

PROTÓTIPO FUNCIONAL DE UMA BENGALA ELETRÔNICA PARA A LOCOMOÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

FUNCTIONAL PROTOTYPE OF AN ELECTRONIC CANE FOR THE MOBILITY OF VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

NASCIMENTO, João L. B.¹; SANTOS, Deivity C.²; BARBOSA, Alípio M.³

PALAVRAS-CHAVE

Protótipo, bengala, deficiência.

KEYWORDS

Prototype, cane, deficiency

RESUMO

Problemas de acessibilidade são observados nos mais diversos ambientes de uma cidade: calçadas irregulares, rampas muito íngremes e falta de sinalização específica são alguns dos problemas enfrentados pelos portadores de necessidades especiais (PNE). Desta forma, busca-se mitigar essas dificuldades por meio de aparatos e recursos auxiliares. Nesse trabalho é apresentado um protótipo de uma bengala eletrônica, baseando-se na observação constante do dia a dia de uma pessoa com deficiência visual. Mesmo sendo um recurso de grande utilidade para os deficientes, a bengala convencional possui limitações importantes, uma vez que a única forma de identificar a presença de obstáculos é com base em toques pontuais e seu alcance é limitado, o que pode implicar em acidentes, tropeços, quedas e hematomas. A instrumentação incorporada à bengala visa permitir que obstáculos possam ser identificados com maior eficácia e antecedência. As características do protótipo e metodologia de desenvolvimento são apresentadas no texto.

ABSTRACT

Accessibility problems are observed in the most diverse urban environments: irregular sidewalks, very steep ramps and lack of specific signs are some of the problems faced by people with special needs. So, we seek to mitigate these difficulties through auxiliary accessories and resources. In this paper, a prototype of an electronic cane is presented, based on the constant observation of the daily life of a person with visual deficiency. Even though it is a very useful resource for the impaired, the conventional cane has important limitations, since the only way to identify the presence of obstacles is based on punctual touches and its range is limited, which can result in accidents, stumbling, falls and bruises. The instrumentation incorporated in the cane aims to allow obstacles to be identified more effectively and in advance. The characteristics of the prototype and development methodology are presented in the text.

1 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, GMAC, Centro Universitário Newton Paiva.

2 Me. Engenharia Elétrica, Centro Universitário de Sete Lagoas

3 Dr. Engenharia Elétrica, GMAC, Centro Universitário Newton Paiva.

1 INTRODUÇÃO

O olho humano é formado por uma quantidade considerável de elementos que atuam de forma conjunta, resultando em um sistema óptico complexo. Conjuntiva, esclera (“branco do olho”), córnea, íris, pupila, cristalino, retina e nervo óptico são alguns dos principais componentes do globo ocular. Este é o responsável por receber a luz refletida pelos objetos e convertê-la em sinais elétricos a serem processados pelo cérebro (KIVELL *et al.*, 2009). Contudo, diversos fatores podem ocasionar o mau funcionamento de um ou mais elementos desta estrutura, resultando em deficiências visuais de diferentes níveis.

O termo cegueira é usado para designar a condição de pessoas que apresentam total incapacidade de enxergar, ou ainda, daquelas que apresentam um quadro de visão residual onde, apesar de não haver uma perda total, implica na dificuldade de realizar suas atividades diárias normalmente. Para considerar uma pessoa cega, dois fatores devem ser analisados: a acuidade visual, isto é, o que a pessoa enxerga à determinada distância, e o campo visual, que é amplitude da área alcançada pela visão. Utilizando parâmetros mensuráveis, deve-se considerar como cegueira parcial ou cegueira legal a condição em que a visão corrigida do melhor dos olhos é de 20/400 ou menor, ou ainda a condição onde o ângulo em relação ao eixo visual que limita o campo visual apresenta medida inferior a 20 graus de arco, ainda que sua acuidade visual nesse estreito campo possa ser superior a 20/400 (OTTAIANO *et al.*, 2019).

Na Figura 1 é demonstrado um resumo quanto aos níveis de acuidade visual.

FIGURA 1 - Classificação dos níveis de acuidade visual

Classificação	Acuidade Visual de Snellen	Acuidade Visual Decimal	Auxílios
 Visão Normal	 20/12 a 20/25	 1,5 a 0,8	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bifocais comuns
 Próximo do normal	 20/30 a 20/60	 0,6 a 0,3	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bifocais mais fortes ▪ Lupas de baixo poder
 Baixa visão moderada	 20/80 a 20/150	 0,25 a 0,12	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lentes esferopris-máticas ▪ Lupas mais fortes
 Baixa visão profunda	 20/500 a 20/1000	 0,04 a 0,02	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lupa montada telescópio ▪ Magnificação vídeo ▪ Bengala ▪ Treinamento Orientação/Mobilidade
 Próximo à cegueira	 20/1200 a 20/2500	 0,015 a 0,008	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Magnificação vídeo livros falados, Braille ▪ Aparelhos de saída de voz ▪ Softwares com sintetizadores de voz ▪ Bengala ▪ Treinamento Orientação/Mobilidade
 Cegueira total	 Sem projeção de luz	 Sem projeção de luz	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aparelhos de saída de voz ▪ Softwares com sintetizadores de voz ▪ Bengala ▪ Treinamento Orientação/Mobilidade

Fonte: Mundo Educação, 2020

A deficiência visual pode surgir no nascimento, a chamada cegueira congênita, ou ser desenvolvida posteriormente (cegueira adventícia ou adquirida). As causas são diversas para o caso da cegueira adquirida, tal como o surgimento de glaucomas, degeneração relacionada à idade, retinopatia diabética, opacidade corneada ou mesmo traumas físicos. O Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) apresentou em 2019 estatísticas interessantes, em se tratando do contexto socioeconômico da cegueira (OTTAIANO *et al.*, 2019):

- 90% dos casos de cegueira ocorrem nas áreas pobres do mundo;
- 60% das cegueiras são evitáveis;
- 40% das cegueiras têm conotação genética (são hereditárias);
- 25% das cegueiras têm causa infecciosa;
- mais de 20% das cegueiras já instaladas são recuperáveis.

O desenvolvimento de novas tecnologias tem impactado em todos os níveis da vida humana. No campo da saúde, uma série de esforços são feitos para auxiliar na prevenção, combate e tratamento de doenças e debilidades. Mais especificamente, a chamada tecnologia assistiva pode ser definida como um conjunto de recursos tecnológicos utilizados para assistir pessoas com debilidades intelectuais e/ou motoras durante a reabilitação ou permanentemente (LANCIONI *et al.*, 2010).

A tecnologia assistiva atua visando auxiliar no combate dos vários tipos de deficiência, desde o desenvolvimento de próteses e outros meios de aumentar a mobilidade, passando por dispositivos que permitem ampliar a percepção dos sentidos e a capacidade de comunicação, até a criação de instrumentos para auxiliar em tratamentos e na reabilitação (BERVEN e BLANCK, 1999). As deficiências motoras, cegueira e surdez são alguns dos principais alvos dos pesquisadores na alçada da tecnologia assistiva.

Diante do cenário da grande quantidade e variedade de deficiências e, mais especificamente, observando o dia a dia de um portador de necessidades especiais (PNE), bem como uma série de dificuldades enfrentadas diuturnamente, o presente trabalho propõe uma proposta de protótipo de uma bengala eletrônica para auxiliar na locomoção de deficientes visuais. O aparato consiste em uma bengala cuja utilização é potencializada por meio da utilização de sensores e atuadores, visando a detecção antecipada de obstáculos. O principal objetivo é auxiliar as pessoas com nenhuma ou pouca visão a se locomoverem sozinhas, com confiança e segurança. A caracterização do protótipo e a metodologia de desenvolvimento do mesmo são apresentadas na sequência.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o desenvolvimento do protótipo, foi feito um levantamento na Associação de Cegos Louis Braille, em Belo Horizonte, MG. Nessa etapa, as pessoas com deficiência visual relataram as reais e principais dificuldades de locomoção enfrentadas em seu cotidiano. Dentre os principais pontos levantados, foram citados a grande quantidade de buracos nas vias públicas, calçadas irregulares, objetos diversos no percurso e poças d'água. Mesmo sendo um recurso de grande utilidade para os deficientes, a bengala convencional possui limitações importantes, uma vez que a única forma de identificar a presença de obstáculos é com base em toques pontuais e seu alcance é limitado, o que pode implicar em acidentes, tropeços, quedas e hematomas.

O protótipo desenvolvido utiliza um controlador baseado na plataforma Arduino UNO, que por sua vez é baseado no microcontrolador ATMEGA328P. O microcontrolador é responsável por armazenar o programa, feito em linguagem de computação C++, responsável por receber os sinais provenientes dos sensores e processá-los. A partir deste processamento, o controlador será capaz de identificar eventuais obstáculos e, se for o caso, enviar um alerta ao usuário.

Dois sensores ultrassônicos HC-SR04 foram utilizados com intuito de detectar a distância da bengala para os demais objetos presentes no ambiente. Em adição, um sensor de umidade foi utilizado na extremidade da bengala eletrônica, a fim de identificar poças d'água no percurso do usuário. Por fim, uma buzina foi incorporada ao sistema para emitir sinais sonoros como forma de alerta. Cada tipo de obstáculo resulta em um sinal sonoro diferente.

Na sequência, os elementos mencionados são descritos individualmente.

2.1 PLATAFORMA ARDUINO

Arduino se refere a um conjunto de famílias de plataformas *open source* (sistema de *software e hardware* aberto) baseadas nos microcontroladores AVR Atmel, muito utilizado para prototipagem eletrônica. Alguns modelos diferentes estão disponíveis no mercado, apresentando variações quanto ao microcontrolador base e, conseqüentemente, implica em números diferentes de GPIO (pinos de propósito geral que podem funcionar como entrada ou saída digital), quantidade de recursos e periféricos (ARDUINO, 2018).

No protótipo apresentado nesse trabalho foi utilizado um Arduino UNO, mostrado na Figura 2, que é um dos modelos mais populares da família de placas Arduino e geralmente é a porta de entrada para as plataformas de prototipagem. Esta é uma placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador Atmega328p (ATMEL, 2015), e tem como principais vantagens a grande quantidade de módulos e sensores compatíveis, a vasta documentação disponibilizada na internet e o baixo custo.

FIGURA 2 - Controlador Arduino Uno R3



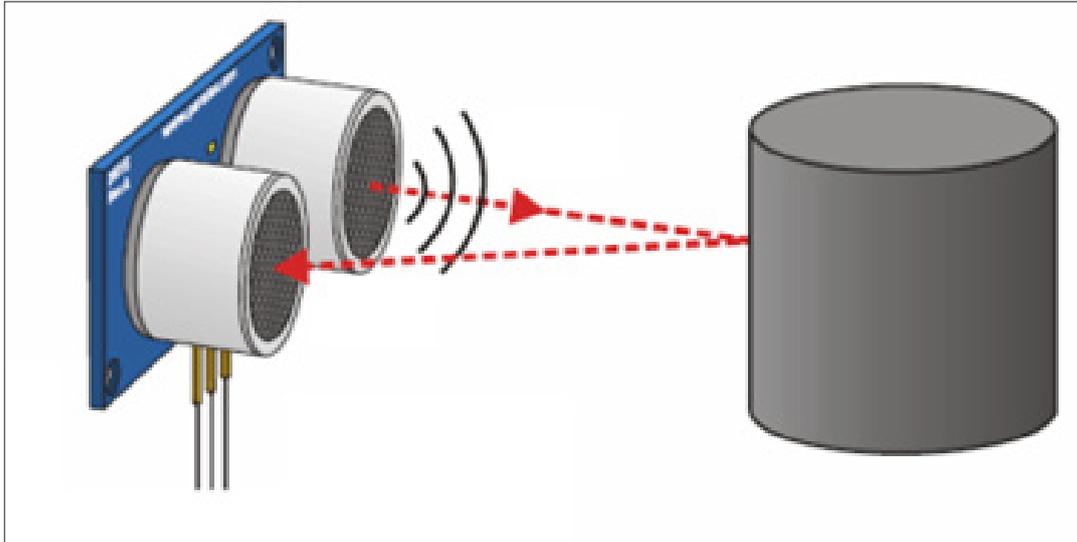
Fonte: Filipe Flop, 2020

2.2 SENSOR ULTRASSÔNICO HC-SR04

Os transdutores ultrassônicos são dispositivos que convertem um tipo de energia, geralmente elétrica, em ondas ultrassônicas e vice-versa. A propagação e captação de sinais ultrassônicos pode fornecer valiosas informações sobre o ambiente. A grande vantagem quanto a utilização de sensores ultrassônicos consiste em sua medição não-invasiva e não-destrutiva, em adição não há necessidade de preparação de amostras, como usualmente na utilização ondas eletromagnéticas.

O módulo ultrassônico HC-SR04 (Figura 3) é alimentado com $5 V_{DC}$, com uma corrente de operação de 2 mA. Seu ângulo de medição aproximadamente 15° , alcance máximo de 4 m e precisão de 3 mm (MORGAN, 2014). Tais características se adequam bem ao propósito do projeto, a saber, alcance considerável, baixo consumo de energia e baixo custo.

FIGURA 3 - Funcionamento Sensor Ultrassônico.

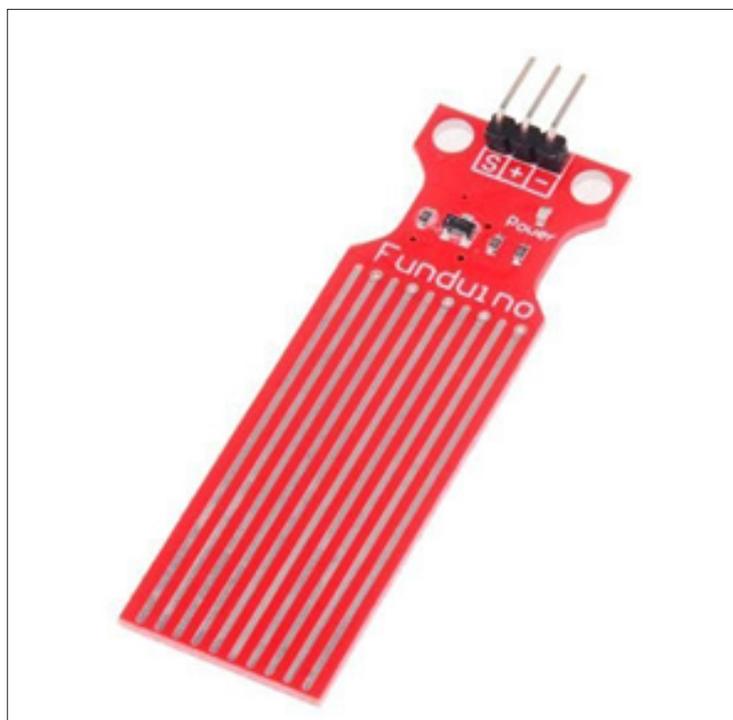


Fonte: Vida de silício, 2020

2.3 SENSOR DE ÁGUA

O sensor utilizado na extremidade da bengala eletrônica emite um sinal analógico que permite verificar a presença ou não de água. O dispositivo é formado por uma placa de circuito impresso (PCI) de 40 mm x 16 mm, com as trilhas paralelas expostas, conforme ilustrado na Figura 4. O sensor é submetido a processos químicos para aumentar sua condutividade elétrica e resistência a corrosão com o objetivo de detectar a presença de água em um determinado lugar onde é inserido.

FIGURA 4 - Sensor de água.



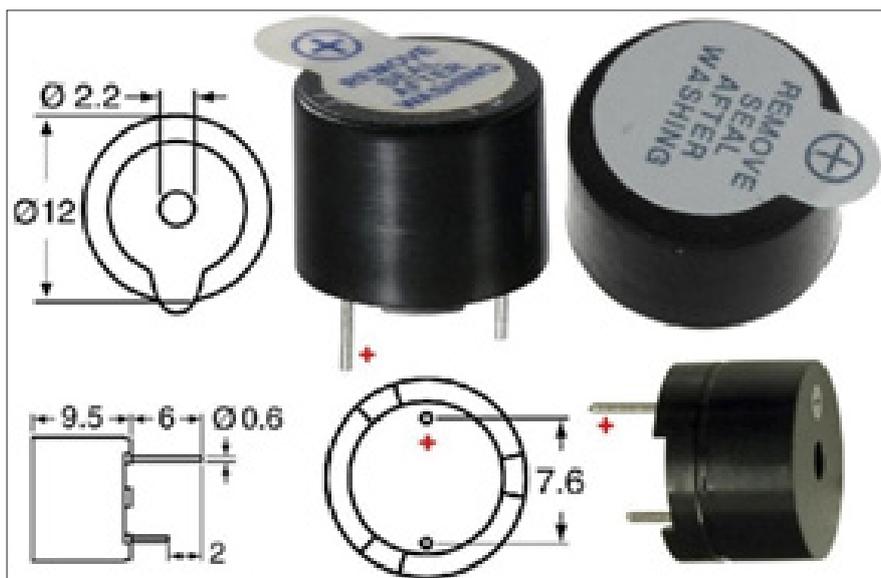
Fonte: Filipe Flop, 2020.

2.4 BUZZER PIEZOELÉTRICO

O efeito piezoelétrico é um fenômeno observado em alguns materiais, como cristais e cerâmicas, que permite a conversão de uma força mecânica em um campo elétrico, sendo este também um processo reversível (LIU e REN, 2009). Esse efeito é explorado nos *buzzers* eletrônicos, onde sinais de tensão são aplicados a uma membrana com propriedade piezoelétrica, desencadeando uma vibração mecânica que, conseqüentemente, produzirá sinais sonoros.

No protótipo do projeto foi utilizado um *buzzer* piezoelétrico para emitir alertas sonoros ao usuário. A Figura 5 demonstra o *buzzer* utilizado.

FIGURA 5 - Buzzer Piezoelétrico.



Fonte: Filipe Flop, 2020

3 DESENVOLVIMENTO

Os componentes supracitados compõem o protótipo da bengala eletrônica, visando auxiliar na locomoção de pessoas com deficiência visual. O protótipo tem duas finalidades principais: detectar obstáculos e identificar poças d'água no trajeto do usuário. Os elementos do sistema foram dispostos de forma a ficarem o mais acomodado possível, estando que a placa do Arduino em um compartimento situado em posição superior (pouco abaixo do espaço reservado à empunhadura). Um dos sensores ultrassônicos foi posicionado logo abaixo do compartimento que contém o Arduino e o segundo sensor foi posicionado de modo a ficar alguns centímetros acima do nível do solo durante a utilização. Os dois sensores de água, por sua vez, foram fixados à extremidade da bengala.

A programação do microcontrolador foi feita de modo a realizar a leitura dos sensores de forma regular e, por meio dos sinais, permitir a detecção de obstáculos e poças d'água.

3.1 ESTRUTURA E DESENHO

Seu desenho partiu da ideia de uma bengala convencional de alumínio que preservasse a mesma funcionalidade e praticidade. O objeto deveria ser dobrável a fim de que pudesse ser guardado em uma bolsa ou mochila com facilidade.

O comprimento total da bengala é de cerca de 1.150 mm, divididos em cinco articulações, onde três delas podem ter seu tamanho alterado para melhor se adequar à altura do usuário. O diâmetro superior de 45 mm

e o diâmetro da base (parte inferior) é de 20 mm. No interior das hastes há um furo passante com cerca de 10 mm de diâmetros, destinado à passagem dos cabos que conectam os sensores ao Arduino, além de um elástico que confere mais firmeza e facilita a montagem do aparato. Quando dobrada a bengala tem 250 mm de comprimento, o que permite que a mesma seja facilmente armazenada.

O material utilizado para sua composição foi o ABS (Acrinolitrla Butadieno Estireno), que é um dos materiais mais utilizados em se tratando de impressão 3D. O ABS tornou-se bastante adequado para o protótipo, visto que é um polímero rígido e leve, oferecendo equilíbrio entre resistência e flexibilidade.

O desenho final da bengala eletrônica foi feito em uma plataforma 3D (SolidWorks®), resultando no modelo demonstrado na Figura 6. Por fim, todas as peças que compõe a estrutura seriam posteriormente impressas no laboratório de modelagem da Faculdade Newton Paiva de Belo Horizonte, o Fab Lab.

FIGURA 6 - Representação 3D do Equipamento



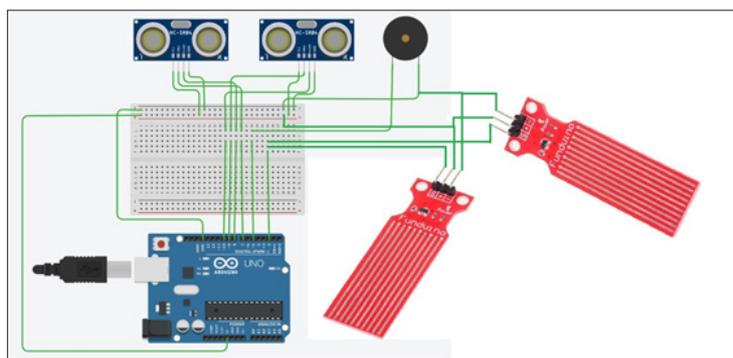
3.2 MONTAGEM DO CIRCUITO E PROGRAMAÇÃO

Todo o circuito composto pelo controlador, sensores e *buzzer* foi alimentado com uma bateria externa alcalina de 9 V_{DC}. Visto que a placa do Arduino UNO contém um regulador de tensão de 5 V_{DC}, os sensores puderam ser facilmente alimentados a partir do pino ligado à saída do regulador.

Após a alimentação da placa e dos sensores, o microcontrolador é iniciado e passa a executar o programa previamente gravado na memória do Atmega328p. O tempo decorrido até a total inicialização de todo o sistema é de cerca de 8 segundos (ATMEL, 2015).

Na Figura 7 é apresentado o esquema de ligação dos sensores e do *buzzer* piezoelétrico com o Arduino.

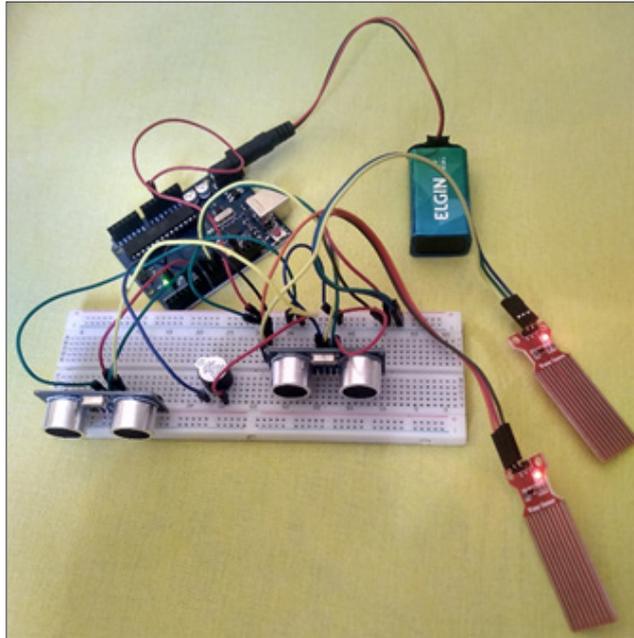
FIGURA 7 - Circuito Elétrico do Sistema.



4 TESTES REALIZADOS

Os primeiros testes ocorreram ainda na etapa de programação, que consistiu na montagem do circuito na bancada com auxílio de uma *protoboard* para realizar a conexão do circuito (Figura 8). Nessa etapa foi possível validar as funcionalidades do sistema antes da montagem na estrutura da bengala.

FIGURA 8 - Evidencia montado na protoboard.



Após a montagem, o primeiro teste de campo foi feito com uma pessoa não portadora de deficiência visual, a Sra. Maria do Carmo, mostrada na Figura 9, onde a capacidade de detecção de água foi testada, e na Figura 10, onde o objetivo foi avaliar o equipamento quanto a possibilidade de detectar objetos no percurso do usuário.

Figura 9: Teste de detecção de água



Figura 10: Teste de detecção de obstáculos



Esse teste inicial teve como objetivo verificar a funcionalidade do protótipo desenvolvido e avaliar qualitativamente os resultados, com base na experiência relatada pela usuária. Desta forma, verificou-se que o protótipo atendeu as demandas estabelecidas, uma vez que foi possível detectar tanto objetos como as poças d'água. Em adição, a usuária relatou que foi possível escutar os sinais sonoros de alerta emitidos pelo equipamento em ambas as situações testadas.

5 CONCLUSÃO

No presente trabalho foram apresentadas as etapas de desenvolvimento de um protótipo de uma bengala eletrônica, visando auxiliar na locomoção de pessoas com deficiência visual. A realização do trabalho permitiu vislumbrar uma série de possibilidades no âmbito das tecnologias assistivas e, mais especificamente, demonstrou a aplicabilidade e relevância da bengala eletrônica.

Para trabalhos futuros, pretende-se produzir o aparato com ABS por meio da impressão 3D, realizar os testes com os deficientes visuais e, por fim, quantificar os resultados obtidos. Outras possibilidades são substituir o Arduino por um CI microcontrolador, a fim de reduzir ou eliminar o compartimento responsável por abrigar os circuitos eletrônicos, e avaliar a inserção de outras funcionalidades.

AGRADECIMENTOS

À Fundação “Lar das Cegas”, Associação Louis Braille, Belo Horizonte, Minas Gerais que abriu as portas para que pudéssemos conhecer o projeto deles de impulsionar vidas de deficientes visuais. Aos grupos de trabalho, Iron Bot e GMAC e ao Fab Lab Newton, por todo auxílio.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. **Whats is Arduino?** 2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acessado em 14 de março de 2021.
- ATMEL. **Atmega328p datasheet**. pág.294. 2015. Disponível em: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
- BERVEN, H. M.; BLANCK, P. D. **Assistive technology patenting trends and the Americans with Disabilities Act**. Behavioral sciences & the law, Vol.17, No.1, pág.47-71. 1999.
- FILIPPE FLOP. Disponível em <https://www.filipeflop.com/>. Acessado em 20 de fevereiro de 2021.
- KIVELL, T. L.; DOYLE, S. K.; MADDEN, R. H.; MITCHELL, T. L.; SIMS, E. L. **An interactive method for teaching anatomy of the human eye for medical students in ophthalmology clinical rotations**. Anatomical sciences education, Vol.2, No.4, pág.173-178. 2009.
- LANCIONI, G. E.; O'REILLY, M. F.; SINGH, N. N.; BUONOCUNTO, F.; SACCO, V.; COLONNA, F.; MEGNA, G. **Post-coma persons with minimal consciousness and motor disabilities learn to use assistive communication technology to seek environmental stimulation**. Journal of Developmental and Physical Disabilities, Vol.22, No.2, pág.119-129. 2010.
- LIU, W.; REN, X. **Large piezoelectric effect in Pb-free ceramics**. Physical review letters, Vol.103, no.25, pág. 257602. 2009.
- MORGAN, E. J. HCSR04 **Ultrasonic Sensor**. Pág-6. 2014. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1380136/ETC/HC-SR04/1>.
- Mundo Educação. **Cegueira**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/doencas/cegueira.html>. Acessado em 13 de março de 2021.
- OTTAIANO, J. A. A.; ÁVILA, M. P.; UMBELINO, C. C.; TALEB, A. C. **As Condições de Saúde Ocular no Brasil**. Conselho Brasileiro de Oftalmologia, 1.ed., pág.104. 2019.
- VIDA DE SILÍCIO. Disponível em <https://www.vidadesilicio.com.br/>. Acessado em 20 de fevereiro de 2020.