Gebert. Download da Biblioteca de Reconhecimento de Voz. 04 Dez. 2015. Disponível em << https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-reconhecimento-de-voz-arduino/>> Acessado em 10 set. 2020.

APÊNDICES A

Sinais do alfabeto em libras

A.1 – Programa Arduino para a execução do alfabeto em libras

A programação abaixo permite que a mão biônica controlada por voz realize alguns sinais do alfabeto em libras, a saber, a letra A, B, D, I, L e U

Figura 55 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 1.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

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

VR myVR(2,3);    // 2:RX 3:TX, you can choose your favourite pins.
Servo myservo_1;
Servo myservo_2;
Servo myservo_3;
Servo myservo_4;
Servo myservo_5;
Servo myservo_6;


uint8_t records[7]; // save record
uint8_t buf[64];

#define abrir          (0)
#define A              (1)
#define B              (2)
#define D              (3)
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 56 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 2.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
#define I              (4)
#define L              (5)
#define U              (6)
#define girar          (7)

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("]");
    }
  }
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 57 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 3.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
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);
```

Compilação terminada.

Fonte: elaboração do autor.

Figura 58 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 4.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

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

void setup()
{
  /** initialize */
  myVR.begin(9600);

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Elechouse Voice Recognition V3 Module\r\nControl LED sample");

   myservo_1.attach(4);
   myservo_2.attach(5);
   myservo_3.attach(6);
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 59 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 5.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
  myservo_4.attach(7);
  myservo_5.attach(8);
  myservo_6.attach(9);

 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)abrir) >= 0){
   Serial.println("abrir loaded");
 }

 if(myVR.load((uint8_t)L) >= 0){
Serial.println("fechar loaded");
}
if(myVR.load((uint8_t)girar) >= 0){
 Serial.println("girar loaded");
```

Compilação terminada

Fonte: elaboração do autor.

Figura 60 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 6.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
  myservo_4.attach(7);
  myservo_5.attach(8);
  myservo_6.attach(9);

 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)abrir) >= 0){
   Serial.println("abrir loaded");
 }

 if(myVR.load((uint8_t)L) >= 0){
Serial.println("fechar loaded");
}
if(myVR.load((uint8_t)girar) >= 0){
 Serial.println("girar loaded");
```

Compilação terminada

Fonte: elaboração do autor.

Figura 61 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 7.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
 if(myVR.load((uint8_t)B) >= 0){
  Serial.println("abrir loaded");
}
 if(myVR.load((uint8_t) D) >= 0){
  Serial.println("abrir loaded");
}
 if(myVR.load((uint8_t)I) >= 0){
  Serial.println("abrir loaded");
}
if(myVR.load((uint8_t)L) >= 0){
  Serial.println("abrir loaded");
}
if(myVR.load((uint8_t)U) >= 0){
  Serial.println("abrir loaded");
}
 if(myVR.load((uint8_t)girar) >= 0){
  Serial.println("Girar loaded");
}
      break;
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 62 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 8.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
case A:
myservo_1.write(180); // fechar dedo//
myservo_2.write(180); // fechar dedo//
myservo_3.write(0); // fechar dedo//
myservo_4.write(180); // fechar dedo//
myservo_5.write(0); // fechar dedo//

break;

 case B:
myservo_1.write(180);   //fechar dedo//
myservo_2.write(0);    // abrir dedo//
myservo_3.write(180); // abrir dedo//
myservo_4.write(0);   // abrir dedo//
myservo_5.write(180); // abrir dedo//

break;
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 63 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 9.

contr | Arduino 1.8.12

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

contr

```
case D:
myservo_1.write(180);  //fechar dedo//
myservo_2.write(0);    // abrir dedo//
myservo_3.write(0);    //fechar dedo//
myservo_4.write(180); //fechar dedo//
myservo_5.write(0);   //fechar dedo//

break;

case I:
myservo_1.write(180); //fechar dedo//
myservo_2.write(180); //fechar dedo//
myservo_3.write(0); //fechar dedo//
myservo_4.write(180); //fechar dedo//
myservo_5.write(180); // abrir dedo//

break;
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 64 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 10.

contr

```
 case L:
myservo_1.write(0); // abrir dedo//
myservo_2.write(0); // abrir dedo//
myservo_3.write(0); //fechar dedo//
myservo_4.write(180); //fechar dedo//
myservo_5.write(0); //fechar dedo//

break;

case U:
myservo_1.write(180); //fechar dedo//
myservo_2.write(0); // abrir dedo//
myservo_3.write(180); //abir dedo//
myservo_4.write(180); //fechar dedo//
myservo_5.write(0); //fechar dedo//

break;

 case girar:

myservo_6.write(180);
```

Fonte: elaboração do autor.

Figura 65 - Gerando códigos para letras em Libras, parte 11.

```
        case girar:

        myservo_6.write(180);

        break;



        default:
        Serial.println("Record function undefined");
        break;
    }

    printVR(buf);
  }
}
```

```
Compilação terminada.

O sketch usa 6086 bytes (18%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 747 bytes (36%) de memória dinâmica, deixando 1301 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.
```

Fonte: elaboração do autor.

APÊNDICE B

E-book: Física Eletrodinâmica

E-book: Física Eletromecânica

Lista de ilustrações

Figura 1 - Carga elementar..... 60
Figura 2 - Repulsão e Atração..... 61
Figura 3 - Transferência de cargas. 62
Figura 4 - Materiais condutores e isolantes. 63
Figura 5 - Força elétrica..... 64
Figura 6 - Campo Elétrico..... 67
Figura 7 - Corrente elétrica..... 69
Figura 8 - Resistores elétricos..... 70
Figura 9 - Campo magnético produzido por um ímã. 73
Figura 10 - Campo magnético produzido em um fio retilíneo..... 75
Figura 11 - Campo produzido em uma espira circular..... 75
Figura 12 - Campo magnético no interior de um solenoide..... 76
Figura 13 - Fluxo magnético..... 79
Figura 14 - Propagação de uma onda eletromagnética. 80
Figura 15 - Microfone de indução..... 89
Figura 16 - Microfone de Carvão..... 89
Figura 17 - Microfone capacitor:..... 90
Figura 18 - Representação em blocos de um transdutor eletromecânico..... 94
Figura 19 - Exemplos de transdutores. 95
Figura 20 - Compressão de um material piezoelétrico. 96
Figura 21 - Piezoelétrico (quartzo): 97
Figura 22 - Estrutura dos componentes para a aquisição de dados. 102
Figura 23 - Estrutura do converso A/D.....103
Figura 24 - Estrutura do converso D/A.....104
Figura 25 - Gráfico da variação da tensão em função do tempo. 105
Figura 26 - Gráfico da tensão contínua.....105
Figura 27 - Conversão de sinais digitais em elétricos. 106

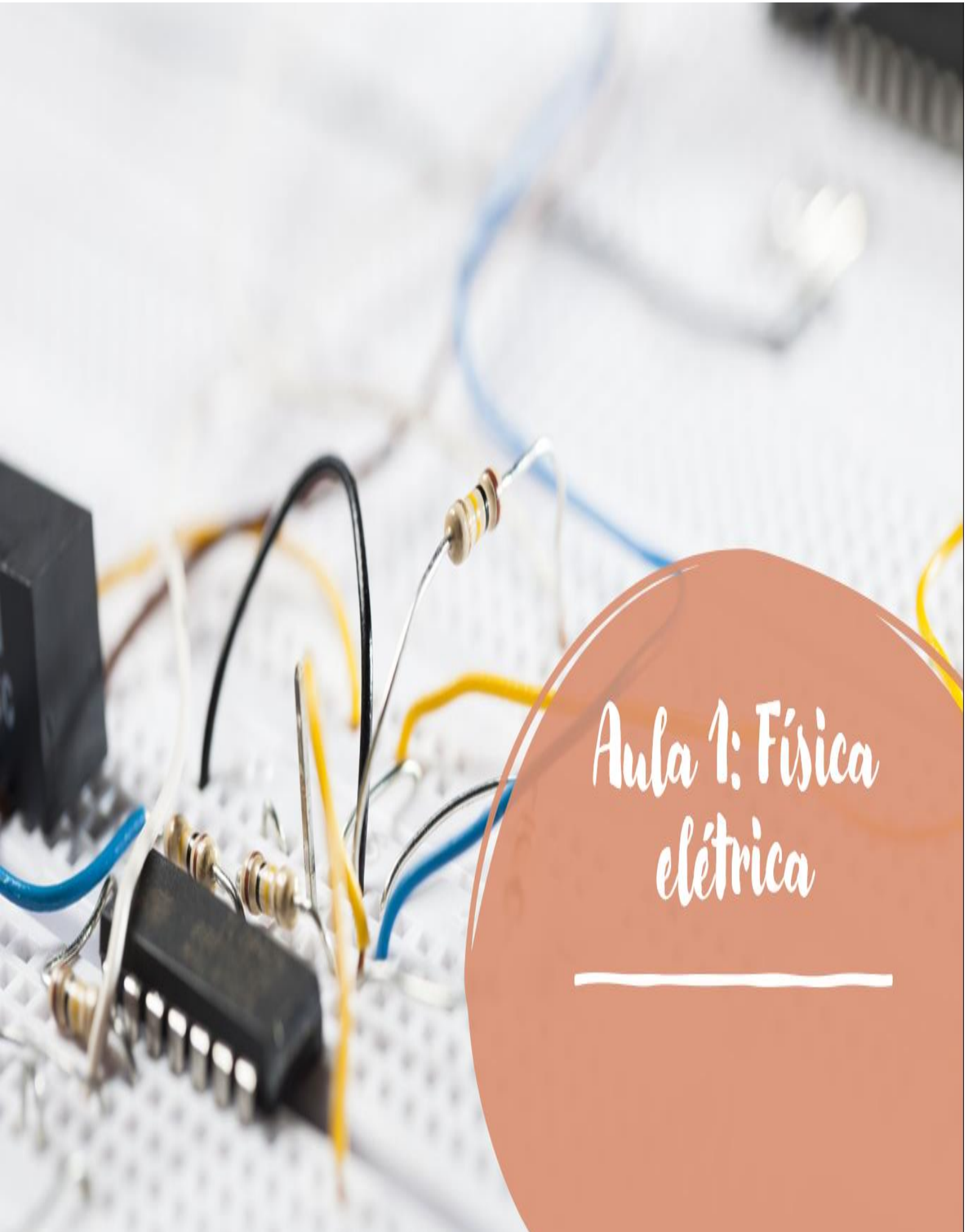
SUMÁRIO

APÊNDICE B2..... 52
1 INTRODUÇÃO 56
Aula 1 - Eletrostática: 58
Aula 2 - Eletrostática/ Eletrodinâmica:..... 66
Aula 3 - Campo magnético: 72
Aula 4 - eletromagnetismo: 78
Aula 5 - Mecânica do Som:..... 83
Aula 6 - Mecânica do Som:..... 87
Aula 7 - Eletromecânica**:**..... 92
Aula 8 - Aquisição de dados para análise de fenômenos:.....100
Aula 9 e 10 - Parte Prática:.....108
REFERÊNCIA.....110

1 INTRODUÇÃO

Por que devemos no atentar ao estudo da Física envolvida nos transdutores eletromecânicos e nos conversores de sinais analógicos em sinais digitais? A resposta é que, conhecendo como ocorre as conversões de grandezas Físicas tais como: movimentos em sinais elétrico, sinais sonoros em elétricos, sinais elétricos em movimento rotacional, sinais elétricos em digitais, entre outros, podemos desenvolver ou manusear, de forma prática, equipamentos que transformam essas grandezas. Logo, este trabalho tem por objetivo apresentar a Física que está relacionada aos aparatos tecnológicos que são responsáveis por realizarem as transduções de energia mecânica em elétrica e vice-versa, mas também, realizarmos uma discussão acerca dos conversores A/D (analógico em digital) e D/A (digital em analógico).

Neste trabalho os conteúdos são apresentados em ordem de conhecimento, isto é, para que o leito não se perca na hora da leitura e que não fique dúvidas devido à falta de conhecimento prévio, organizamos os conteúdos em seções que se iniciam com os temas mais simples até os temas mais complexos. Assim, nossa discursão começa pelo seguimento da eletrostática, depois abordamos sobre os conceitos do eletromagnetismo, em seguida apresentamos os conceitos de ondas sonoras, na sequência falamos sobre os transdutores eletromecânicos e finalizamos com os conversores de sinais analógicos em digitais e digitais em analógicos. Portanto, a discursão acerca dessas temáticas nos permite compreender de forma mais simples o que ocorre nos transdutores eletromecânicos e nos conversores A/D e D/A.



Aula 1: Física elétrica

Aula 1 - Eletrostática:

Tema: Eletrostática
Tempo estimado: 120 minutos
1) **Objetivo:** Geral: • Compreender os conceitos básicos da eletrostática. Específico: • Discutir os conceitos de cargas elétricas, do princípio da eletrostática, dos condutores e isolantes, e da força elétrica.
2) **Conteúdo:** cargas elétricas, princípio da eletrostática, condutores, isolantes e força elétrica.
3) **Recursos Didático:** Notebook, projetor, simulador computacional: Phet Colorado, celular (opcional), quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do simulador computacional Phet Colorado[1]. Com o auxílio de um computador plugado a um retroprojetor, o professor deve realizar simulações por meio do aplicativo Phet Colorado, logo, é necessário exibi-lo na lousa para que todos os educandos possam vir as simulações, após feita-as, o professor deverá pedir que os alunos acessem o aplicativo pelo celular e realizem as mesmas simulações.
4) **Procedimento de Avaliação:** Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Cargas elétricas

Para entendermos à Física Elétrica devemos começar compreendendo o conceito de carga elétrica, David Halliday e Robert Resnick (2016, p.30) definem que: “A carga elétrica é uma propriedade intrínseca das partículas elementares de que são feitos todos os materiais.” Em outras palavras, cada material existente no universo possui átomos e esses têm sua natureza composto por cargas elétricas.

O que é um átomo? Para responder essa pergunta, vamos fazer a seguinte analogia, imaginemos um galho seco, se dividirmos ele ao meio, poderemos visualizar o que há dentro, se dividirmos novamente, continuaremos vendo o que existe dentro da parte que foi dividida e assim por diante, porém, se quebrarmos, desta vez em incontáveis pedaços, chegaremos a um ponto que não conseguiremos mais dividi-lo, e não saberemos o que há no seu interior, esse ponto, foi chamado pelos filósofos gregos de átomo, que significa indivisível. Mas na contemporaneidade já sabemos que o átomo é divisível e composto por partículas elementares tais como: prótons, elétrons e nêutrons, segundo Djalma Nunes da Silva Paraná (1999, p. 463): “Os prótons e os nêutrons constituem o núcleo do átomo. Ao redor desse núcleo giram os elétrons”. Logo, são nesses corpúsculos, prótons e elétrons, que encontramos as cargas elétricas.

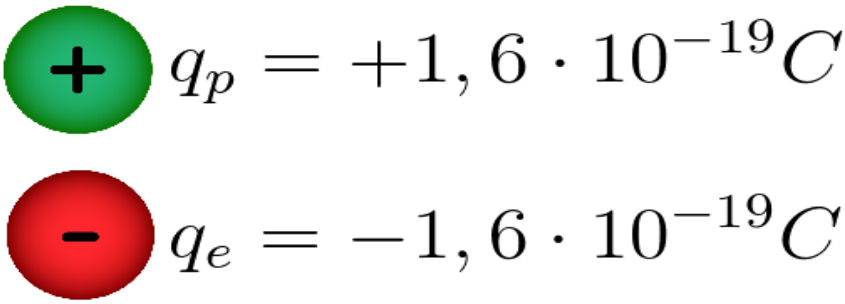
Cargas positivas são prótons, cargas negativas são elétrons e os nêutrons não possuem cargas. Logo, sabemos que um corpo está eletricamente positivo ou negativo, sempre que esse perde ou ganhar elétrons, pois apenas os elétrons saem dos corpos com bastante facilidade. Para que isso ocorra, corpos com quantidades de cargas diferentes devem ser atritadas, por exemplo, ao atritarmos um pedaço de papel guardanapo em uma caneta, estaremos eletrizando (cedendo ou ganhando elétrons) para ambos os materiais, Paraná (1999, p. 464), melhor esclarece: “quando substâncias atritadas com outra, sob condições adequadas, poderá adquirir cargas elétricas, que será identificada como positiva ou negativa quando confrontada com a carga adquirida por um bastão de vidro atritado com seda”.

Como saber se um corpo está eletrizado ou neutro? Para isso basta aproximarmos dois corpos um do outro, se não ocorrer nenhuma reação, concluirmos que ambos estão neutros, isto é, a quantidade de prótons é a mesma que a de

elétrons, porém, se observamos uma atração ou repulsão, um dos corpos ou ambos encontram-se eletrizados positivamente (o corpo perdeu elétrons) ou negativamente (o corpo ganhou elétrons), isso ocorre porque, conforme Halliday e Resnick (2016, p. 31): “partículas com cargas de mesmo sinal se repelem e partículas com cargas de sinais opostos se atraem”. Melhor dizendo, cargas positivas com cargas positivas sofrem repulsão, cargas negativas com negativas repelem-se e cargas positivas com cargas negativas atraem-se.

Sabemos que cada próton e cada elétron possuem uma determinada quantidade de carga. Essa quantidade de carga foi definida experimentalmente pelo Físico norte-americano Robert Andrews Millikan em 1909, no qual ele chamou de carga elementar, representada pela letra (e). A Fig. 1 mostra o valor dessas cargas.

Figura 66 - Carga elementar.



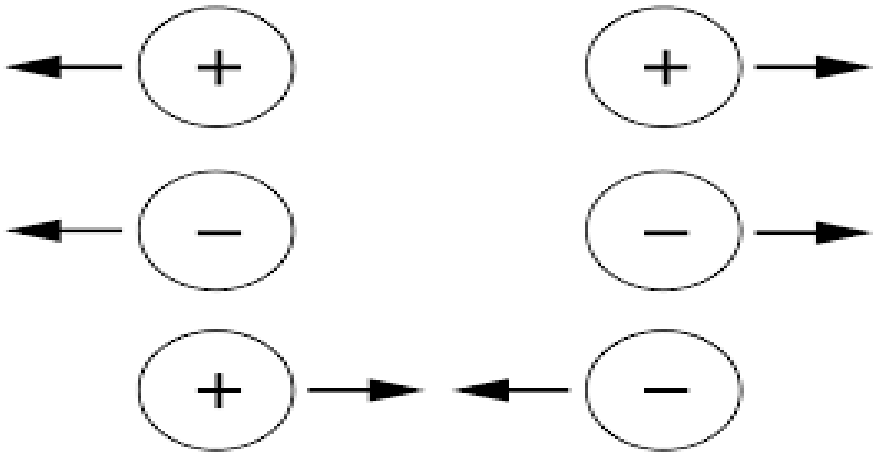
Fonte: https://blog.biologiatotal.com.br/eletrostatica-resumo/ <acessado em 15 de fev. 2021>

Na Fig. 1 podemos observar duas cargas elementares que são representadas por duas esferas, logo, a de cor verde com o sinal de adição representa um próton, carga positiva, e a de cor vermelha representa o elétron, carga negativa. Também podemos observar que ao final de cada valor de carga encontramos a letra C, esse é o valor da intensidade de cargas que representa a unidade da carga elétrica, essa letra é uma homenagem a Charles Augustin Coulomb (1736-1806), físico francês. Esse foi responsável por formular uma lei que explica a interação entre corpos eletrizados a “Lei de Coulomb”, isto é, formulou uma equação capaz de medir a intensidade da força elétrica que é natural de objetos eletrizados.

Princípios da Eletrostática

O princípio da eletrostática complementa o que foi abordado em parágrafos anteriores, mas iremos acrescentar mais algumas suposições para compreendermos melhor o que já foi dito. Então, imaginemos duas bolas de vidro, bem leves, suspensas por uma linha de náilon, chamaremos as bolas de B1 e B2 (bola 1 e bola 2, respectivamente), inicialmente ambas estão com a mesma quantidade de prótons e elétrons, ou seja, neutras. Agora, utilizando um lenço de seda, atrite-o com B1 e em seguida, aproxime B1 de B2. Observe, que B2 foi atraída pela B1 (processo de atração). Então friccionamos o lenço em B2 e aproxime-o de B1, note que ambas se afastarão (sofrerão o processo de repulsão). Esses processos ocorrem porque ao atritarmos as bolas com o lenço, ele retirou elétrons das bolas deixando-as eletrizadas. E por fim, usando um fio condutor, que permite a passagem dos elétrons para a terra, deixaremos B1 novamente neutro e encostaremos B1 em B2. Concluímos que, após certo instante ambos terão a mesma quantidade de cargas. Os dois fenômenos acima citados são conhecidos como: o Princípio da atração e repulsão e o princípio da Conservação de cargas (Paraná, 1999). Veja Fig. 2 como ocorre esse fenômeno

Figura 67 - Repulsão e Atração.



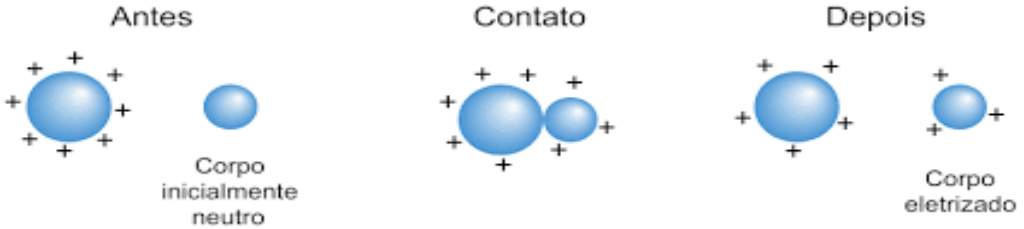
Fonte: http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele05.htm <acessado em 15 de fev. 2021>

Na Fig. 2 podemos observar três situações distintas, na primeira situação vemos duas cargas com sinais positivos, representando prótons, por terem a mesma quantidade de cargas e o mesmo sinal elas estão sofrendo repulsão, isso também

ocorre na segunda situação, em que há dois corpos carregados com a mesma quantidade de cargas negativas, elétrons, na terceira situação temos duas esferas uma carregada positivamente e outra negativamente, com isso o que ocorre é o processo de atração.

Portanto, quando os corpos estão eletrizados positivamente ou negativamente ao se aproximarem ambos irão sofrer atração ou repulsão. E quando a um contato entre eles as cargas serão transferidas, do maior portador de cargas para o menor portador. Logo, obedecendo ao princípio da conservação das cargas. Na Fig. 3 vemos como ocorre a transferência de cargas:

Figura 68 - Transferência de cargas.



Fonte: https://realizeeducacao.com.br/wiki/cargas-eletricas-e-lei-de-coulomb/ <acessado em 15 de fev. 2021>.

Na Fig. 3 podemos observar três situações, na primeira vemos dois corpos, esféricos, um eletrizado com 8 (oito) prótons e o outro está neutro, na segunda situação o a esfera eletrizada entra e contado com a esfera neutra, e depois são separadas, assim, vemos que ambos os corpos ficaram eletrizados um com 5 (cinco) e o outro com 3 (três) prótons, portanto, notamos que a soma algébrica da quantidade de cargas, em um sistema isolado, é constante.

Condutores e isolantes

Observamos em nosso cotidiano, que ao ligarmos um cabo de energia a uma tomada, em bom funcionamento, devemos ter cuidado para não tocarmos no pino de alumínio ou pegarmos em alguma parte na qual o cabo esteja descascado. Essa atenção é necessária para não sofrermos uma descarga elétrica. Pois alguns materiais permitem que os elétrons se movimentem com muita facilidade, tais como: a prata, o cobre, o alumínio entre outros. E há materiais que dificulta a movimentação dos elétrons, como por exemplo, a borracha, o plástico, a madeira etc. Os materiais que permitem que os elétrons se movimentem em sua superfície são conhecidos como condutores e os que dificultam a movimentação dos elétrons são chamados de

isolantes. Retomando o exemplo acima citado, as tomadas e os cabos de alimentações são feitos de plástico, borracha e cobre, por isso é necessário que estejamos atentos ao manuseá-los, porque o cobre é um condutor e o plástico e borracha são isolantes. Veja na Fig. 4 alguns materiais condutores e isolantes:

Figura 69 - Materiais condutores e isolantes.

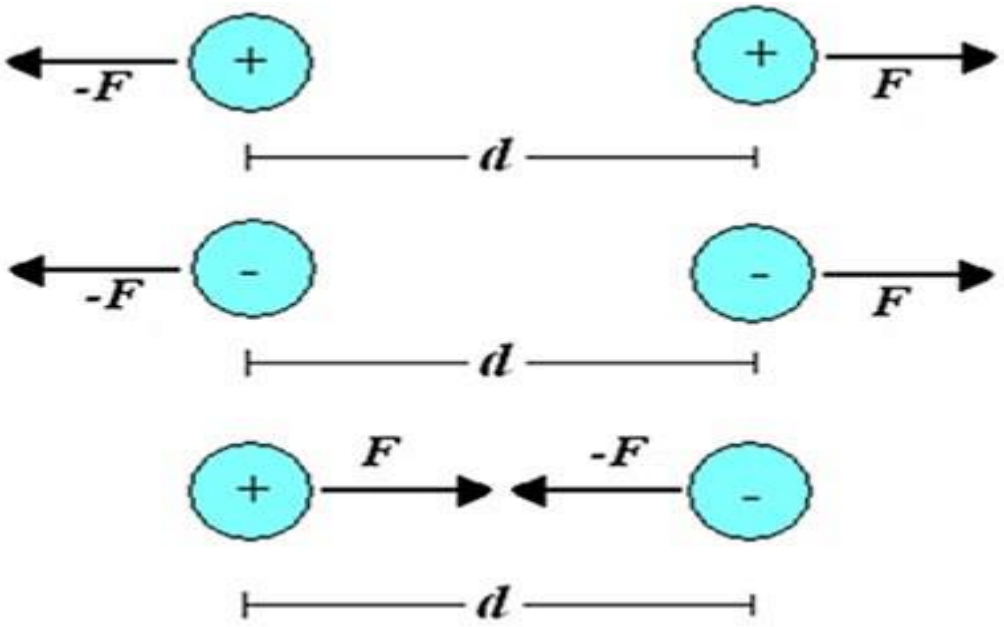
Fonte:http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/pa.ht. <acessado em 15 de fev. 2021>.

Forças que agem sobre corpos eletrizados

Nos conceitos abordados até aqui já concluímos que corpos eletrizados com cargas iguais sofrem repulsão e corpos com cargas diferentes sofrem atração, mas o que iremos aprender nessa seção é o motivo da interação entre esses objetos.

O que leva os objetos eletrizados a se atraírem ou repelirem é a força elétrica, conhecida como a Lei de Coulomb, essa por sua vez, dependerá do meio que as partículas estão inseridas e da distância entre elas. Essa grande descoberta foi realizada pelo Físico Charles Augustin de Coulomb em 1785, que ao utilizar uma balança de torção obteve o valor da atração e repulsão entre os corpos, Halliday e Resnick (2016, p. 35) salientam que: “se as cargas das partículas têm o mesmo sinal, as partículas se repelem, ou seja, são submetidas a forças que tendem a afastá-las. Se as cargas das partículas têm sinais opostos, as partículas se atraem, isto é, são submetidas a forças que tendem a aproximá-las”. A Fig. 5 nos mostra a interação dessa força.

Figura 70 - Força elétrica.



Fonte: http://carlamcoelho.blogspot.com/2012/03/lei-de-coulomb.html <acessado em 15 de fev. 2021>.

Na figura 5 podemos observar o diagrama de força em que as cargas estão realizando uma na outra, em que *F* representa a força elétrica e *d* a distância entre duas cargas. Assim, visualizarmos que, quando as cargas possuem o mesmo sinal, isto é a mesma quantidade de cargas elétricas, a força que age sobre elas tem a mesma direção, porém, sentido contrário, e quando há cargas de sinais opostos, as forças têm a mesma direção e sentido.

Aula 2: Eletrostática/ Eletrodinâmica

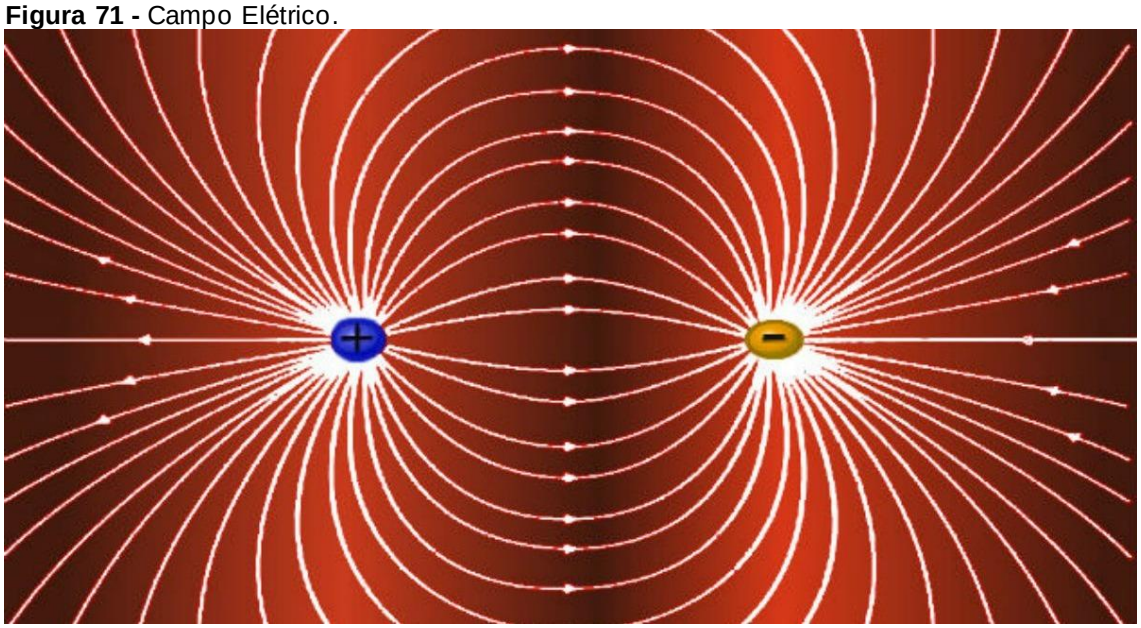
Aula 2 - Eletrostática/ Eletrodinâmica.

Tema: Eletrostática/ Eletrodinâmica
Tempo estimado: 120 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos da eletrostática. Específico: • Discutir os conceitos de Campo Elétrico, Diferença de potencial ou Voltagem, Corrente Elétrica e Resistores.
Conteúdo: cargas elétricas, princípio da eletrostática, condutores, isolantes e força elétrica.
Recursos Didático: Notebook, projetor, simulador computacional: Phet Colorado, celular (opcional), quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do simulador computacional Phet Colorado. Com o auxílio de um computador plugado a um retroprojetor, o professor deve realizar simulações por meio do aplicativo Phet Colorado, logo, é necessário exibi-lo na lousa para que todos os educandos possam vir as simulações, após feita-as, o professor deverá pedir que os alunos acessem o aplicativo pelo celular e realizem as mesmas simulações.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Campo Elétrico

Partículas carregadas com cargas positivas ou cargas negativas ao se aproximarem exercem uma força sobre a outra, porém, de onde vem essa força? A resposta é simples; cada carga eletrizada emite um campo elétrico, e para detectarmos esse campo basta aproximarmos outra carga elétrica, logo, ocorrerá a interação entre elas. Antônio Eduardo Alexandria de Barros e Pâmella Gonçalves Barreto (2017, p.18) nos dizem que: “De modo geral, definimos campo como uma grandeza que pode ser associada à posição. Como por exemplo, pode considerar uma sala onde ligamos um ar-condicionado. Em cada ponto da sala temos um valor específico de temperatura do ar”. Isto é, o campo não é uniforme, logo cada posição dará um valor diferente. Então, para sabermos a intensidade do campo elétrico que uma partícula carregada produz, devemos aproximar dessa partícula uma carga de prova, assim, a força elétrica entrará em ação e atingirá a carga extra. Na Fig. 6 podemos observar como o campo elétrico é representado.

Figura 71 - Campo Elétrico.



Fonte: https://www.todamateria.com.br/campo-eletrico/ <acessado em 15 de fev. 2021>.

Na Fig. 6 são observadas duas cargas elétricas que estão sendo representada por esferas, uma da cor azul, esfera positiva, pois está carregada positivamente, e a outra de cor amarela, esfera negativa, porque está carregada negativamente. O campo elétrico é representado pelas linhas brancas, logo, observamos que elas saem da carga positiva e entram na carga negativa.

Diferença de potencial ou Voltagem

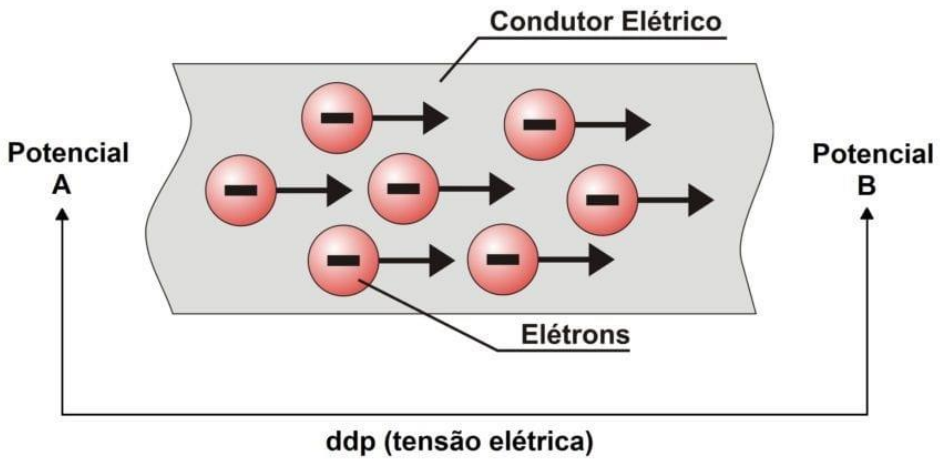
Como já sabemos o que é um campo elétrico, vamos fazer uma aplicação prática. Imaginemos uma partícula em repouso no ponto ***a***, então, aplicamos sobre ela um campo elétrico, e observamos que a carga se movimentou espontaneamente para o ponto ***b***, isso ocorreu devido a uma força eletrostática que fez a partícula realizar trabalho. Por conseguinte, essa movimentação só foi possível porque houve uma variação de energia potencial elétrica presente no campo elétrico. Segundo Paraná (1999, p. 484): "Esse fato leva a uma constatação: os pontos de um campo elétrico possuem uma característica escalar denominada potencial elétrico". Esse é o responsável por dar movimentação as cargas elétricas, levando-as de um lado para outro, contudo, esse fenômeno só irá ocorrer se tivermos uma diferença de potencial entre os dois pontos escolhidos para realizar a experiência.

Corrente Elétrica

Nesse seguimento iremos analisar o que ocorre quando os elétrons estão em movimentos ordenados em fios condutores.

Para que ordenemos os elétrons, precisamos de dois materiais, o primeiro é uma pilha (funciona como gerador de energia) e o segundo um fio condutor, esse permite que os elétrons se movimentem por todo o seu comprimento. O que devemos fazer é pegarmos uma das pontas do fio condutor e colocarmos junto ao polo positivo da pilha, e a outra ponta ao polo negativo, o que irá ocorrer na sequência é a movimentação, de forma ordenada, dos elétrons. Para comprovarmos esse fluxo de elétrons, basta colocarmos uma lâmpada entre as pontas e observaremos que ela irá acender. Logo, definimos corrente elétrica como sendo a movimentação dos elétrons de maneira ordenada. Barros e Barreto (2017, p. 17) nos dizem que: "Se considerarmos um condutor metálico submetido a uma diferença de potencial (ddp), em seu interior é gerado um campo elétrico E. Nesse campo, cada elétron fica submetido a uma força elétrica fazendo-os entrarem em movimento ordenado [...]". Então, o campo elétrico produzido no interior do gerador é o responsável por criar uma corrente elétrica. A Fig. 7 nos mostra a corrente elétrica em um fio condutor.

Figura 72 - Corrente elétrica.



Fonte: https://conhecimentocientifico.r7.com/corrente-eletrica/
<acessado em 15 de fev. 2021>.

A figura 7 representa a passagem de elétrons, esferas com sinais negativos, por um fio condutor, devido a diferença de potencial entre o ponto **A** e o ponto **B**. Pois sempre que há diferença de potencial entre dois pontos, os elétrons tendem a se movimentarem, saindo do maior potencial para o menor potencial.

Resistores

Quando conectamos um aparelho eletrodoméstico, por exemplo, um ferro de passar roupa, a uma tomada, nota-se que com o passar do tempo, esse ferro sofre um aquecimento, por que isso ocorre? Este efeito que leva ao aquecimento dos materiais eletrodomésticos é causado pelos resistores (materiais que dão resistência à passagem de elétrons), pois esses têm a finalidade de diminuir o fluxo da corrente elétrica, por conseguinte, os aparelhos esquentam, isto é, os resistores são capazes de transformarem energia elétrica em energia térmica, Paraná (1999, p. 500) complementa que: “A corrente elétrica que atravessa um resistor também pode ser alterada pela tensão (ddp) entre seus terminais”. Portanto, resistores são materiais responsáveis por diminuir o fluxo da corrente elétrica. Na Fig. 8 podemos ver alguns resistores elétricos:

Figura 73 - Resistores elétricos.

Fonte: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/resistores.htm <acessado em 15 de fev. 2021>

Na Fig. 8 estão representados os resistores elétricos, como podemos notar, cada resistor possui um conjunto diferentes de cores, essas cores especificam a intensidade de cada resistor, elas são apresentadas da seguinte maneira: a primeira linha representa o primeiro algarismo, a segunda linha representa o segundo algarismo, a terceira linha é o número de zeros ou valor do expoente da potência de base 10 e a quarta linha indica a tolerância, que vai de 5% a 20%.

Aula 3: Eletrodinâmica

Aula 3 - Campo magnético.

Tema: Eletrodinâmica
Tempo estimado: 120 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos da eletrodinâmica. Específico: • Discutir os conceitos potência elétrica, campo magnético e campo magnético gerado por corrente elétrica.
Conteúdo: Potência elétrica, campo magnético e campo magnético gerado por corrente elétrica.
Recursos Didático: Notebook, projetor, simulador computacional: Phet Colorado, celular (opcional), quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do simulador computacional Phet Colorado. Com o auxílio de um computador plugado a um retroprojetor, o professor deve realizar simulações por meio do aplicativo Phet Colorado, logo, é necessário exibi-lo na lousa para que todos os educandos possam vir as simulações, após feita-as, o professor deverá pedir que os alunos acessem o aplicativo pelo celular e realizem as mesmas simulações.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Potência elétrica

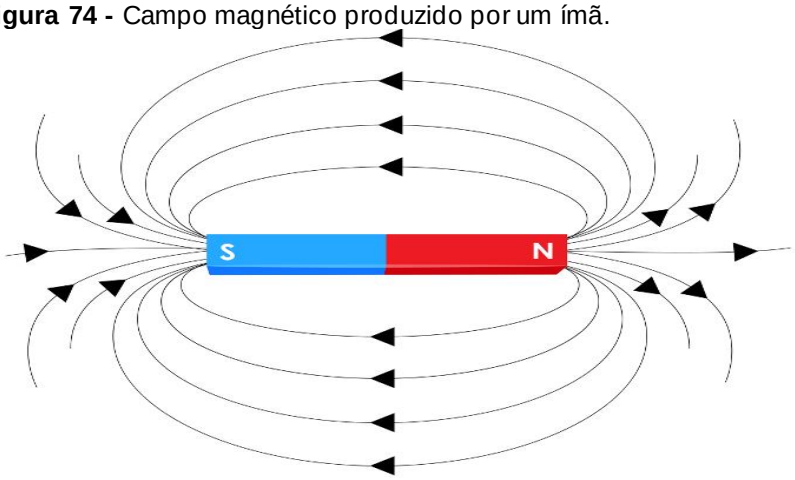
Já sabemos que os resistores diminuem o fluxo dos elétrons em materiais condutores, porém, quando isso ocorre, parte da energia elétrica é transformada em energia térmica. Desse modo, a energia transformada por intervalo de tempo é caracterizada como potência elétrica. Em todos os aparelhos eletrodomésticos encontramos o valor da energia gasta por um determinado intervalo de tempo, esse valor geralmente vem representado pela letra **W**, que significa watt.

Campo Magnético

O campo magnético é análogo ao campo elétrico, ambos geram uma perturbação no espaço no qual se encontram. O campo elétrico é criado a partir de cargas elétricas, em repouso, já o campo magnético é gerado a partir da movimentação de partículas eletricamente carregadas ou a partir dos próprios elétrons, devido a sua movimentação ao redor do seu eixo, assim, gerando campo magnético.

Campos magnéticos são produzidos em materiais condutores de eletricidade, quando nesses materiais há partículas carregadas movimentando-se ordenadamente sobre eles. Mas também, no universo existem materiais que produzem campo magnético, por exemplo, o ímã, que na sua estrutura interna os campos magnéticos se somam gerando assim uma perturbação ao redor do objeto. Na Fig. 9 podemos visualizar, de modo ilustrativo, um campo magnético

Figura 74 - Campo magnético produzido por um ímã.



Fonte: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico.htm
<acessado em 15 de fev. 2021>

Na Fig. 9 está representado um imã, esse por sua vez emite campo magnético que sai dos polos, a saber, polo Norte, a parte vermelha do imã, e o polo Sul, a parte azul. Dessa imagem também podemos fazer duas observações: a primeira é que as linhas de campos magnéticos saem do polo Norte e vão até o polo Sul, e a segunda observação é que, a intensidade das linhas de campo é maior nas proximidades dos polos.

Campo magnético gerado por corrente elétrica

Em um experimento realizado em 1820, o físico dinamarquês Oersted (1777-1851) notou, que a aproximação de uma bussola (agulha magnética) a um circuito elétrico ligado, causava um desvio na agulha, quando desligava a corrente presente no circuito a agulha retornava ao estado inicial, Carlo Sérgio Calçada e José Luiz Sampaio (1998, p. 454) nos afirma que: "O fato de a agulha sofrer desvio significa que, em torno do condutor percorrido por corrente elétrica, há um campo magnético". Logo, foi por meio dessa observação que se originou o eletromagnetismo, isto é, a unificação do campo elétrico com o campo magnético.

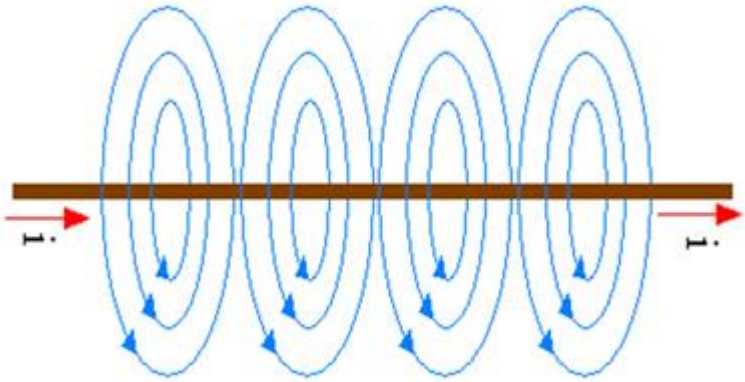
A intensidade do campo magnético depende da intensidade da corrente elétrica, por conseguinte, quanto maior a corrente elétrica maior será a intensidade do campo magnético, mas também, por meio de experimentos constatou-se que o meio e a distância influenciam na intensidade magnética.

A intensidade do campo magnético pode ser analisada em condutores, tais como: condutor retilíneo, condutor com formato de uma espira circular e condutor com formato de uma solenóide. Nos parágrafos seguintes iremos abordar brevemente o comportamento do campo magnético produzido pelos condutores acima mencionados.

A passagem de corrente elétrica por um condutor retilíneo, por exemplo, por um fio de cobre esticado, irá gerar ao seu redor um campo magnético com formato de uma circunferência, de acordo com Calçada e Sampaio (1998, p. 455): "Por meio de limalha de ferro podemos notar que as linhas de indução do campo magnético são circunferências concêntricas com o condutor e situadas em planos perpendiculares a ele". Assim, as linhas de campo serão sempre perpendiculares aos fios condutores,

isto é, irão formar um ângulo de 90º (noventa graus) entre si. Veja na Fig. 10 como isso ocorre:

Figura 75 - Campo magnético produzido em um fio retilíneo.

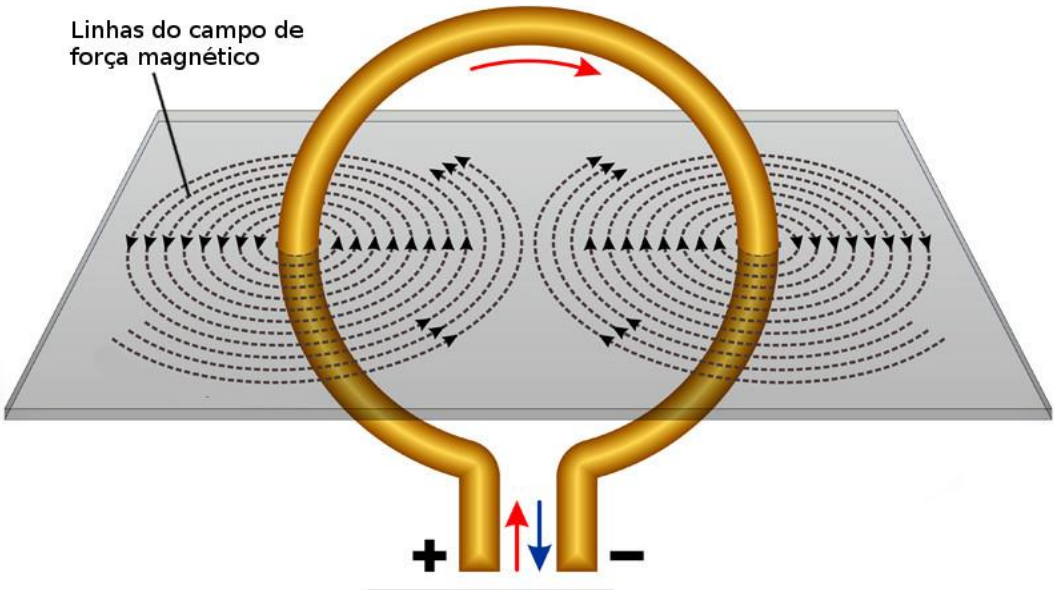


Fonte: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-gerado-por-fio-condutor.htm <acessado em 15 de fev. 2021>.

Na Fig. 10 observamos que quando uma corrente elétrica passa por um fio condutor, irá gerar nele um campo magnético perpendicular ao sentido da corrente.

Utilizando uma espira circular condutora e aplicando sobre ela uma corrente elétrica, essa corrente produzirá campo magnético e linhas de indução, que passarão pelo centro da espira, com direção normal ao plano da espira. A Fig. 11 nos mostra esse campo, veja:

Figura 76 - Campo produzido em uma espira circular.

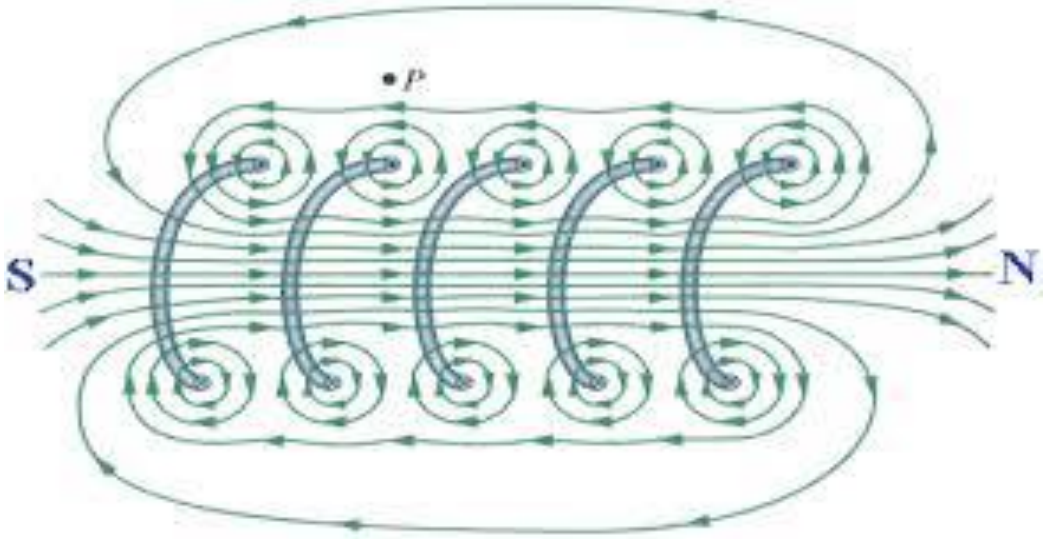


Fonte: https://www.infoescola.com/fisica/espiras/ <acessado em 15 de fev. 2021>

Na Fig. 11 vemos uma corrente elétrica que atravessa uma espira circular, quando isso acontece, é produzido linhas de campos magnéticos paralelos a uma superfície plana e perpendicular ao sentido da corrente elétrica.

Agora iremos analisar o campo magnético produzido no interior de um solenoide, Segundo Calçada e Sampaio (1998, p. 471): “Chama-se solenoide ou bobina longa a um fio condutor enrolado em hélice cilíndrica”. Ao aplicarmos uma corrente elétrica na bobina longa, em seu interior irá gerar um campo de indução magnética com direção ao eixo do solenoide e as linhas produzidas serão paralelas entre si. Veja o campo na Fig. 12:

Figura 77 - Campo magnético no interior de um solenoide.



Fonte:http://ensinoadistancia.pro.br/EaD/Eletromagnetismo/LeiAmpereExe/LeiAmpereExe.html <acessado em 15 de fev. 2021>.

Na Fig. 12 é mostrado as linhas de campos magnéticos que atravessam um solenoide, essas linhas surgem devido a passagem de corrente elétrica. Como podemos observar, no interior do solenoide as linhas ficam paralelas entre si, e em cada espirar circular, o campo se comparta como foi mencionado na Fig. 11.

Aula 4: Ondas Eletromagnética

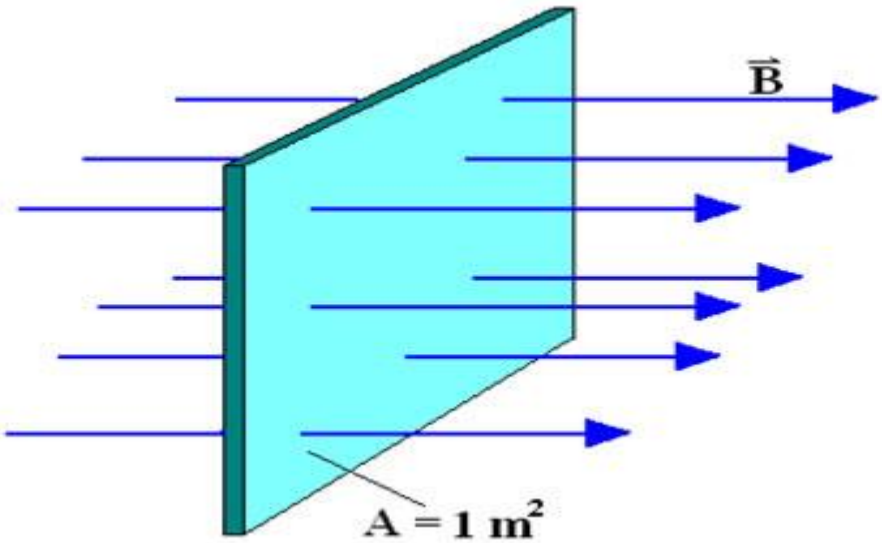
Aula 4 – eletromagnetismo.

Tema: Eletrodinâmica
Tempo estimado: 50 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos da eletrodinâmica. Específico: • Discutir os conceitos da indução eletromagnética produzida por ímã e das Ondas eletromagnética
Conteúdo: Indução eletromagnética produzida por ímã e ondas eletromagnética.
Recursos Didático: Notebook, projetor, simulador computacional: Phet Colorado, celular (opcional), quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do simulador computacional Phet Colorado. Com o auxílio de um computador plugado a um retroprojetor, o professor deve realizar simulações por meio do aplicativo Phet Colorado, logo, é necessário exibi-lo na lousa para que todos os educandos possam vir as simulações, após feita-as, o professor deverá pedir que os alunos acessem o aplicativo pelo celular e realizem as mesmas simulações.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Indução Eletromagnética produzida por ímã

Para compreendermos a indução magnética, devemos entender primeiro o conceito de fluxo magnético, que segundo Barros e Barreto (2017, p. 39): “O fluxo de indução de um campo magnético está relacionado com a quantidade de linhas de indução que atravessa uma área A”. Isto é, se tivermos um ímã, ele irá produzir campo magnético, se colocarmos este ímã próximo a uma superfície plana, essa área será atravessada por linhas de campo, logo, a quantidade de linhas que atravessam a superfície é o fluxo magnético. Veja esse fluxo na Fig. 13:

Figura 78 - Fluxo magnético.



Fonte: https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico.htm <acessado em 16 de fev. 2021>.

Então, como podemos observar na Fig. 13 cada linhas de cor azul representa o campo magnético, logo, a quantidade de linhas que passam pela placa em um determinado momento é o que chamamos de fluxo magnético.

Agora que compreendermos o significado de fluxo magnético, surge a seguinte pergunta; o que acontece no interior de uma espira condutora quando aproximamos ou afastamos um ímã? Faraday (1791-1867) observou que a variação de um campo magnético gera uma corrente elétrica em uma espira condutora, e conforme Barros e Barreto (2017 p. 40): “A indução magnética consiste na variação do fluxo magnético que gera em um condutor em forma de espira ou bobina (várias espiras) uma corrente elétrica induzida proveniente de uma força eletromotriz (ddp) induzida na(s) espira (s)

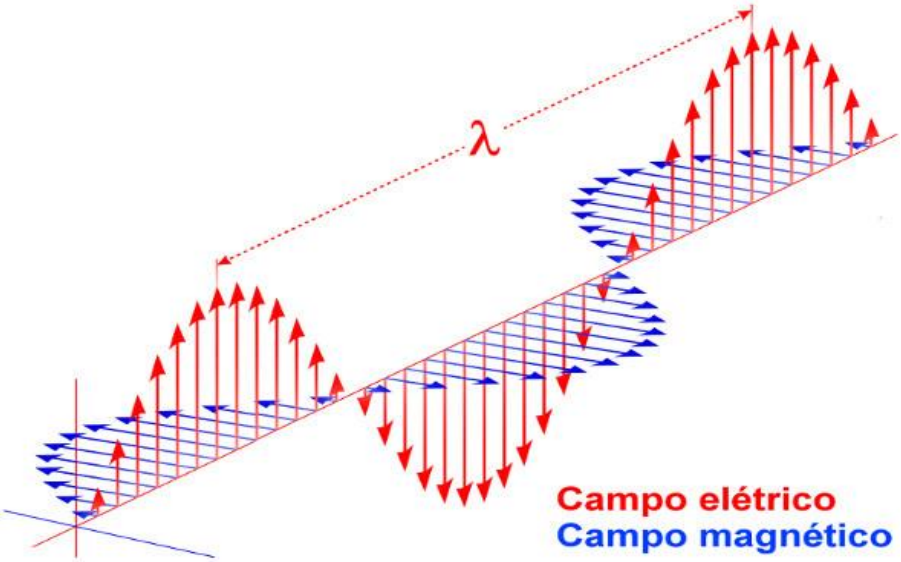
[...]". Essa corrente elétrica é conhecida como corrente induzida, pois ela surge devido a uma força eletromotriz de indução, essa foi gerada por um campo magnético.

Ondas eletromagnéticas

Em seus estudos por volta de 1864, o físico escocês James Clerk Maxwell (1831 -1879) propôs matematicamente que a variação de um campo elétrico produzia um campo magnético. Essa formulação teve sua comprovação experimentalmente anos depois. (CALÇADA; SAMPAIO, 1998).

A variação de um campo magnético produz campo elétrico e a variação do campo elétrico produz campo magnético, esses efeitos foram denominados campo elétrico induzido e campo magnéticos induzido, respectivamente. Com esses conceitos já definidos, Maxwell apresentou uma teoria na qual sugeria que a variação do campo elétrico produz campo magnético, e o campo magnéticos gerado pela variação do campo elétrico também é variável, portanto, gera campo elétrico, esses campos vão se movimentando pelo espaço como uma onda, Maxwell os denominou de ondas eletromagnéticas, isso só foi possível porque esses fenômenos apresentaram as seguintes características: reflexão, refração, difração, interferência e transporte de energia (CALÇADA; SAMPAIO, 1998). Na Fig. 14 podemos observar a propagação de ondas eletromagnéticas.

Figura 79 - Propagação de uma onda eletromagnética.



Fonte: https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ondas-eletromagneticas.htm <acessado em 16 de fev. 2021>

Na Fig. 14 podemos observar o comportamento senoidal de um campo elétrico, representado pelas setas vermelhas e de um campo magnético, representado pelas setas azuis. Outra observação que podemos fazer é que o campo elétrico é perpendicular ao campo magnético.

Quando há ondas eletromagnéticas? Calçada e Sampaio (1998, p. 549) nos responde que: “[...] ondas eletromagnéticas são produzidas por cargas elétricas aceleradas. Portanto, cargas elétricas em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (em relação a um referencial inercial) não emite ondas eletromagnética”. Em outras palavras, quando o elétron está se movimentando por um fio ou mesmo ao redor do núcleo do átomo, se o seu campo elétrico não variar, não teremos ondas eletromagnéticas.

Aula 5: Som

Aula 5 - Mecânica do Som.

Tema: Mecânica do Som
Tempo estimado: 50 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos da Mecânica do Som: • Discutir os conceitos das ondas sonora, do som e da velocidade do som.
Conteúdo: Ondas sonora, som e velocidade do som.
Recursos Didático: Notebook, projetor, simulador computacional: Phet Colorado, celular (opcional), quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do simulador computacional Phet Colorado. Com o auxílio de um computador plugado a um retroprojetor, o professor deve realizar simulações por meio do aplicativo Phet Colorado, logo, é necessário exibi-lo na lousa para que todos os educandos possam vir as simulações, após feita-as, o professor deverá pedir que os alunos acessem o aplicativo pelo celular e realizem as mesmas simulações.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Ondas sonoras

Devido ao avanço da tecnologia produzimos vários experimentos capazes de modificar ou transformar os fenômenos naturais. Um bom exemplo a ser citado, é a transdução da energia sonora em energia elétrica. Essa conversão ocorre quando um aparato, por exemplo um microfone, é atingido por pressões de ar, logo, o aparelho começa a enviar sinais elétricos em forma de corrente elétrica. Nessa seção iremos estudar os fenômenos físicos das transformações das energias sonoras e energia elétrica.

Som

O Som é uma das principais características da transformação de ondas sonoras em elétricas. Esse fenômeno, o som, ocorre devido as vibrações, das partículas, criadas a partir de pressões em meios materiais, a saber, sólidos, gasosos e líquidos. Essas vibrações passam de molécula em molécula até chegar ao um receptor, por exemplo, o ouvido humano. Outro aparelho, mas artificial, capaz de receber ondas sonoras, geradas por meio das vibrações das partículas, é o microfone, esse pode amplificar ou diminuir a intensidade do som. Mais adiante iremos detalhar melhor o seu funcionamento e suas principais características.

Para que possamos detectar sinais sonoros por meio de sensores naturais ou artificiais, as ondas do som precisam fazer uma pressão em um aglomerado de partículas, essas pressões serão responsáveis por transferir as vibrações para outras moléculas até que essas agitações cheguem a um receptor, por exemplo, ao ouvido humano ou a um transdutor de energia mecânica, consoante Moysés Nussenzveig (1969, p. 122): “Um fluido como a atmosfera não pode transmitir tensões tangenciais, de modo que as ondas sonoras na atmosfera são ondas longitudinais, associadas a variações de pressão, ou seja, a compressões e rarefações”. A compressão e a rarefação aumentam e diminuem, respectivamente, a densidade do ar quando ocorre perturbações, logo, essas perturbações permitem a transferência da energia sonora (as vibrações).

Velocidade do Som

O som, como já discutimos, propaga-se em meios materiais, porém, para cada meio sua velocidade é alterada, isso ocorre devido as moléculas estarem próximas ou distantes umas das outras. Outra característica que modifica a velocidade do som é a temperatura, segundo Paraná (1999, p. 437): “Como o som se propaga através de moléculas, sua velocidade depende do meio de propagação, havendo influência da temperatura que este apresenta”. Logo, quando maior for a temperatura, maior será a velocidade, e quanto menor a temperatura menor será velocidade, isto se justifica porque com temperaturas elevadas as partículas ficam mais agitadas, isto é, têm maiores vibrações.

Aula 6: Intensidade do som

Aula 6 - Mecânica do Som.

Tema: Mecânica do Som
Tempo estimado: 50 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos do funcionamento do microfone.
Conteúdo: Intensidade sonora e Funcionamento dos microfones.
Recursos Didático: Notebook, projetor, quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do aplicativo Power Point para realizar apresentações visuais. O professor deverá colocar a turma em formato de círculo, pois assim poderá haver maior participação da classe na aula, também é essencial estimular os alunos a realizarem perguntas.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Intensidade sonora

Entendemos como intensidade a quantidade de energia por segundo que atravessa uma determinada área, logo, a intensidade sonora se baseia nesse princípio, isto é, na quantidade de energia sonora que atravessa uma determinada área, segundo Paraná (1999, p. 441): “Intensidade ou volume é a qualidade que depende da amplitude do som e permite distingui-lo como forte ou fraco”. Logo a intensidade está relacionada com a energia do som. Sobre a intensidade sonora, os cientistas já descobriram que o ouvido humano pode perceber uma intensidade que está na faixa de frequência entre 20 Hz e 20 KHz.

Microfones

Os microfones são aparelhos capazes de transformarem energia sonora (energia mecânica) em energia elétrica ou sinais elétricos, Eduardo Pacheco Loureiro (2005, p. 15) nos diz que: “As ondas sonoras excitam vibrações mecânicas em um diafragma fino e flexível. Essas vibrações mecânicas são por fim convertidas em sinais elétricos”. Os microfones que realizam essa conversão são, a saber, o microfone de indução, o microfone de carvão e microfone de capacitor.

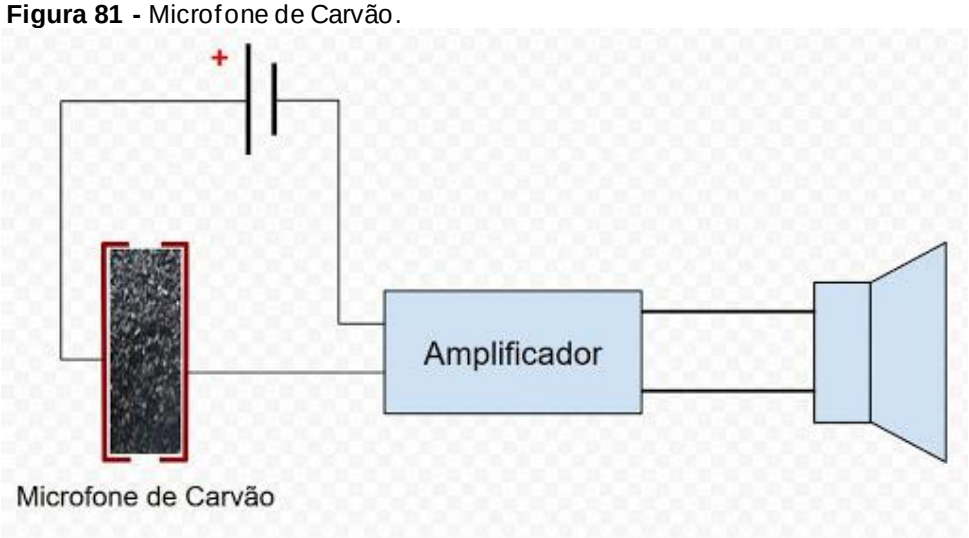
O microfone de indução obedece ao princípio da indução magnética proposta por Faraday, isto é, ao variamos o fluxo magnético, por exemplo, de um ímã, aproximando-o ou afastando-o de variais espiras circulares, iremos variar o fluxo magnético, assim, irá gerar uma força eletromotriz (ddp) na bobina, presente no microfone, logo, teremos uma corrente elétrica no sistema, Loureiro (2005, p. 15) elucida que: “A variação da pressão do ar movimenta o ímã e este movimento provoca a variação do fluxo magnético que por sua vez induz uma força magnética nos elétrons livres do condutor da bobina conhecida como Força de Lorentz”. Na Fig. 15 podemos visualizar o microfone de indução.

Figura 80 - Microfone de indução.

Fonte: https://perceberomundo.blogs.sapo.pt/4233.html <acessado em 16 de fev. 2021>

O microfone de carvão é composto por um circuito elétrico, esse circuito é acionado por uma fonte de energia elétrica. O seu funcionamento consiste basicamente na resistência gerada devido a compressão nas partículas de carvão ou descompressão nas moléculas de carvão, que fazem a corrente elétrica imitir sinais de acordo com a frequência sonora. Veja-o na Fig. 16

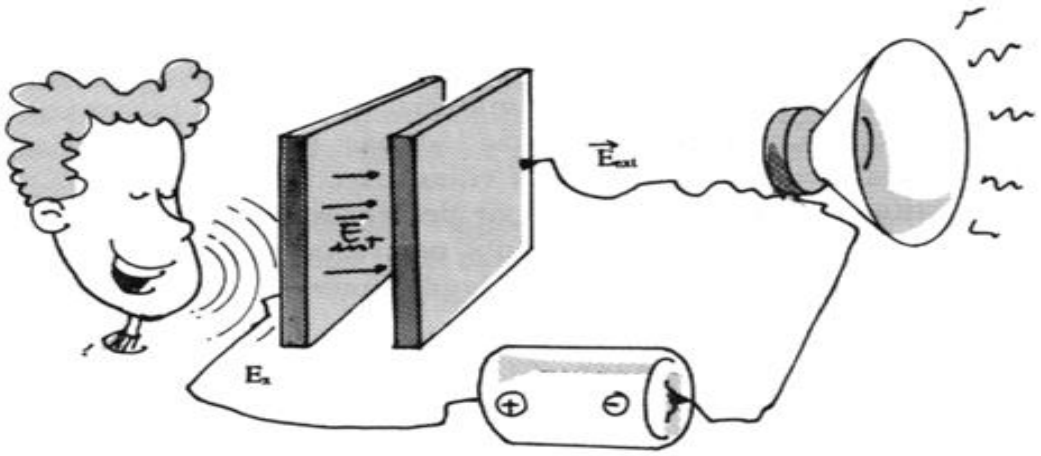
Figura 81 - Microfone de Carvão.



Fonte: http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de <acessado em 16 de fev. 2021>

O microfone de capacitor é composto por dois capacitores paralelos entre si, esses são ligados a uma fonte elétrica, segundo Loureiro (2005, p. 17): “Ligadas a esta fonte, as placas do capacitor são carregadas com cargas de sinais opostos, surgindo um campo elétrico entre elas. Quando as variações de pressão do ar provocadas pelo som atingem o capacitor, a distância entre as placas varia alterando o campo elétrico criado por elas”. Logo, surge uma corrente elétrica, esta estará consoante as vibrações das ondas sonoras. Ver Fig. 17

Figura 82 - Microfone capacitor:



Fonte: https://www.mobility-br.com/LeonardoVinci/Capacitores/body6.xhtml <acessado em 16 de fev. 2021>

São por meio dos microfones que as transduções da energia sonora para a energia elétrica ocorrem ou vice e versa. Esses equipamentos além de aumentarem ou diminuem a intensidade sonora, também são capazes de fazerem instrumentos tecnológicos realizarem operações de comando, por exemplo, o movimento dos dedos da mão biônica controlada por voz.

Aula 7: Eletrodinâmica

Aula 7 – Eletromecânica**.**

Tema: Eletromecânica
Tempo estimado: 50 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos da eletromecânica. Específico: • Discutir os conceitos de: transdutores eletromecânicos e materiais piezoelétrico.
Conteúdo: transdutores eletromecânicos e materiais piezoelétrico.
Recursos Didático: Notebook, projetor, quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do aplicativo Power Point para realizar apresentações visuais dos conteúdos desta aula. O professor deverá colocar a turma em formato de círculo, pois assim poderá haver maior participação da classe na aula, também é essencial estimular os alunos a realizarem perguntas.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

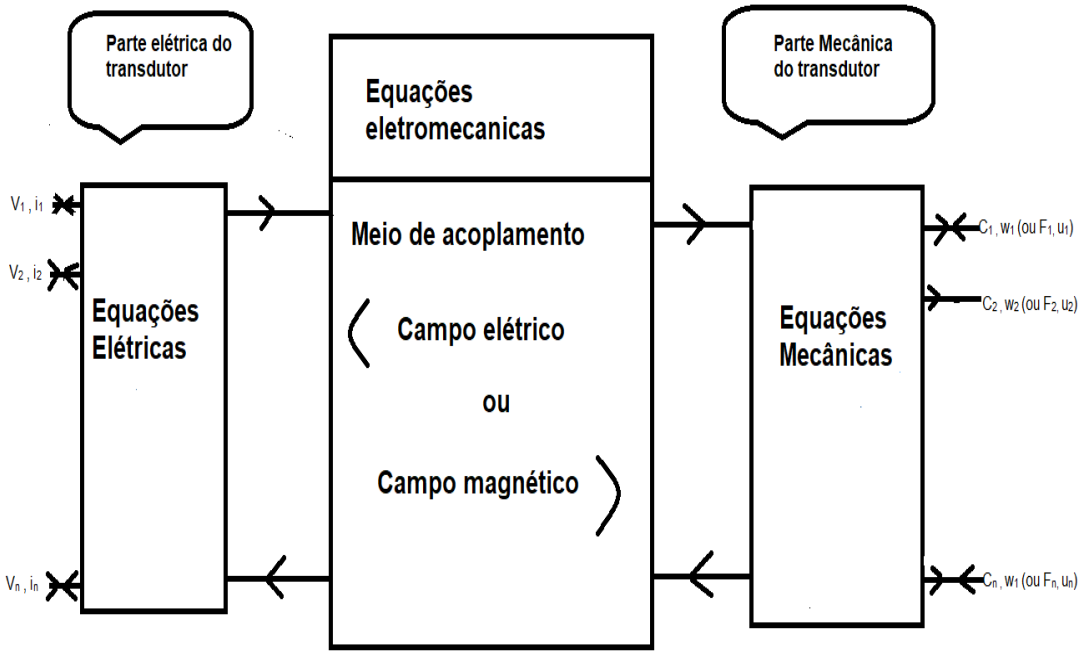
Transdutores eletromecânicos

O que são transdutores? Conforme Aurio Gilberto Falcone (1979, p.1): “transdutores ou conversores são dispositivos que tomam uma forma de energia e a convertem em outra [...]”. Em outras palavras, são materiais que tem por finalidade as conversões/transformações de magnitudes físicas, por exemplo, calor em energia elétrica, pressão em energia elétrica, movimento em energia elétrica, energia sonora em energia elétrica, entre outras. Estes dispositivos são muito utilizados na eletrônica, a saber, em microfones, esse converte sinais sonoros em sinais elétricos, alto-falantes que fazem o processo contrário do microfone, antenas para televisões, que convertem ondas eletromagnéticas em sinais elétricos, e motores elétricos, nesses ocorrem o processo da conversão de energia elétrica em energia mecânica. Neste produto utilizarmos os transdutores que convertem ondas sonoras em elétricas, elétricas em sinais digitais e elétricas em mecânica.

Os dispositivos que convertem ondas sonoras em elétricas ou elétricas em mecânicas são denominados de transdutores eletromecânicos, segundo Domingos; Weiss e Wolf (2013, p.18): “Um campo elétrico ou magnético estabelecido no dispositivo é a base de operação e de conversão de energia. Ao ser aplicado corrente no transdutor, o movimento relativo é estabelecido entre as partes móveis e fixas que o constituem, efetuando-se a conversão eletromecânica de energia”. Melhor dizendo, a passagem de corrente elétrica por um conversor (transdutor) fará com que a energia elétrica seja convertida em energia mecânica a partir do movimento das seções móveis. Mas também temos o processo contrário, que faz com que um transdutor ao ser pressionado por algo externo, por exemplo, a pressão que a voz faz em um material piezoelétrico, converte energia mecânica em energia elétrica. Timoteo e Faesarella (2017, p. 55) complementa nos dizendo que: “Alguns tipos de dispositivos conversores eletromecânicos de energia realizam essa conversão por meio da utilização do campo magnético ou campo elétrico do próprio equipamento. Esses equipamentos são dimensionados de forma a propiciar a interação entre o campo elétrico ou magnético do circuito e um elemento passivo presente no sistema [...]”. Isto é, Os dispositivos, que não estão fixos na parte interna dos transdutores eletromecânicos, ao receberem impulsos das variações dos campos elétricos ou magnéticos, se movimentarão, portanto, é nesse instante que temos a conversão de energia elétrica em mecânica.

Conforme Falcone (1979, p.1): “De uma maneira geral um transdutor eletromecânico pode ser considerado, resumidamente, como constituído de três partes: uma elétrica, uma mecânica, e uma eletromecânica propriamente dita”. Na parte elétrica é o local onde podemos definir as equações elétricas, tais como, a ddp (diferença de potencial), corrente elétrica e o fluxo elétrico, na seção mecânica definimos as equações mecânicas e o fluxo da energia mecânica, e no seguimento eletromecânico, é definido as equações eletromecânicas, essas envolvem os meios de acoplamento entre a mecânica e a elétrica. Na Fig. 18 podemos analisar os processos acima citados.

Figura 83 - Representação em blocos de um transdutor eletromecânico.



Fonte: Falcone, 1979, p.1

Sabemos que, a energia elétrica que entra ou sai do transdutor (observada na figura 18) ocorre em certo intervalo de tempo, logo, podemos faz uma soma algébrica das tensões e das correntes, que entram ou que saem do lado elétrico, tais como: v_1, i_1; v_2, i_2; ...v_n, i_n. Estas entradas e saídas fazem as conexões entre a parte elétrica do conversor e o sistema elétrico de tensões. (FALCONE, 1979).

De acordo com Falcone (1979, p.2): “As equações que regem o comportamento do lado elétrico do conversor são estabelecidas pelas leis de Kirchhoff das correntes e das tensões (Σi = 0, nos nós, e Σv = 0, nas malhas)”. Isto é, a somatória das

correntes sempre será nula nos nós e a somatória do potencial será igual zero nas malhas.

O lado mecânico é análogo ao lado elétrico na qual cada entrada ou saída libera uma certa quantidade de energia com o passar do tempo. Quando o movimento é rotacional a energia mecânica de rotação estará associada ao momento de inércia e a velocidade angular, e senão for rotacional, a energia mecânica será relacionada à força e a velocidade de translação (FALCONE,1979).

A conversão/transformação de energia elétrica em mecânica ou vice-versa, basicamente ocorre na parte da eletromecânica, nessa seção o campo elétrico ou campo magnético é associado com as grandezas elétricas ou grandezas mecânicas, a saber, fluxo de indução magnética, densidade de fluxo, corrente elétrica, força mecânica, velocidade de deslocamento e o próprio deslocamento (FALCONE, 1979). Na sociedade contemporânea existem vários dispositivos que são responsáveis por realizarem essas transduções, os chamados transdutores, podemos citar como exemplo, os alto-falantes, microfones, solenoides, os eletroímãs, os reles, entre outros. Na Fig. 19 podemos visualizar alguns transdutores.

Figura 84 - Exemplos de transdutores.

Fonte: https://slideplayer.com.br/slide/46620/ <<acessado em 22 de set. 2020>>.

Os transdutores provam que na natureza a energia não pode ser cria nem destruída, respeitando o princípio da conservação de energia, portanto, a energia está em um estado de constante transformação. (TIOTEO; FAESARELLA, 2017).

Materiais Piezoelétricos

Os transdutores eletromecânicos necessitam de materiais piezoelétricos para realizarem as conversões/transformações de energia ou grandezas físicas. Quando um piezoelétrico sofre uma compreensão, ele libera cargas elétricas que em um material condutor (fio de cobre), produz corrente elétrica e por conseguinte campo elétrico ou magnético, assim, convertendo energia mecânica em energia elétrica, veja esse processo na Fig. 20. Conforme Sergio M. Rezende (2012, p. 379): "Piezoeletricidade é a propriedade que alguns dielétricos têm, de desenvolver uma polarização quando submetidos a uma tensão mecânica. A polarização produzida pela tensão cria cargas de polarização e, portanto, um campo elétrico". O processo contrário também é possível, para isso basta aplicarmos um campo elétrico por meio de uma ddp (diferencial de potencial) no dispositivo, então, o material sofrerá uma deformação mecânica, assim, transformando energia elétrica em mecânica.

Figura 85 - Compressão de um material piezoelétrico.

Fonte: https://www.ceramtec.com.br/materiaisceramicos/piezoceramicos/basicos/ <acessado em 16 de fev. 2021>.

Na Fig. 20 há um compressor de materiais piezoelétricos, sua função é basicamente comprimir o piezo para que haja liberação de cargas elétricas.

Nos dias atuais são conhecidos diversos dispositivos piezoelétricos, aproximadamente mil, todavia, apenas poucos desses materiais são utilizados nas aplicações práticas. O cristal piezoelétrico mais popular é o quartzo (SiO_2), ver figura 21, que possui uma constante piezoelétrica longitudinal de $d = 2 \text{ x } 10 - 12 \text{ m/V}$.

Essa constante d é conhecida como a piezoeletricidade e é própria de cada material, sua função é relacionar a tensão mecânica ou tensão elétrica com a polarização induzida (REZENDES, 2012).

Figura 86 - Piezoelétrico (quartzo):

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Quartzo <acessado em 16 de fev. 2021>.

Os materiais piezoelétricos são bastante utilizados na fabricação de transdutores eletromecânicos, alguns desses materiais servem para a geração de ondas elásticas. Como exemplo, podemos citar o PZT que é um dos materiais mais utilizado em transdutores quando o objetivo é aplicar sobre ele baixas frequências (de no máximo 10kHz), e para frequências acima de 1MHz o quartzo cristalino é o mais empregado. O dispositivo é feito por um disco ou por uma placa retangular, de PZT ou quartzo, com os dois lados cobertos por fios condutores, um dos lados é conectado com um fio externo, permitindo assim o contato elétrico. (REZENDES, 2012).

Aula 8: Eletrodinâmica

Aula 8 - Aquisição de dados para análise de fenômenos.

Tema: Eletromecânica
Tempo estimado: 50 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender os conceitos básicos da eletromecânica. Específico: • Discutir os conceitos de: Aquisição de dados para análise de fenômenos físicos e aquisição de dados para análise de fenômenos físicos sobre os conversores A/D e D/A
Conteúdo: Aquisição de dados para análise de fenômenos físicos e aquisição de dados para análise de fenômenos físicos sobre os conversores A/D e D/A
Recursos Didático: Notebook, projetor, quadro e pinceis.
Metodologia de Ensino: Para a realização desta aula, o docente deverá iniciá-la apresentando os objetivos e metas a serem alcançadas. Após os discentes já terem sido apresentados aos objetivos e metas, o professor deverá apresentar os conteúdos de forma sintetizada, isto é, mostrar aos educandos o que será trabalhado dentro daquela aula, depois deverá expandir cada tópico, para que os educandos possam ter uma melhor compreensão, é sugerido o uso do aplicativo Power Point para realizar apresentações visuais dos conteúdos desta aula. O professor deverá colocar a turma em formato de círculo, pois assim poderá haver maior participação da classe na aula, também é essencial estimular os alunos a realizarem perguntas.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

Conversão de sinais analógicos em sinais digitais e vice-versa

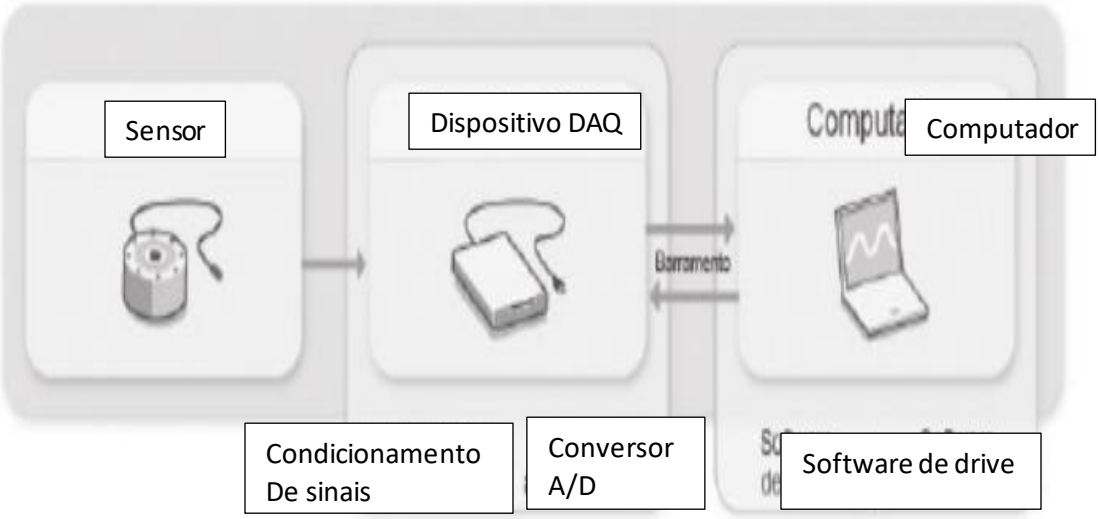
Nesta seção foi discutido como ocorre a conversão de sinais analógicos em sinais digitais e vice-versa. Portanto, o leitor poderá compreender o funcionamento de um sistema de aquisição de dados que converte sinais físicos em sinais digitais.

Aquisição de dados para análise de fenômenos físicos

Podemos pensar em sistema de aquisição de dados como uma ferramenta utilizada para coletar dados, isto é, adquirir informações de um determinado fenômeno ou intensidade física, e após a coleta, documentá-los ou analisá-los para uma melhor interpretação e compreensão dos fenômenos físicos (TEIXEIRA, 2017). Por exemplo, se um eletricista, resolve medir a corrente elétrica de uma residência e em seguida anotar em seu celular ou em um pedaço de papel, essa ação realizada significa aquisição de dados.

Retomando o raciocínio do eletricista, vamos imaginar que ele além de coletar os dados da corrente elétrica, resolva calcular a tensão e a resistência de alguns aparelhos, qual é a melhor forma de realizarmos essa aquisição de dados? Manualmente ou usando aparelhos eletrônicos? A segunda opção nos parece a mais favorável, pois devido aos avanços tecnológicos, a criação de celulares, computadores e aparelhos de medições modernos, o sistema de medição de dados se tornou mais rápido e eficaz, segundo Teixeira (2017, p. 165): “Com os avanços tecnológicos, os processos de medição foram simplificados e tornaram-se mais precisos e confiáveis por meio de equipamentos eletrônicos”. Logo, ao usarmos esses equipamentos eletrônicos capazes de receber e enviar sinais digitais e associarmos a um computador, teremos com mais rapidez a aquisição de dados, assim, poderemos interpretá-los com mais precisão. Para capturarmos os dados precisaremos de três componentes básicos, a saber, sensores, hardware de aquisição e de um computador com software de aquisição. A Fig. 22 nos mostra a estrutura desses componentes

Figura 87 - Estrutura dos componentes para a aquisição de dados.



Fonte: TEIXEIRA, 2017, p. 166.

Na Fig. 22 podemos observar a sequência em que os dispositivos se encontram, isso é devido a cada um deles ter o seu papel na construção da aquisição de dados. Por exemplo, o sensor, que aparece primeiro na imagem, é o responsável por captar as grandezas física, tais como: pressão, corrente, temperatura etc., após a captura das informações, elas são enviadas para o dispositivo DAQ, que realizará o condicionamento de sinais e na sequência enviará para o conversor analógico-digital, esse por sua vez, irá enviar as informações para o computador.

Sensores são dispositivos naturais ou artificias que tem por finalidade receber e responder a sinais ou estímulos físicos. Podemos citar os órgãos sensoriais humanos ou de outros seres vivos, tais como: ouvidos, olhos, entre outros, como exemplo de sensores naturais e aqueles que utilizamos para controlar e processar atividades humanas, por exemplo, a medição de pressão ou níveis em sistema de abastecimento, como os sensores artificias. (BEPPU; SOUZA; KUSAKARIBA, 2015).

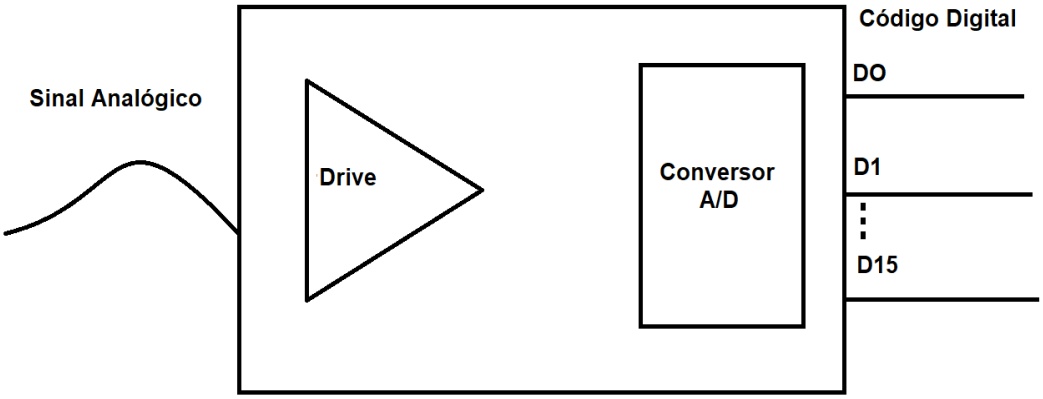
Segundo Teixeira (2017, p. 166): “Um condicionador de sinal é um módulo de circuito especificamente destinado a proporcionar dimensionamento de sinal, amplificação, linearização, compensação da junção fria, filtragem, atenuação, excitação, rejeição de modo comum e assim por diante”. Logo, é nesse componente que os sinais começam a se organizarem de uma forma mais clara, isto é, os sinais passam a adquirirem formatos adequados para que o converso possa captá-los.

A interação entre um computador e os fenômenos físicos ocorre através do Hardware de aquisição de dados, esse dispositivo funciona como um digitalizador de sinais de entrada, que é capaz de formatar os sinais analógicos e os tornarem legíveis para que o computador possa interpretá-los. Essas placas de aquisição de dados são compostas por quatro elementos, a saber, entradas e saídas analógicas, conversores A/D e D/A, entradas e sinais digitais e contadores e temporizadores (TEIXEIRA, 2017).

As entradas analógicas fornecem informações básicas sobre os números de canais, a taxa de amostragem, a resolução e a escala da entrada. Em que a taxa de amostragem determina a frequência que ocorre a conversão de sinais, a resolução indica qual é o menor sinal que pode ser detectado e a escala refere-se aos níveis de tensões.

Conforme Teixeira (2017, p. 68): “O conversor analógico-digital (A/D) produz uma saída digital diretamente proporcional a uma entrada de sinal analógico para digital que pode ser lida pelo computador”. É através desse dispositivo que ocorre a conversão de sinais elétricos em sinais digitais. A Fig. 23 mostra como ocorre o esse processo:

Figura 88 - Estrutura do converso A/D.

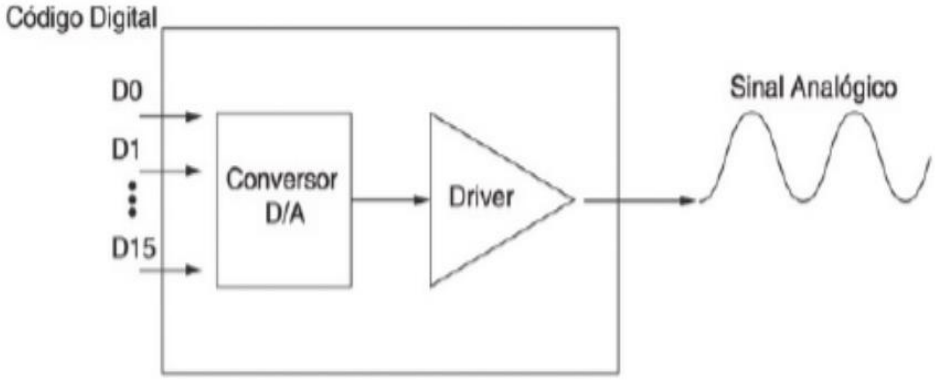


Fonte: TEIXEIRA, 2017, p. 168.

Na Fig. 23 podemos observar que os sinais analógicos (sinais elétricos) são absorvidos pelo driver do conversor e enviados para o conversor A/D, é a partir desse instante que temos a conversão de sinais, isto é, os sinais elétricos foram convertidos em sinais digitais, melhor dizendo em bits.

Os conversores analógicos-digitais possuem saídas analógicas, essa seção é a responsável por gerar estímulos aos sistemas de aquisição de dados e controle (TEIXEIRA, 2017). É por meio desse seguimento que ocorre o processo de conversão de sinal digital em sinal analógico, pois o conversor digital-analógico (D/A) converte sinais digitais em sinais elétricos ou em voltagem. A figura 24 mostra como esse fenômeno ocorre:

Figura 89 - Estrutura do converso D/A.



Fonte: TEIXEIRA, 2017, p. 169.

Na Fig. 24 podemos observar o processo contrário do conversor A/D, isto é, os sinais digitais saem de um computador, ou de um dispositivo que possui as características de trabalhar com sinais digitais, passam pelo conversor vão para o Driver e são convertidas em sinais elétricos (sinais analógicos).

Para o conversor D/A podemos citar três características principais, são elas: tempo de ajuste, sua função é determinar o tempo necessário para que a saída se estabilize, o slew rate, que tem por finalidade definir a taxa máxima de variação que o conversor D/A pode assumir e a resolução de saída, que é o número de bits (TEIXEIRA, 2017).

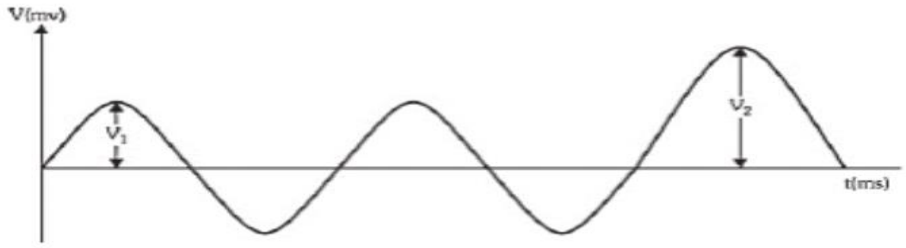
Sobre os conversores A/D e D/A

Vimos na seção anterior que os conversores são dispositivos que convertem sinais elétricos (análgicos) em sinais digitais e vice-versa. Nesse seguimento iremos nos aprofundar um pouco mais em relação a esses aparatos.

A final o que é um sinal analógico? Podemos definir sinais analógicos como qualquer fenômeno físico mensurável, que pode estar ou não variando, isto é, mudando

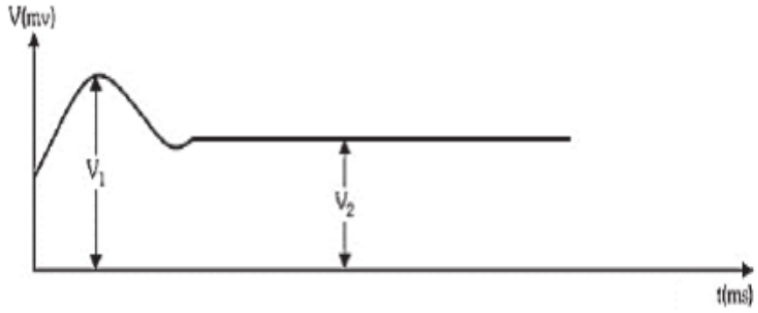
suas características no decorrer do tempo, uma das características mais observadas nesses sinais são suas amplitudes. Podemos mencionar alguns fenômenos, tais como: a tensão elétrica, corrente elétrica, temperatura, pressão, movimento, entre outros. A Fig. 25, melhor exemplificar a variação de uma grande física e a Fig. 26 os sinais contínuos desses fenômenos.

Figura 90 - Gráfico da variação da tensão em função do tempo.



Fonte: TEIXEIRA, 2017, p. 180.

Figura 91 - Gráfico da tensão contínua.



Fonte: TEIXEIRA, 2017, p. 181.

O que são sinais digitais? Podemos definir como sinais digitais os sinais que só assumem uma forma binaria de correspondência, isto é, só pode assumir dois valores para se comunicarem, por exemplo, zero e um, aceso ou apagado, claro ou escuro etc., para uma definição mais técnica, Teixeira (2017, p. 181) nos diz que: “Os sinais digitais, por sua vez, são uma sequência discreta em amplitude, de modo que o conjunto de valores que ele pode assumir é finito”. Sua transmissão pode ser em série ou em paralelo, a transmissão em paralelo indica que vários sinais diferentes estão sendo enviados simultaneamente ao mesmo instante.

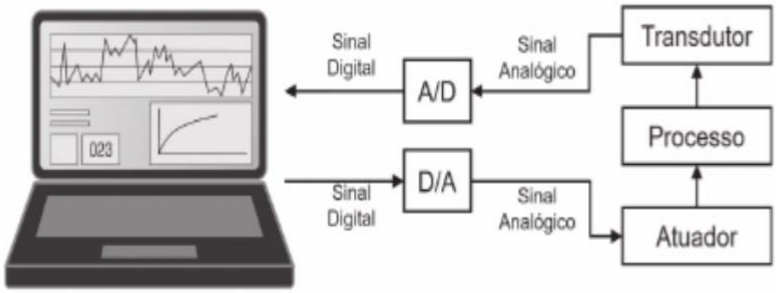
O que é um conversou analógico-digital (A/D)? É um dispositivo que converte sinais analógicos em sinais digitais, esse ao receber um sinal físico, por exemplo, uma

corrente elétrica ou uma determinada tensão, irá gerar um código que será lido por um aparelho digital, como em um computador ou celular.

Para que ocorra a conversão de sinal analógico em sinal digital, o conversor deve ser capaz de realizar uma amostragem, fazer a retenção dos sinais, a quantificação e finalmente a codificação. Assim, a amostragem se caracteriza por analisar diferentes amostras do sinal, isto é, analisa as amplitudes em que o sinal passa, a retenção prende por alguns instantes o sinal, pois o sinal leva um certo tempo para ser convertido, a quantificação irá definir a magnitude do sinal, ou melhor, é nessa seção que é definido a resolução ou a sensibilidade do aparelho, e a codificação é o seguimento que irá gerar os códigos binários (TEIXEIRA, 2017).

Os conversores digitais-analógicos realizam o processo contrário dos A/D, ou seja, eles convertem bits (números binários, 0 e 1) em corrente elétrica ou voltagem. Consoante Teixeira (2017, p. 188): “Cada código de entrada corresponde a um único valor de tensão, mesmo que, posteriormente, o sinal seja filtrado para que a variação de um nível de saída em relação ao seu antecessor e ao seu precedente seja o mais parecido possível com o original”. Então, para cada valor de bits defino o processador irá gerar uma determinada tensão elétrica. Na Fig. 27 podemos observar como ocorrer a conversão de sinais digitais para os sinais analógicos

Figura 92 - Conversão de sinais digitais em elétricos.



Fonte: TEIXEIRA, 2017, p. 188.

Aula 9 e 10 : Apresentação da mão biônica controlada por comando de voz

Aula 9 e 10 - Parte Prática.

Tema: Mão biônica controlada por comando de voz.
Tempo estimado: 100 minutos
Objetivo: Geral: • Compreender o funcionamento da mão biônica controla por comando de voz. Específico: • Ensinar a baixar a e manusear o IDE do Arduino; • Apresentar os componentes da mão biônica; • Discutir como cada componente funciona; • Montar a mão biônica e • Enfatizar a Física presente na mão biônica controlada por comando de voz.
Conteúdo: Hardware do Arduino, instalação do ambiente de desenvolvimento do Arduino (IDE), reconhecimento de voz V3, prótese da mão biônica do grupo InMoov-robô.
Recursos Didático: Notebook, projetor e mão biônica controlada por comando de voz.
Metodologia de Ensino: A aula prática deverá ser realizada em um laboratório de Física (caso a escola possua), pois assim facilitará a transição de turmas. O professor deve apresentar cada componente da prótese da mão biônica, destacando o seu funcionamento, na sequência, com o auxílio de um computador e um retroprojetor, o docente deverá exibir para os alunos o ambiente de desenvolvimento do Arduino (IDE) explicando passo a passo a sua instalação e o modo de usá-lo.

Após a realização dos passos sugeridos acima, o docente montará a mão biônica na presença dos discentes, explicando como realizar cada passo. Ao concluir essa seção, é necessário mostrar a mão funcionando corretamente. Com a mão biônica funcionando, o professor deverá explicar a Física envolvida em cada componente para que a mão possa funcionar, isto é, fazer um resumo de tudo que foi estudado em aulas antepostas. Para a realização das aulas 9 e 10 o professor deverá estar de posse do manual da construção da mão biônica, esse se encontra junto a este produto educacional.
Procedimento de Avaliação: Os alunos serão avaliados de acordo com as perguntas que eles deverão elaborar no decorrer da aula.

REFERÊNCIA

BARROS, A. E. A. de; BARRETO, P. G. B. **Eletromagnetismo:** uma viagem do macro ao micro. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. 96p.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica:** eletricidade. 2 ed. São Paulo: Atual editora, 1998. 584p.

DOMINGOS, Ciro Beduschi; WEISS, Cristhopher; WOLF, Lucas Schwarz. **Transdução de energia sonora para sinais elétricos utilizando material piezoelétrico.** 2013, 90 f. monografia (Curso de Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Automação do Departamento de Eletrotécnica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2013.

FALCONE, A. G. **Eletromecânica.** 5 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1979, 254 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física**: Eletromagnetismo. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 812p.

LOUREIRO, Eduardo Pacheco. **A Física aplicada na transmissão e recepção por ondas de rádio**. 2005, 54 f. monografia (Licenciatura em Física) - Instituto de Física, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

NUSSENZVEIG, H. M. **CURUSO DE FÍSICA BÁSICA:** Fluidos, Oscilações e Ondas Calor. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018, 376 p.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física para o Ensino Médio**. 2. ed. São Paulo: editora ática, 1999, 664 p.

REZENDE, S. **M. Materiais & Dispositivos Eletrônicos**. 3 ed. São Paulo: LF Editorial, 2014, 439 p.

TEIXEIRA, H. T. **Instrumentação eletroeletrônica.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017, 217 p. Disponível em:< https://www.passeidireto.com/arquivo/51775294/livro-instrumentacao-eletroeletronica>. Acesso em: 25 jul. 2020.

TIMOTEO, Sérgio de Paulo Moreno; FAESARELLA, Annete. **Conversão eletromecânica de energia.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017, 212 p.