

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA AUXILIAR NA ORIENTAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS

Joerdson Tiago Batista da Silva
Francisco de Assis Brito Filho

RESUMO

De acordo com o Censo Demográfico do IBGE de 2010, no Brasil cerca de 35,7 milhões de pessoas têm deficiências visuais. Para os deficientes visuais, a maior dificuldade encontrada é uma locomoção autônoma, o que demanda o uso de tecnologias assistivas, que vem se tornando cada vez mais inclusiva e acessível nos anos atuais. Baseando-se nessas premissas, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de bengala eletrônica capaz de auxiliar pessoas com deficiência visual em sua locomoção. O projeto é composto pela interação do microcontrolador arduino com os sensores ultrassônico e infravermelho, os quais detectam obstáculos e alertam o usuário por meio de vibrações e sinais sonoros. Os resultados experimentais obtidos mostram a viabilidade da bengala eletrônica, com a detecção de obstáculos com antecedência, garantindo a segurança do usuário.

Palavras-chave: Deficientes visuais. Tecnologias Assistivas. Microcontrolador. Bengala eletrônica.

ABSTRACT

According to the 2010 IBGE Demographic Census, about 35.7 million people in Brazil have visual impairment. For the visually impaired, the greatest difficulty encountered is an autonomous locomotion, which demand assistive technologies to help them, which has become increasingly inclusive and accessible in current years. Based on these premises, this paper presents the development of an electronic cane prototype capable of assisting visually impaired people in the future. The project is composed by the interaction of the Arduino microcontroller with the ultrasonic and infrared sensors that detect obstacles and alert the user through vibrations and beeps, where such circuit is coupled in a cane of PVC pipes. It was concluded that this prototype proved to be viable for the construction of a final electronic cane model, as it detected obstacles in advance, guaranteeing the user's safety.

Keywords: Visually impaired. Assistive Technologies. Microcontroller. Electronic Cane.

1 INTRODUÇÃO

A visão é um dos canais mais importante de relacionamento do indivíduo com o mundo exterior. Ela capta registros próximos ou distantes e permite organizar, no nível cerebral, as informações trazidas pelos outros órgãos dos sentidos (SADEK, 1998). Nesse contexto, deficientes visuais tem dificuldades no seu cotidiano, seja em casa, na rua, trabalho ou locais públicos de lazer.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2003) classifica a deficiência visual em categorias que incluem desde perda visual leve até a ausência total de visão. Segundo a agência (ONU, 2013), existem 39 milhões de cegos no mundo. Ainda, 246 milhões sofrem de perda moderada ou severa da visão, onde 90% dessas pessoas vivem em países em desenvolvimento. No Brasil, cerca de 45,6 milhões de pessoas possuem alguma

deficiência, o que equivale a 23,9% da população brasileira. Destes, 35,7 milhões têm deficiência visual, 18,6% da população brasileira, segundo dados do censo 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

A maioria das pessoas cegas dependem de outros indivíduos, bengala branca ou cães-guia para se locomover livremente. Nos últimos anos a tecnologia e a pesquisa científica tem trabalhado intensamente no sentido de melhorar a vida das pessoas deficientes visuais. Num sentido amplo, verifica-se que a evolução tecnológica caminha na direção a tornar a vida dos deficientes visuais mais fácil. “Para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis” (RADABAUGH, 1993), e nesse contexto surge as Tecnologias Assistivas.

A TA (Tecnologia Assistiva) deve ser então entendida como o auxílio que promoverá a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou possibilitará a realização da função desejada e que se encontra impedida por circunstância de deficiência (BERCH, 2008) e devido aos grandes avanços da eletrônica, atualmente pode-se encontrar sistemas microprocessados em módulos prontos para uso, dependendo apenas da execução do software.

Com base neste contexto, o concerne deste trabalho está no desenvolvimento de tecnologias que podem ajudar indivíduos com deficiência visual a trazê-los de volta para a sociedade. Dessa forma, o objetivo deste artigo é desenvolver uma bengala eletrônica inteligente, constituída de material de baixo custo, com suporte tecnológico de sensores, dispositivos sonoros e vibratórios que atuem de forma a interagir com o usuário deficiente visual em sua locomoção, evitando obstáculos e priorizando a segurança do traslado do usuário.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO E ESTADO DA ARTE

A busca por tecnologias que facilitem a realização de atividades executadas por deficientes visuais é fonte de diversas pesquisas e novos projetos na área. Dentro do que concerne a locomoção, existem variados trabalhos que consistem em assegurar a melhor execução do trajeto dos deficientes visuais com uma maior segurança, tais como o NavGuide, projeto FIU e o protótipo de bengala simples.

O projeto NavGuide (PATIL et al., 2018) é baseado em um dispositivo que fornece informações simplificadas sobre o ambiente ao redor e deduz informações prioritárias que é fornecida ao usuário através de mecanismos de vibração e feedback de áudio. Composto por seis sensores ultrassônicos colocados no sapato, eles detectam continuamente os obstáculos em seus respectivos escopos, juntamente com um sensor de detecção de piso molhado, que detecta o piso molhado se for pisado pelo sapato NavGuide. Esses dados são armazenados pelo microcontrolador e utilizados para criar um mapa lógico contendo a posição de cada obstáculo à frente, à esquerda e à direita do sapato NavGuide.

Pesquisadores da universidade internacional da Flórida (FIU) desenvolveu um sistema de detecção de obstáculos que usa 3D, com sons em base de leituras de um sistema sonar multidirecional. O protótipo é constituído por dois subsistemas: uma unidade de sonda e bússola de controle, o qual é constituído por seis sensores ultrassônicos que apontam nas seis direções radiais em torno do utilizador e um microprocessador. O protótipo também é constituído por um redenrizador de som, que é composto de fones de ouvido e um assistente pessoal de som (PDA) equipado com software, capaz de processar informações do sonar e da bússola de controle (AGUERREVERE et al., 2004).

De forma similar, podemos encontrar na literatura outras aplicações que auxiliam deficientes visuais através da tecnologia de sensores simples. Alunos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) apresentaram um protótipo composto por sensor ultrassônico, vibracall, buzzer e potenciômetro interligados entre si e conectados a um Arduino Pro Mini. Este último compreende a distância do sensor, colocado na mão do indivíduo e o alerta. A partir de distâncias pré-determinadas, o equipamento emite vibrações e sinais auditivos, que varia em intensidade e frequência de acordo com a proximidade do objeto (ALVES et al., 2016).

Em concordância com o artigo *Wearable Obstacle Avoidance Electronic Travel Aids for Blind: A Survey*, elaborado por Dakopoulos e Bourbakis (2009), foi apontado um estudo mais detalhado no método de avaliação do dispositivo, sendo possível criar uma tabela de pontuações, visando a praticidade e a confiabilidade do sistema do protótipo.

O quadro 1 mostra os recursos que foram criados pelos autores a partir de discursões com vários grupos de usuários (deficientes visuais), desenvolvedores de software e engenheiros. Sendo eles: tempo real (F₁), vestível (F₂), portátil (F₃), confiável (F₄), baixo custo (F₅), amigável (F₆), funcionalidades (F₇), simples (F₈), robusto (F₉), conectividade sem fio (F₁₀), desempenho (F₁₁), originalidade (F₁₂), disponibilidade (F₁₃) e futuro (F₁₄), que melhor representam os seus pontos de vista sobre um Auxílio Eletrônico de Viagem, e uma análise quantitativa, onde foi atribuído pesos (W_i) para cada recurso, criados a partir de comparações entre ambos, onde se um recurso é mais importante que outro, tem-se uma vitória com valor 1, se não for, derrota com valor 0, ao final, é somado todas as vitórias das análises comparativas para cada recurso e encontrado os pesos, importantes do ponto de vista do usuário (DAKOPOULOS e BOURBAKIS, 2009).

Quadro 1 – Recursos analisados.

Recursos	Descrição
F ₁	O tempo de resposta de detecção de obstáculos do sistema precisa de menos que 10 segundos para detectar um obstáculo de 6 pés.
F ₂	O dispositivo é usado no corpo do usuário ou como parte de uma roupa, deixando mãos, pés, voz, olhos, ouvidos e atenção do usuário envolvidas com o ambiente.
F ₃	O dispositivo é leve, pequeno, ergonômico e fácil de transportá-lo sem esforço.
F ₄	O sistema funciona corretamente na rotina e em circunstâncias inesperadas.
F ₅	O dispositivo é, ou será, acessível para a maioria dos usuários.
F ₆	É fácil de aprender, fácil de usar e incentiva o usuário a considerar o sistema positivo
F ₇	O número e a importância do sistema de funcionalidade.
F ₈	As peças do hardware são simples, fáceis de usar e simples de construir.
F ₉	O dispositivo é bem construído e suas funcionalidade varia minimamente.
F ₁₀	O dispositivo está conectado sem fio a um computador para trocar informações,
F ₁₁	Desempenho geral.
F ₁₂	A ideia e a metodologia são originais , promovendo o conhecimento científico.
F ₁₃	O sistema está implementando.
F ₁₄	Melhorias e aprimoramentos futuros.

Assim, cada recurso terá um valor (X_i) entre 0 a 10 e com isso, se aplica os valores na equação 1, de onde se obteve as pontuações do sistema, onde N é o número total de recursos para o sistema e b , um parâmetro escolhido para estabilizar a pontuação final, equivale a 2. Se não temos informações suficientes para uma funcionalidade de um sistema, não nenhuma pontuação (DAKOPOULOS e BOURBAKIS, 2009).

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{w_i X_i}{N} + b \quad (1)$$

Os trabalhos supracitados expõem um resumo do que pode ser encontrado em literatura, envolvendo protótipos de auxílio a pessoas com deficiência que fazem uso de sensores e microcontroladores, os quais forneceram embasamento teórico para o protótipo desenvolvido neste trabalho.

3 MÉTODO

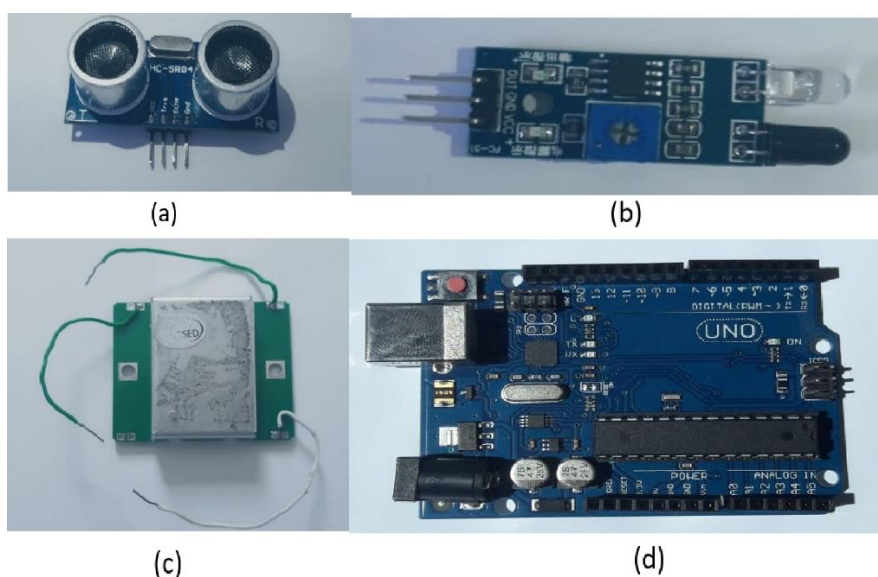
De forma a cumprir com os objetivos do artigo, foi desenvolvido um protótipo, seguindo uma metodologia, na qual o dispositivo é baseado em análises bibliográficas referentes a dispositivos auxiliares de deficientes visuais, juntamente com a programação de microcontroladores em linguagem C++ e eletrônica básica.

Após a finalização das pesquisas sobre a acessibilidade, iniciou-se um estudo sobre as tecnologias a serem utilizadas no desenvolvimento do protótipo. Foi necessário realizar um estudo acerca dos sensores disponíveis, para a escolha de qual seria adotado no projeto, bem como, quais dispositivos auxiliares e programação que seriam utilizados.

3.1 SENSORES E MICROCONTROLADOR

A seleção do sensor é uma tarefa desafiadora para qualquer projeto do sistema, uma vez que afeta criticamente o desempenho do sistema e sua vida útil. Foram estudados três modelos de sensores, sendo eles o sensor HC-SR04, HB100 e INFRAVERMELHO IR e um microcontrolador, o ARDUINO UNO. A figura 1 mostra esses componentes.

Figura 1 – (a) Sensor HC-SR04; (b) Sensor infravermelho IR; (c) Sensor HB100; (d) Arduino UNO.



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 1-(a) mostra o sensor HC-SR04, que é um dispositivo para medição ultrassônica que detecta elementos de caráter analógico de massas sólidas e líquidas com distâncias de 2 centímetros a 4 metros, sem necessidade de contato. É composto por dois canais: uma fonte de emissão de ondas e um receptor de ondas. O sensor emite um sinal sonoro que reflete sobre um objeto, o tempo que esse sinal leva para chegar de volta no sensor é utilizado para o cálculo da distância. Além disso, esses sensores operam através da emissão de ondas que não se sujeita a interferência de outras fontes que emitam radiações eletromagnéticas (ALVES et al., 2016).

O sensor de obstáculo reflexivo infravermelho IR, observado na figura 1-(b), é baseado no sistema de reflexão de luz infravermelha. Ele possui um *Light Emitting Diode* (LED) emissor de infravermelho e um fotodiodo apontando para o mesmo lado, quando algum obstáculo/objeto passa no ângulo de reflexão dentro da distância ajustada, o sensor indica tal situação colocando a saída em nível lógico baixo e um LED vermelho na placa acende. Este módulo possui um potenciômetro de ajuste e regulagem de distância que, no sentido horário, a distância de detecção aumenta e no sentido anti-horário diminui. Esta distância, que pode ficar entre 2cm à 30cm, mesmo ajustada, poderá ser diferente dependendo do tamanho e cor do obstáculo (FLIPFLOP, 2019).

A figura 1-(c) mostra o HB100, um pequeno e compacto sensor de movimento eletrônico que possui como base de funcionamento o efeito de doppler, que é um princípio físico no qual se verifica a alteração da frequência das ondas sonoras refletidas quando o objeto (corpo) refletor se move em relação a uma fonte de onda sonora (CARVALHO, 2008). O sensor é constituído por um transmissor e um receptor, localizado em seu interior. Dessa forma, assim que é alimentado o sensor envia um trem de pulsos com uma frequência de 10,525 GHz (baixa potência) e quando as ondas geradas se deparam com um objeto, elas rebatem e retornam a origem, onde o trem de pulsos recebidos pelo módulo será maior ou menor, dependendo da distância (AGILSENSE, 2019).

A figura 1-(d) mostra o Arduino Uno, uma placa microcontroladora baseada no ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada / saída digital, 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de reset. Ele contém tudo o que é necessário para suportar o microcontrolador, basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou ligá-lo a uma bateria para começar. A plataforma utiliza-se de uma interface simples no computador, utilizando a linguagem baseada na linguagem C++. Neste ambiente de desenvolvimento, são disponibilizadas bibliotecas que permitem o interfaceamento com outros hardwares, permitindo o completo desenvolvimento de aplicações simples ou complexas em qualquer área (ARDUINO, 2019).

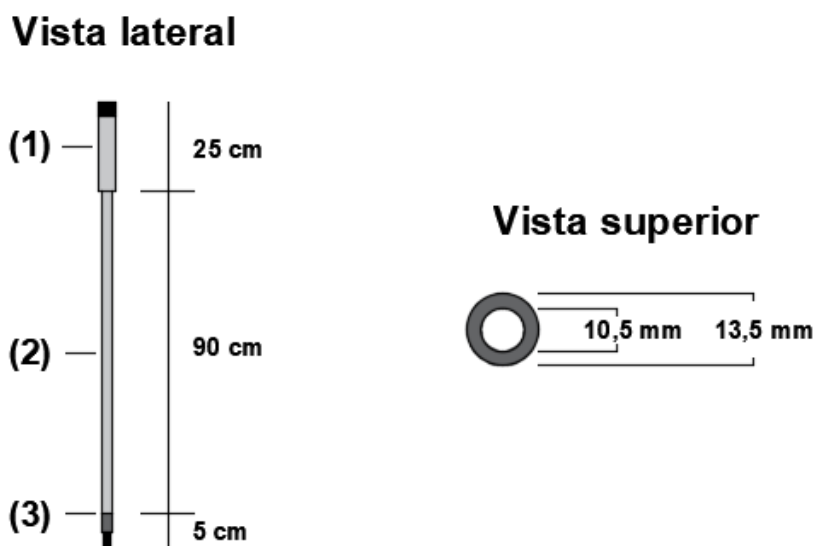
3.2 MODELO ESCOLHIDO PARA O PROTÓTIPO

A bengala é como a roupa que se veste, seu tamanho é individual e personalizado de acordo com a altura de cada indivíduo e poder ser utilizada desde a infância até a idade adulta. Segundo Hoffmann e Seewald (2003), a bengala tem uma função de proteção, orientação e detecção das informações ambientais captadas por sensações táteis e percebidas pelos receptores localizados na mão do indivíduo cego, sendo enviadas ao seu cérebro.

Sendo assim, o modelo escolhido, a bengala longa, comumente utilizada pelos deficientes visuais se caracteriza principalmente por sua leveza e seus tamanhos mais alongados. A Figura 5 mostra como ela é configurada, possuindo basicamente três partes distintas, são elas:

- 1- Pega que permite ao usuário, a partir de empunhadura correta, o manejo do equipamento;
- 2 - Haste que funciona como uma extensão do corpo do usuário e o ajuda na leitura do espaço circundante, por meio de sinais táteis por ela transmitidos quando do toque ao solo;
- 3 - Ponteira responsável pelo contato direto com o solo.

Figura 2 - Esquema de uma bengala longa.



Fonte: SILVA (2009).

3.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento do projeto, fez-se uso de materiais acessíveis, de baixo custo e, que utilizem tecnologias abertas. Para simular a bengala utilizou-se canos de policloreto de polivinila (PVC), sendo que neste está acoplado dois tipos de sensores: um ultrassônico e um infravermelho.

Estão acoplados também um alerta vibratório e um sonoro que tem a função de detectar e alertar os objetos que podem trazer riscos a locomoção do indivíduo. Estes sensores e atuadores são conectados ao Arduino UNO, um dispositivo de automação eletrônica (MCROBERTS, 2011), que por sua vez é responsável pelo controle das distâncias e por alertar o indivíduo quanto a presença de algum obstáculo. O dispositivo foi desenvolvido a partir dos seguintes elementos:

- 1 Placa Arduino UNO;
- 1 Sensor ultrassom HC-SR04;
- 1 Sensor infravermelho IR;
- 2 Buzzer;
- 2 Vibracall;
- 1 Protoboard;
- 1 bateria de 9V;
- Canos PVC diversos;
- Jumpers diversos.

A bengala eletrônica foi dividida em partes na sua construção e possui dois sensores localizados em sua estrutura, sendo o ultrassônico na parte inferior da bengala à 21 centímetros do ponto de contato do piso, visto que, realizado os testes de distâncias com esse sensor, o seu alcance foi maior em relação aos outros, tendo a finalidade de detectar obstáculos com longa distância. E o infravermelho localizado na parte superior da bengala, à 8 centímetros, da parte de pega, com o intuito de detectar obstáculos próximos e de alturas superior a 1 metro, visto que seu alcance de detecção é próximo. O protótipo foi concluído com um comprimento de 110 centímetros.

A caixa central de comandos fica localizada na parte superior da bengala com a fixação do microcontrolador, onde é alimentada por uma bateria de 9 volts. Os dois *buzzer's* foram fixados na *proto board* presa a caixa de condutores, que suporta o Arduino, e os *vibracall*, foi preso internamente na estrutura abaixo da parte de pega da bengala e em sua haste. O protótipo da bengala eletrônica pode ser observado na Figura 3.

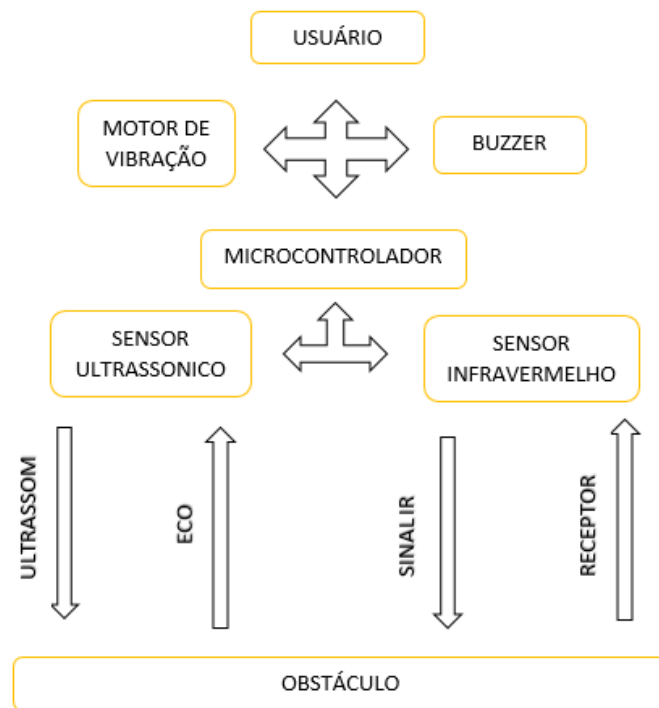
Figura 3 - Protótipo da bengala eletrônica.



Fonte: Autoria própria (2019).

O funcionamento da bengala se resume na figura 4, onde o projeto desenvolvido utiliza como controle um microcontrolador Arduino UNO. O sensor ultrassônico e o infravermelho realizam a interface das informações no ambiente, onde o HC-SR04 emite ondas de alta frequência inaudíveis ao ouvido humano, e estas ondas ao colidirem em algum obstáculo geram ecos que são captados pelo receptor do sonar. Já o infravermelho IR, ao detectar um obstáculo, um LED vermelho na placa acende e a saída vai para nível lógico baixo e em seguidas, ambos têm seus sinais enviados para o Arduino UNO.

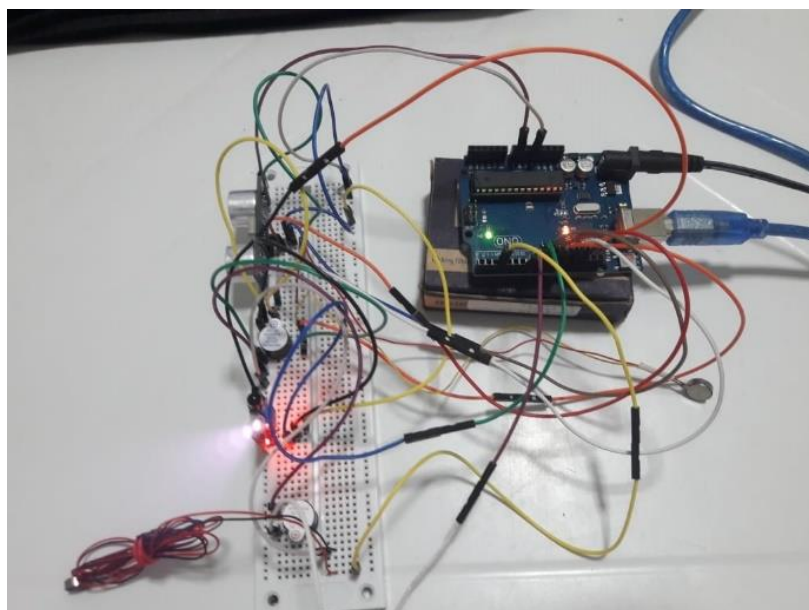
Figura 4 - Funcionamento da bengala eletrônica.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na porta de saída do microcontrolador há um pequeno alto-falante e um motor vibratório (*vibracall*), que servirá como guia auditivo de distância para o usuário, que ao se aproximar do obstáculo, a frequência do sinal sonoro emitido pelo *buzzer* é ativada, junto da vibração do *vibracall*, possibilitando o alerta ao usuário. A Figura 5 apresenta esse sistema utilizado.

Figura 5 – Circuito interno da bengala eletrônica



Fonte: Autoria própria (2019)

4 RESULTADOS

Com o intuito de melhor desempenho do protótipo da bengala, foi realizado um teste de desempenho para escolher os melhores sensores. Os modelos de sensores analisados foram o HC-SR04, INFRAVERMELHO IR e o HB100, com princípios e características diferentes. O parâmetro adotado para as escolhas constituiu em um levantamento bibliográfico das características de cada sensor e um teste de detecção de presença via Arduino.

4.1 TESTES DOS SENSORES E DA BENGALA ELETRÔNICA

Foi realizado uma busca bibliográfica em artigos relacionadas aos sensores e nas respectivas folhas de dados de ambos (*datasheet*), com isso, houve a escolha de alguns parâmetros, importantes para análise comparativa entre ambos, que foram destacados na tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de análise comparativa.

Parâmetros	HC-SR04	HB100	INFRAVERMELHO IR
Alcance (m) ¹	0.02 à 4	0 à 20	0.02 à 0.3
Feixe de Largura (°) ¹	15	-	35
Tipo de Feixe ¹	Cônico	-	Linha
Precisão	Alta	Alta	Alta
Frequência (Hz)	40 K	10,525 G	38 K
Dimensões (mm)	40x20x15	37x14x6	45x37x8
Alimentação (V _{cc})	5	5	3 à 5
Custo	Baixo	Médio	Baixo

Fonte: Autoria própria (2019).

Parâmetros como a precisão, dimensões e o custo unitário foram importantes para a escolha do sensor, pois se adequava ao propósito do artigo, que buscava sensores com essas características, sendo os de melhor destaque, de acordo com a tabela, o HC-SR04 e INFRAVERMELHO IR.

Com as características analisadas, realizou-se os testes de detecção de presença, onde foi proposto analisar os sensores sob distâncias, alturas e angulações diferentes, visto que cada sensor se comporta de maneira diferente diante desses parâmetros. Não foi realizado os testes do sensor HB100 pois o seu sinal foi insuficiente e não constante para a detecção dos obstáculos que seriam propostos.

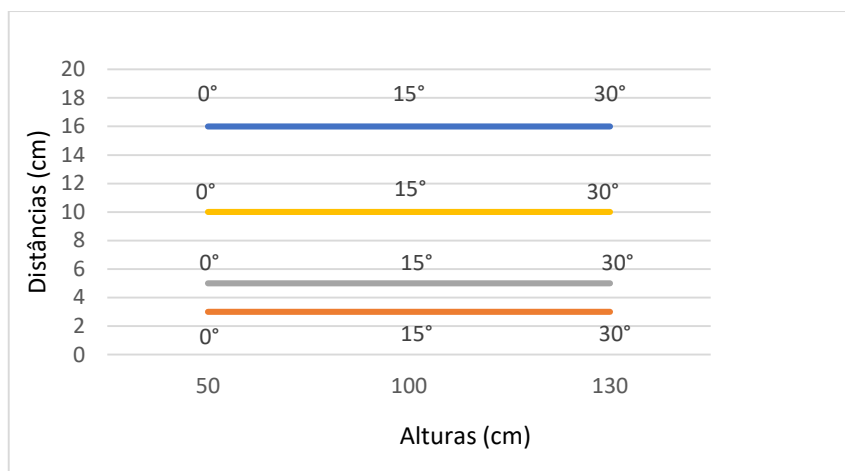
4.1.1 SENSOR INFRAVERMELHO IR

O sensor infravermelho, foi sujeito há ângulos de 0° para a altura de 50 cm, 15° para a altura de 100 cm, 30° para altura de 130 cm para detectar objetos com distâncias de 3 cm, 5 cm, 10 cm e 16 cm. O sensor apresentou uma resposta de rápida precisão (no tempo de microssegundo), porém, seu alcance foi baixo, chegando a distância máxima de 16 cm.

¹ ADARSH, S. et al. Performance comparison of Infrared and Ultrasonic sensors for obstacles of different materials in vehicle/robot navigation applications. IOP Publishing, 2016. p. 012141.

O gráfico 1 mostra as distâncias obtidos com esse sensor. Os testes foram realizados com uma plataforma que inclinava o sensor de acordo com a altura estabelecida.

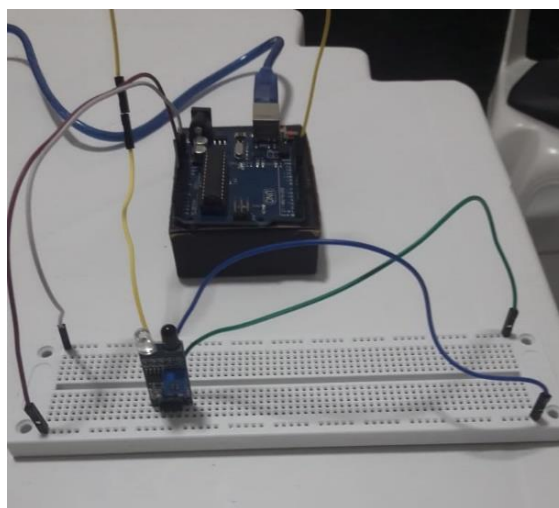
Gráfico 1 - Distâncias obtidas em relação a alturas.



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 6, representa o circuito montado para os testes. Para todos os ângulos, as distâncias detectadas não houve variação de resposta, logo, o sensor detectou de maneira eficiente para todos os ângulos. Outro ponto a se destacar é seu princípio de funcionamento, que varia sua distância de detecção de acordo com a cor e material do obstáculo em que ele transmite o sinal.

Figura 6 - Circuito do sensor infravermelho.



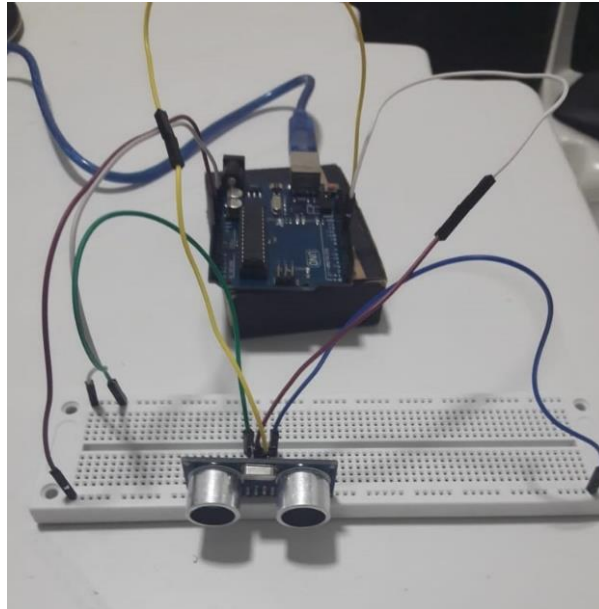
Fonte: Autoria própria (2019).

4.1.2 SENSOR HC-SR04

É possível observar na figura 7, como foi montado o sensor ao Arduino para realização dos testes. Em comparação com o sensor infravermelho, o sensor HC-SR04 foi submetido aos mesmos parâmetros do teste, ou seja, uma plataforma inclinada para submeter os ângulos propostos, porém as distâncias dos obstáculos a serem detectados foram diferentes. Ele mostrou-se ter um alcance mais eficiente que o infravermelho. Suas

leituras de distâncias máximas chegaram a 2,15 m com angulação de 0° e altura de 50 cm, 2 m com angulação de 15° para 100 cm de altura e 1,5 m com angulação de 30° e altura de 130 cm. Com isso, podemos concluir que quanto mais inclinado o sensor estiver, menor será a distância de detecção de objetos na horizontal.

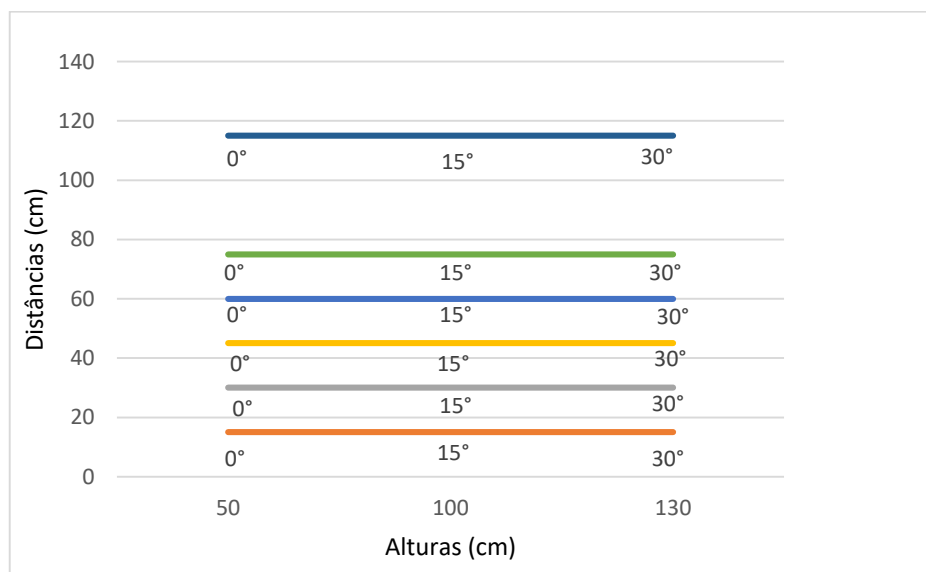
Figura 7 - Circuito do sensor ultrassônico.



Fonte: Autoria própria (2019).

Suas distâncias reais em comparação com as distâncias mostradas no monitor serial do Arduino foram precisas, porém, houve um tempo para assimilar essa troca de distância. O gráfico 2 mostra que as distâncias propostas de 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 75 cm e 115 cm foram obtidas com sucesso em todos os ângulos de teste.

Gráfico 2 - Distâncias obtidas em relação a alturas.



Fonte: Autoria própria (2019).

4.1.3 ESCOLHA SENSORES

Feito toda a análise, os sensores de melhores destaques e que foram escolhidos para o protótipo foram os ultrassônico HC-SR04 e o infravermelho IR. Seus baixos preços, tamanhos compactos ideais ao protótipo, fácil funcionamento com o Arduino e bons resultados obtidos nos testes fizeram com que esses fossem escolhidos para o dispositivo.

4.1.4 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Foi possível chegar a um dispositivo similar a bengala longa usada por deficientes visuais com matérias de PVC. Esse material foi utilizado devido a apresentar uma facilidade em sua manipulação, sendo fácil realizar a junção entre diferentes peças e perfuração para alocação de sensores; baixo custo e, por conseguir simular o comportamento da bengala de forma satisfatória.

Já para o acoplamento do microcontrolador junto ao circuito criado, utilizou-se uma caixa de transporte de condutores elétricos, usados em instalações residenciais, para servir como caixa protetora do Arduino. O vibracall foi fixado dentro do cano, próximo onde a mão do indivíduo ficará apoiada, permitindo que ele sinta as vibrações com mais precisão. Já o buzzer ficará na caixa de condutores junto ao Arduino, para que seu sinal sonoro equalize melhor

4.1.5 RESULTADOS DA BENGALA ELETRÔNICA

O sistema se mostrou eficiente para detectar objetos. Após o protótipo e a programação estarem prontas, houve a realização de testes para observar o seu funcionamento. Foi feito o caminhar com a bengala em uma residência para observar a detecção de obstáculos. O deslocamento da bengala de um lado para o outro garantiu a detecção de barreiras ao seu redor e com isso, a medida que se aproximou dos obstáculos, gerou uma resposta tátil e sonora na estrutura da bengala, permitindo a identificação de obstáculos estáticos e em movimento.

No entanto, detectou-se que os sensores possuem baixa precisão em determinados parâmetros, como por exemplo quando o usuário movimentava a bengala mais rápido que o tempo de retorno dos objetos encontrados, fazendo com que os sensores, percam a captura das ondas retornadas, deixando de alertar o usuário sobre um possível obstáculo, gerando risco.

Também foi observado que o sinal sonoro de identificação de obstáculos não é eficiente em locais barulhentos devido a sua pouca intensidade. Os testes partiram do princípio não só da detecção dos obstáculos por meio dos sensores, como também por meio da estrutura da bengala, o toque de sua extremidade proporcionou a detecção de riscos que os sensores não foram capazes de detectar, como um degrau ou relevo do piso.

Para confiabilizar o protótipo e seus resultados, foi feito um levantamento de pontuações conforme foi dito no artigo. Para esse estudo, foi adotado os mesmos pesos do artigo usado como base, a fim de se ter uma melhor veracidade nos resultados. Para cada recurso e com o sistema criado, atribuiu uma pontuação com base nas informações que temos para o sistema, obtida das literaturas e resultados dos testes, variando de 0 a 10.

A tabela 2 mostra os resultados obtidos a partir dessas análises, onde podemos observar que o sistema possui alguns recursos de pontuação alta, mas não incorpora um grau ideal de pontuação segundo os parâmetros do artigo usado como base, pois a média dos valores foram baixas e não englobou todos os recursos, porém tais resultados são

aceitáveis, pois o dispositivo está em fase inicial e o protótipo foi construído com recurso simples, não atingindo ainda, seu desempenho máximo.

Tabela 2 – Pontuação do protótipo.

Características	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄
Pesos	9,3	8,6	5,7	7,1	5,0	4,3	2,7	2,9	2,1	1,4	10,0	1,4	5,0	6,4
Bengala Eletrônica	Pontuação													
	8,0	0,0	5,0	4,0	5,0	5,0	3,0	4,0	4,0	0,0	7,0	3,0	6,0	7,0

Fonte: Autoria própria (2019).

5 CONCLUSÕES

Este artigo propôs o protótipo de uma bengala eletrônica que servirá de auxílio, futuramente, a pessoas com deficiências visuais, a se locomoverem com segurança através da emissão de alertas sonoros e vibratórios diante da detecção de obstáculos.

Os testes realizados em ambientes, como dentro de uma casa, evidenciaram que o esquema eletrônico e de suporte dos materiais, funcionam como esperado, detectando obstáculos dentro das faixas determinadas. Após a detecção dos objetos e a adaptação da bengala, o dispositivo se mostrou viável e atendeu as expectativas: detectar com antecedência obstáculos à frente do usuário. Com isso, tais resultados foram satisfatórios, sendo possível constatar o funcionamento e a detecção de objetos com o sistema projetado na estrutura da bengala.

A pesquisa e criação deste protótipo é apenas um ponto de partida para novos e mais complexos protótipos, como a construção de uma versão melhorada da bengala eletrônica e a realização de testes com deficientes visuais com o intuito de amplificar os pontos positivos existentes e melhorar onde se existe parâmetros negativos, para se adequar da melhor maneira às pessoas com deficiências visuais.

Assim, pode-se concluir que o uso de tecnologias aplicadas à proposta de melhoria de vida dos deficientes visuais, é extremamente positiva, pois com a interconexão destas tecnologias é possível tornar a vida dessas pessoas mais segura.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADARSH, S. et al. **Performance comparison of Infrared and Ultrasonic sensors for obstacles of different materials in vehicle/robot navigation applications**. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2016. p. 012141.

AGILSENSE. **Datasheet: HB100 microwave sensor module**. Singapore Technologies electronics. 2019.

AGUERREVERE, Daniel; CHOUDHURY, Maroof; BARRETO, Armando. **Portable 3D sound/sonar navigation system for blind individuals**. In: 2nd LACCEI Int. Latin Amer. Caribbean Conf. Eng. Technol. Miami, FL. 2004.

ALVES, Nyalla; SILVA, Ana Júlia Alves; SALGADO, Débora; FARIA, Jôzy et al. **Dispositivo para auxílio de deficientes visuais utilizando sensor ultrassônico**. In: Anais do simpósio de engenharia biomédica, 2016. Anais eletrônicos. Campinas, galoá, 2018. Disponível em: <https://proceedings.science/seb-2016/papers/dispositivo-para-auxilio-de-deficientes-visuais-utilizando-sensor-ultrassonico?lang=pt-br>. Último acesso em: 04 ago. 2019.

ARDUINO.CC. **Arduino - Introduction.** Disponível em: <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Último acesso em: 20 Maio 2019.

ARDUINO. Disponível em: <http://www.arduino.cc/>. Último acesso em: 8 jul. 2019.

BERSCH, Rita. **Introdução à tecnologia assistiva.** Porto Alegre: CEDI, v. 21, 2008.

CARVALHO, Cibele **Figueira**; CHAMMAS, Maria Cristina; CERRI, Giovanni **Guido. Princípios físicos do Doppler em ultra-sonografia.** Ciência Rural, v. 38, n. 3, p. 872-879, 2008.

DAKOPOULOS, Dimitrios; BOURBAKIS, Nikolaos G. **Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: a survey.** IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), v. 40, n. 1, p. 25-35, 2009.

FLIFLOP. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-obstaculo-infravermelho-ir/>. Último acesso em: 20 Jul. 2019.

HOFFMANN, Sonia B.; SEEWALD, Ricardo. **Caminhar sem medo e sem mito: orientação e mobilidade.** Bengala Legal, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [BGE]. **Censo 2010: escolaridade e rendimento aumentam e cai mortalidade infantil.** 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?id=1&idnoticia=2125&view=noticia>. Último acesso em: 21 jul. 2019.

MARQUES, Maria; LIMA, Atos; SANTOS, Marcelo. **Protótipo de Bengala Inteligente de Baixo Custo para o Auxílio de Deficientes Visuais.** In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2016. p. 1344.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico.** São Paulo: Novatec, 2011.

ONU. **Organização mundial da saúde [OMS] afirma que existe 39 milhões de cegos no mundo, 2013.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/oms-afirma-que-existem-39-milhoes-de-cegos-no-mundo/>. Último acesso em: 14 jul. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE [OMS]. **Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionadas à Saúde - Décima Revisão 10.** rev. São Paulo: EDUSP, 2003.

PATIL, Kailas; JAWADWALA, Qaidjohar; SHU, Felix Che. **Design and construction of electronic aid for visually impaired people.** IEEE Transactions on Human-Machine Systems, v. 48, n. 2, p. 172-182, 2018.

RADABAUGH, Mary Pat. **Study on the Financing of Assistive Technology Devices of Services for Individuals with Disabilities - A report to the president and the congress of the United State, National Council on Disability,** Março 1993. Disponível em: <http://www.ccclivecaption.com>. Último acesso em 07 jun. 2009.

SADEK, Divulgação José Roberto Neffa et al. **Secretaria de Educação a Distância Cadernos da TV Escola**. 1998.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da. **Design de produto integrado ao projeto urbano: avaliação do projeto de tecnologia assistiva “bengala longa eletrônica” e sua contribuição para a inclusão do deficiente visual em espaço urbano aberto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2009, Florianópolis, BR-SC.

APÊNDICE

ANEXO A – PROGRAMAÇÃO UTILIZADA

A implementação do código ocorreu através da sua própria IDE do Arduino (ARDUINO.CC, 2015), onde foi feito a junção de dois tipos de programações diferentes, uma programação para o sensor ultrassônico e outra para o sensor infravermelho, onde vai ser destacados as partes mais importantes que geram o funcionamento do sistema.

O início da implementação pode ser visto nos códigos abaixo, onde foi incluída a biblioteca *Ultrasonic.h*, necessária para o funcionamento do sensor HC-SR04, e em seguida, definidos os pinos das entradas dos sensores. Observa-se os pinos definidos para o *trigPin*, *echoPin*, *ledPin* (*vibracall*), *buzzer*, *pino_led*, *pino_buzzer* e o *pinoOut*.

```
//PROJETO BENGALA ELETRONICA
```

```
//HC-SR04
```

```
#include "Ultrasonic.h"
```

```
// DEFININDO OS PINOS
```

```
const int trigPin = 9;
```

```
const int echoPin = 10;
```

```
const int buzzer = 11;
```

```
const int ledPin = 13;
```

```
// DEFININDO AS VARIÁVEIS
```

```
long duration;
```

```
int distance;
```

```
int safetyDistance;
```

```
//IR
```

```
// DEFININDO OS PINOS
```

```
const int pinoOut = 8;
```

```
int pino_led = 3;
```

```
int pino_buzzer = 7;
```

```
// DEFININDO AS VARIÁVEIS
```

```
int estado_pinoOut;
```

Em seguida, foi armazenado as variáveis de distância, resultado e duração que realiza a leitura no sistema e definidas. Temos a programação na função *Setup*, informando quais pinos serão entradas ou saídas. Foi definido *echoPin* como entrada, recebendo o sinal e o *trigPin*, *buzzer* e *ledpin* como saída, enviando o sinal, sendo ambos do ultrassônico.

O *pinoOut* como entrada, *pino_buzzer* e o como saída, sendo esses do infravermelho. Por fim, o comando *begin* servirá para efetuar a comunicação serial auxiliando no envio e recebimento de dados.

```
void setup() {  
  
  //HC-SR04  
  pinMode(trigPin, OUTPUT);  
  pinMode(echoPin, INPUT);  
  pinMode(buzzer, OUTPUT);  
  pinMode(ledPin, OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
  
  //IR  
  pinMode(pinoOut, INPUT);  
  Serial.begin (9600);  
  pinMode(pino_led, OUTPUT);  
  pinMode(pino_buzzer, OUTPUT);  
  Serial.println("INICIO DO TESTE DA BENGALA ELETRÔNICA");}
```

Continuando, a função *loop*, que executa de forma contínua, a lógica de programação e fazendo com que fique executando do início até o fim e volte para o começo novamente, e com isso, temos a configuração das condições quando o sensor irá alertar ou não o usuário, sendo tais condições de funcionamento para o sensor ultrassônico. Foi definido os pinos altos e baixos com a função *digitalWrite* e em seguida, declarado a leitura de duração do *echoPin* para o cálculo da distância que o sensor lê.

Foi usado as condições *if* e *else*, que iram comparar com as distâncias desejadas para os acionamentos. A condição diz que se a distância entre um obstáculo, for menor que 30 centímetros, enviara um sinal alto (HIGH) para o *buzzer* e *ledPin*, que irá resultar em um sinal sonoro e vibratório do *buzzer* e do *vibracall* respectivamente, caso a distância seja ou se torne maior que 30 centímetros, o sinal se torna baixo (LOW) e os alertas iram parar.

```
void loop() {  
  
  //HC-SR04  
  digitalWrite (trigPin, LOW);  
  delayMicroseconds(2);  
  
  // O TRIGPIN NO ESTADO ALTO POR 10 MICROSEGUNDOS  
  digitalWrite(trigPin, HIGH);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
  //O ECHOPIN REALIZA A LEITURA E FAZ O RETORNO DA ONDA SONORA  
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
  
  // CALCULANDO A DISTÂNCIA  
  distance= duration*0.034/2;  
  safetyDistance = distance;  
  if (safetyDistance <= 40){  
    digitalWrite(buzzer, HIGH);  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
  }  
  else {  
    digitalWrite(buzzer, LOW);  
    digitalWrite(ledPin, LOW); }  
}
```

```
// MOSTRAR OS RESULTADOS NO MONITOR
Serial.print("Distance: ");
Serial.println(distance);
```

Para o sensor infravermelho, foi usado duas funções de condições de comparação. A primeira função irá verificar se leitura do pino for alta, imprime o valor na tela de objeto detectado, se não, nenhum objeto detectado. Em seguida, o estado do *pinoOut* foi definido e usado na segunda condição de comparação, se o estado do *pinoOut* for alto, o pino do *vibracall* e do *buzzer* vai para nível de tensão alto, acionado ambos e mostrando o resultado na tela do monitor, caso contrário, e o *pinoOut* foi em baixo, o *pino_led* e *pino_buzzer* ficam em nível de tensão baixo e não são acionados.

```
//IR

if(digitalRead(pinoOut) == HIGH
  Serial.println ("OBJETO DETECTADO"); }
else{
  Serial.println ("NENHUM OBJETO DETECTADO");
}

estado_pinoOut = digitalRead(pinoOut);
if (estado_pinoOut == HIGH) {

digitalWrite(pino_led, HIGH);
for (int i = 0; i <= 2; i++) {
  digitalWrite(pino_buzzer, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(pino_buzzer, LOW);
  delay(100); }

Serial.println("Movimento detectado!");
delay(100); }

else {
  digitalWrite(pino_led, LOW);
  digitalWrite(pino_buzzer, LOW);
}
```

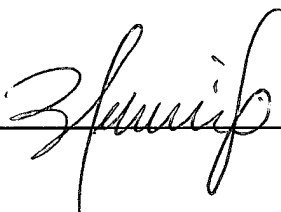


UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS DE ANGICOS
COORDENAÇÃO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA -
INTEGRAL

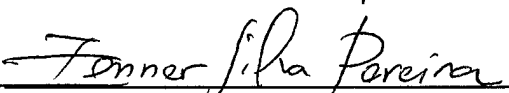
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos onze dias do mês de agosto de 2019, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus de Caraúbas, reuniu-se banca examinadora para avaliar trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia - Integral intitulado: **DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA AUXILIAR NA ORIENTAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS**, do(a) aluno(a) Joerdson Tiago Batista da Silva, matriculado(a) sob o nº 2016020339, tendo como orientador(a) o/a Prof(a). Dr(a). Francisco de Assis Brito Filho. Pelos Professores/Membros da banca foram atribuídas as seguintes notas:

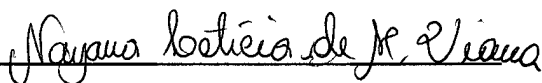
Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Francisco de Assis Brito Filho – UFERSA/Campus Caraúbas

Nota: 10,0 Assinatura: 

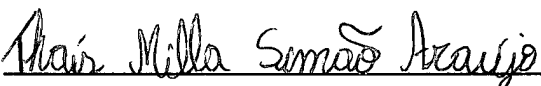
Examinador(a): Prof(a). Dr(a). Zenner Silva Pereira – UFERSA/Campus Caraúbas

Nota: 9,5 Assinatura: 

Examinador(a): Prof(a). Me(a). Nayana Leticia de Moraes Viana – UFERSA/Campus Caraúbas

Nota: 9,5 Assinatura: 

Examinador(a): Eng(a). Thais Milla Simão Araujo – UFERSA/Campus Caraúbas

Nota: 10,0 Assinatura: 

O(a) aluno(a) foi APROVADO com a média final de 9,8
(aprovado/reprovado) (0 a 10,0)