

ShowWay – Colete eletrônico de auxílio à locomoção autônoma de portadores de deficiência visual em ambientes acessíveis

 <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2025.v9.1767>

Gerson Pesente Focking¹
Warley Gramacho da Silva²

Data de submissão concluída: 24/6/2025. Data de aprovação: 19/9/2025. Data de publicação: 13/10/2025.

Resumo – Para pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as atividades mais fáceis; para pessoas com deficiência, ela as torna possíveis (Radabaugh, 1993). A inclusão de deficientes visuais em ambientes institucionais ou empresariais exige adaptações e assistência para garantir acessibilidade e autonomia. Este projeto foi concebido para desenvolver um colete eletrônico de auxílio à locomoção autônoma de deficientes visuais em ambientes acessíveis. Utilizando a plataforma Arduino, o projeto baseia-se em tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e Tecnologias Assistivas (TA), incluindo sensores e aplicativos para Android, a fim de proporcionar maior mobilidade e autonomia. O desenvolvimento do protótipo compreendeu três fases principais: implementação da plataforma de hardware, programação dos sensores e comunicação dos dados via aplicativo Android com fones de ouvido. O projeto tem como objetivo promover inclusão, acessibilidade e qualidade de vida para deficientes visuais no *Campus Palmas*, do Instituto Federal do Tocantins - IFTO.

Palavras-chave: Arduino. Deficiência visual. Internet das coisas. Mobilidade autônoma. Tecnologia assistiva.

ShowWay – Electronic vest to assist visually impaired people in moving around independently in accessible environments

Abstract – For individuals without disabilities, technology makes tasks easier; for individuals with disabilities, it makes them possible (Radabaugh, 1993). The inclusion of visually impaired individuals in institutional or corporate environments requires adaptations and assistance to ensure accessibility and autonomy. This project was designed to develop an electronic vest to assist in the autonomous mobility of visually impaired individuals in accessible environments. Using the Arduino platform, the project is based on Internet of Things (IoT) technologies and Assistive Technologies (AT), including sensors and Android applications, in order to provide greater mobility and autonomy. The development of the prototype involved three main stages: implementation of the hardware platform, programming of the sensors, and communication of data via an Android application with headphones. The project aims to promote inclusion, accessibility, and quality of life for visually impaired individuals at the Palmas campus, of the Federal Institute of Tocantins – IFTO.

Keywords: Arduino. Visual impairment. Internet of Things. Autonomous mobility. Assistive technology.

ShowWay – Chaleco electrónico de ayuda a la locomoción autónoma de personas con discapacidad visual en entornos accesibles

¹ Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande. Professor titular do Instituto Federal do Tocantins. Palmas, Tocantins, Brasil.  focking@ifto.edu.br  <https://orcid.org/0000-0002-8084-3993>  <http://lattes.cnpq.br/7255745251514223>.

² Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor associado da Universidade Federal do Tocantins.  wgramacho@mail.uft.edu.br  <https://orcid.org/0000-0003-3400-5216>  <http://lattes.cnpq.br/2536790818552672>.

Resumen – Para las personas sin discapacidad, la tecnología facilita las actividades; para las personas con discapacidad, las hace posibles (Radabaugh, 1993). La inclusión de las personas con discapacidad visual en entornos institucionales o empresariales requiere adaptaciones y apoyos que garanticen la accesibilidad y la autonomía. Este proyecto fue concebido para desarrollar un chaleco electrónico de ayuda a la locomoción autónoma de personas con discapacidad visual en entornos accesibles. Utilizando la plataforma Arduino, el proyecto se basa en tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) y Tecnologías Asistivas (TA), e incluye sensores y aplicaciones para Android con el fin de proporcionar mayor movilidad y autonomía. El desarrollo del prototipo comprendió tres fases principales: la implementación de la plataforma de hardware, la programación de los sensores y la comunicación de los datos mediante una aplicación Android conectada a auriculares. El proyecto tiene como objetivo promover la inclusión, la accesibilidad y la calidad de vida de las personas con discapacidad visual en el Campus Palmas del Instituto Federal de Tocantins (IFTO).

Palabras clave: Arduino. Discapacidad visual. Internet de las Cosas. Movilidad autónoma. Tecnología asistiva.

Introdução

A tecnologia desempenha um papel essencial na inclusão de pessoas com deficiência, facilitando atividades diárias e promovendo autonomia. A implementação de Tecnologias Assistivas (TA), como nos trabalhos de Bersche e Tonolli (2006), Bersch (2008), Schlünzen (2011) e Internet das Coisas (IoT) aplicada no trabalho de Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015), em dispositivos para deficientes visuais, ganhou relevância, resultando em soluções como bengalas inteligentes apresentadas nos trabalhos de Bueno (2010), Santos *et al.* (2010), Oliveira e Neto (2015), Lima *et al.* (2015), Freitas, Lima e Santos (2016), Hernandez, Aragão e Lima (2016) e Pereira, Jr. (2017), e a cadeira de rodas assistida implementada por Sonza *et al.* (2018). Em ambientes institucionais e empresariais, o desafio da acessibilidade é intensificado pela necessidade de adaptação de espaços e pela exigência de assistência contínua para pessoas com deficiência visual.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do protótipo chamado *ShowWay* – um colete eletrônico que utiliza a plataforma Arduino empregada por Alves *et al.* (2013) e Frizzarin (2016), sensores e atuadores utilizados por Almeida e Rigolon (2016), os quais compartilham dados de localização e presença com aplicativos Android. Este projeto visa proporcionar maior autonomia a deficientes visuais em ambientes acessíveis, fornecendo informações sobre obstáculos e ambientes durante a locomoção.

Por ser o produto deste projeto um colete eletrônico de baixo custo, optou-se por simular o circuito eletrônico no simulador *TinkerCAD* e testar a conexão dos componentes. Em seguida, implementou-se a versão demo do colete eletrônico, utilizando a plataforma Arduino 2560 equipada com sensores de distância ultrassônicos, módulo RFID, módulo *bluetooth* e conectores eletrônicos. Selecionou-se e testou-se o aplicativo *bluetooth Spp Manager* para Android. Esse aplicativo realiza a comunicação via *bluetooth* entre o Android e a plataforma Arduino, tratando as informações dos sensores e transmitindo-as ao usuário.

Materiais e métodos

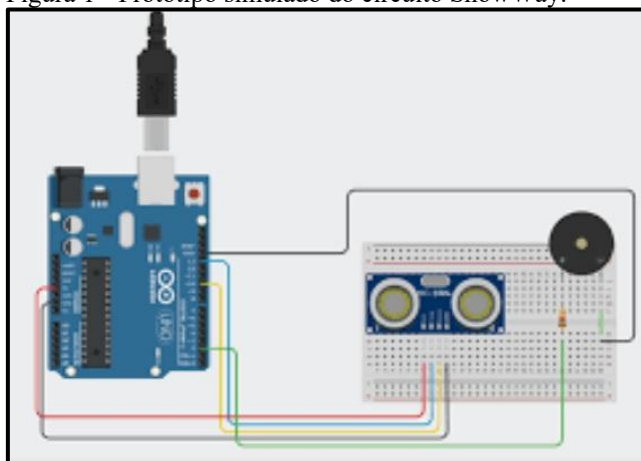
Apresenta-se nesta seção o passo a passo realizado para montar no simulador *TinkerCAD* o protótipo do colete eletrônico. Esse circuito é implementado com um sensor de proximidade, um sensor ultrassônico, dois módulos RFID RC522 e o módulo *bluetooth*, controlado por um aplicativo de comunicação oferecido pelo simulador. Este projeto envolve tanto simular a conexão física dos componentes eletrônicos quanto a programação em Arduino para integrá-

los. Após a realização de testes no simulador *TinkerCAD*, será implementada a versão 1.0 do coleto com componentes eletrônicos do kit educacional Arduino Mega 2560.

Passo 1: Criando o ambiente de trabalho: No simulador *TinkerCAD* na área de circuitos, selecionou-se a placa Arduino Mega, que serviu como o microcontrolador principal do projeto.

Passo 2: Conexão do sensor ultrassônico (HC-SR04): esse sensor mede a distância de objetos e envia essa informação ao monitor serial da plataforma Arduino Mega. Após conectar o sensor ultrassônico à plataforma Arduino, como representado na Figura 1, devem ser conectados os pinos VCC, GND e *trig* do sensor ultrassônico aos pinos 5V, GND e a um dos pinos digitais do Arduino (p.ex. pino 9), e por fim o pino *Echo* a outro pino digital (p.ex. pino 8).

Figura 1 - Protótipo simulado do circuito ShowWay.



Fonte: autor.

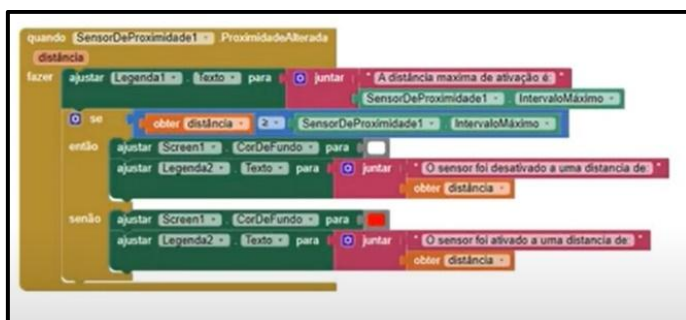
Passo 3: Conexão do sensor de proximidade infravermelho: esse sensor detecta objetos próximos e indica sua distância em centímetros. Para instalar, basta conectá-lo à plataforma Arduino e ligar os pinos VCC, GND e o pino de sinal S do sensor aos pinos 5V, GND e um pino digital da plataforma (p.ex. pino 7).

Passo 4: Conexão do módulo *RFID* RC522: esse módulo é usado para ler etiquetas *rfid* de identificação previamente instaladas nos ambientes sinalizados. Após conectar ao circuito Arduino, devem-se ligar em sequência, os pinos VCC, GND, DAS, SCK, MOSI, MISO do módulo aos pinos 3.3V, GND, pino 10, pino 13, pino 11, pino 12, e por fim o pino RST do módulo ao pino 9 da plataforma Arduino.

Passo 5: Conexão do módulo *bluetooth* HC-05: esse módulo vai permitir a comunicação entre o circuito Arduino e um aplicativo simulado no *TinkerCAD*. Após conectar o módulo HC-05 no circuito Arduino, devem-se ligar em sequência os pinos VCC, GND, TDX, RDX aos pinos 5V, GND, RX (pino 0), TX (pino 1) da plataforma Arduino.

Passo 6: Criação do código de controle na plataforma Arduino: com o circuito montado, foi criado o código de controle, utilizando a IDE de programação em blocos que é fornecida pelo simulador *TinkerCAD*. A figura 2 ilustra essa ferramenta de programação estruturada.

Figura 2: Interface de programação do simulador *TinkerCAD*



Fonte: autor

Passo 7: O sistema de controle criado no simulador fornece a capacidade de conectar os dispositivos da plataforma Arduino a aplicativos de conexão e comunicação. Utiliza o protocolo SPP - *Serial Port Profile*, que inicializa um servidor e aceita conexões de entrada de outros dispositivos.

Das muitas características apresentadas por esse *app*, favorecem este projeto a possibilidade de enviar mensagens e arquivos de texto, entrada de voz para mensagens, um servidor para conexões *bluetooth* de entrada e o *RTC Manager* para controlar a transmissão de dados em períodos específicos. A Figura 2 representa parte do código gerado para permitir a conexão com o sensor de proximidade ultrassônico e realizar a leitura da distância entre o sensor e um possível obstáculo.

Esses dispositivos, sensores eletrônicos, a IDE Arduino e o *app* foram os componentes utilizados nesta primeira versão simulada do colete eletrônico. Este aplicativo é conectado ao módulo *bluetooth* (HC-05) da plataforma Arduino e é capaz de receber os dados gerados pelos sensores, como a distância dos obstáculos e o status de proximidade, e transmiti-los da plataforma para o aplicativo leitor de tela. A mensagem de texto recebida é interpretada pelo leitor de tela simulado, previamente instalado, que transmite ao deficiente visual mensagens do tipo:

- (I) Quando nenhum objeto é detectado: “Nenhum objeto próximo”.
- (II) Quando algum objeto é detectado: “Objeto próximo detectado. Distância em cm”.
- (III) Quando está em frente a um ambiente sinalizado com etiqueta RFID, recebe a identificação do local.

Passo 8: Simulações realizadas em laboratório: com todos os componentes conectados à plataforma Arduino e o código de controle do sistema sem erros e atuante, realizou-se uma série de testes funcionais chamados de “caixa-preta”, que são usados para avaliar a atuação em conjunto na plataforma dos sensores, do *bluetooth*, do aplicativo leitor de tela e, baseado na especificação, verificaram-se as saídas que são esperadas para um determinado conjunto de dados.

Essas simulações foram realizadas no laboratório LabMídia (IFTO-Campus Palmas) e seguiram as especificações apresentadas no Quadro 1, com a finalidade de avaliar o funcionamento de todo o conjunto de *hardware* e *software* envolvido no projeto simulado do circuito. Observou-se nesse período a geração de dados (mensagens) tanto do sensor de proximidade quanto da *tag* RFID, sendo transmitidos via *bluetooth* e apresentados na tela do aplicativo. Cada mensagem recebida pelo aplicativo é interpretada pelo leitor de tela, lida em voz alta e ouvida pelo deficiente visual diretamente nos fones de ouvido.

Quadro 1 – Simulação de testes caixa-preta realizados no circuito.

1	Inicialização do App ABSM e plataforma Arduino	
1.1	Usuário	Vestir o colete, os fones de ouvido e ativar Android Voz
1.2	Usuário	Ativar conexão <i>bluetooth</i> e plataforma Arduino, testar comandos de voz.

1.3	Sistema	Emitir: <i>mensagem de confirmação da conexão bluetooth</i>
1.4	Usuário	Ativar o aplicativo <i>App Bluetooth SPP Manager</i>
1.5	Usuário	No <i>App</i> ativar a opção – Conectar plataforma Arduino
1.6	Sistema	Emitir: plataforma Arduino conectada.
1.7	Usuário	Aproxima um objeto do sensor ultrassônico
1.8	Sistema	Emitir: <i>mensagem do sensor ultrassônico (distância em cm)</i>
1.9	Usuário	Aproxima a tag RFID do leitor de RFID
1.8	Sistema	Emitir: <i>mensagem do leitor RFID (ambiente cadastrado)</i>
1.9	Sistema	Repita (Retorna ao ponto 1.7) até que usuário
2.0	Usuário	Desativa plataforma Arduino e aplicativos Android e encerra sessão

Fonte: autor.

Com os testes realizados no simulador *TinkerCAD*, verificou-se que o sensor HC-SR04 é uma excelente opção para projetos que necessitam utilizar a medição de distâncias ou, em outro ponto de vista, que precisam da detecção de objetos dentro do raio de alcance do sensor. Nos testes simulados, complementou-se o circuito com a adição de um *buzzer* (sirene) à plataforma Arduino, que emite um sinal sonoro toda vez que o sensor de proximidade modificar seu status.

Com respeito ao protótipo e à disposição dos sensores ultrassônicos (que podem ser implantados tanto no colete quanto numa bengala ou ambos no mesmo circuito), é possível afirmar que o sensor HC-SR04 atende às necessidades estabelecidas para o protótipo e realiza a leitura de forma eficaz para as distâncias testadas nas avaliações. Ainda, o ângulo de abertura do sinal emitido pelo sensor apresentou-se suficiente para um deslocamento autônomo em linha reta.

Componentes eletrônicos e comunicação

Nesta seção são apresentados os componentes de *hardware* e *software* utilizados na construção do circuito eletrônico do protótipo do colete. Na Figura 3, apresentada a seguir, estão em sequência representados a placa Arduino Mega 2560, o módulo ultrassônico HC-SR04, o módulo RFID RC522 e o módulo *bluetooth*. Esses componentes foram integrados conforme descrito no passo a passo no simulador *ThinkerCAD*.

Figura 3: Componentes eletrônicos do protótipo do colete eletrônico



Fonte: autor.

Placa Arduino Mega 2560 (Kit educacional)

A placa Arduino Mega 2560 possui um microcontrolador de 8 bits de arquitetura RISC avançada, possui 54 pinos de entrada e saída digitais, dos quais 15 podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial. Além desses recursos, é equipada com 256 Kb de memória *flash*, 8 Kb de RAM e 4 Kb de EEPROM. Essas características foram fundamentais para a utilização desta placa para este projeto, visto que vários dispositivos deveriam ser conectados para a implementação do circuito.

O Arduino Mega 2560 é uma placa de desenvolvimento ideal para projetos educacionais avançados devido à sua robustez e capacidade de lidar com muitas tarefas simultaneamente.

Esses recursos são necessários para o projeto *ShowWay*, como memória *flash* e pinos analógicos e digitais necessários para prototipagem.

No fragmento de código representado na Figura 4, são carregadas as bibliotecas necessárias ao circuito e são inicializadas as variáveis de controle. Também são determinados os pinos que recebem os dados dos sensores e os pinos que transmitem esses dados para o aplicativo Android. Ainda se determina a sequência de inicialização dos componentes do circuito e a leitura dos dados durante a execução do sistema.

Figura 4 - Parte do código de controle da placa Arduino.

```

10- void setup() {
11-   Serial.begin(9600);   bluetooth.begin(9600);
12-   pinMode(trigPin, OUTPUT);
13-   pinMode(echoPin, INPUT);
14-   pinMode(proximidadePin, INPUT);
15-   SPI.begin(); rfid.PCD_Init();
16-   Serial.println("Sistema iniciado");
17- void loop() { // Medição sensor ultrassônico
18-   digitalWrite(trigPin, LOW);
19-   delayMicroseconds(2);
20-   digitalWrite(trigPin, HIGH);
21-   delayMicroseconds(10);
22-   digitalWrite(trigPin, LOW);
23-   long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
24-   int distancia = duration * 0.034 / 2; // Verificação do Sensor de Proximidade
25-   int objetoProximo = digitalRead(proximidadePin);
26-   // Leitura do RFID
27-   If (rfid.PICC_IsNewCardPresent() && rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
28-     Serial.print("UID tag: "); String conteudo = "";
29-     for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
30-       conteudo.concat(String(rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
31-       conteudo.concat(String(rfid.uid.uidByte[i], HEX));}

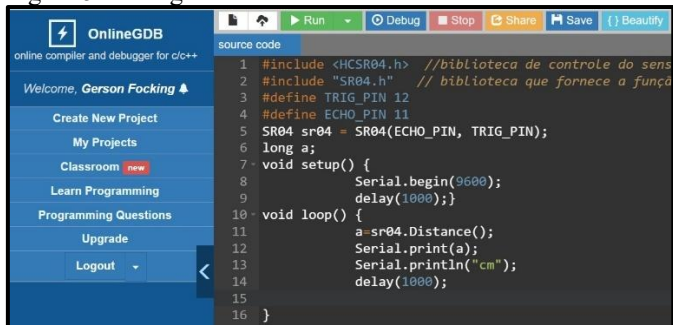
```

Fonte: autor.

Módulo sensor ultrassônico

O sensor ultrassônico HC-SR04 é utilizado para detectar obstáculos, auxiliando o deslocamento autônomo do usuário. Esse sensor realiza medições de distância entre 2 cm e 400 cm com precisão de até 3 mm, enviando informações ao Arduino para processamento e envio ao dispositivo Android. A Figura 5 ilustra o código para controle do sensor ultrassônico e o cálculo da distância do obstáculo.

Figura 5 - Código de controle do sensor ultrassônico.



```

1 #include <HCSR04.h> //biblioteca de controle do sens
2 #include "SR04.h" // biblioteca que fornece a função
3 #define TRIG_PIN 12
4 #define ECHO_PIN 11
5 SR04 sr04 = SR04(ECHO_PIN, TRIG_PIN);
6 long a;
7 void setup() {
8   Serial.begin(9600);
9   delay(1000);}
10 void loop() {
11   a = sr04.Distance();
12   Serial.print(a);
13   Serial.println(" cm");
14   delay(1000);
15 }

```

Fonte: autor.

As distâncias medidas pelo sensor ultrassônico, em centímetros, são tratadas no monitor serial do programa de controle e são transmitidas via *bluetooth* para o aplicativo de leitura de tela que as envia para o fone do ouvido do usuário.

Módulo RFID RC522 (*Radio Frequency Identification*)

Esse módulo permite realizar a leitura de cartões ou *tags* (que armazenam certas informações) utilizando ondas eletromagnéticas através da aproximação deles ao leitor de RFID. Essa tecnologia segue a norma ISO/IEC 14443 e é utilizada em aplicações de controle de acesso, pagamento digital, controle de estoque, em que uma determinada função é executada a partir da identificação de uma *tag* única.

No colete eletrônico, o módulo *rfid* é responsável pela identificação das portas que dão acesso aos ambientes por onde o deficiente visual está se locomovendo. Na Figura 7 é visualizado o módulo leitor *rfid*, um cartão e uma *tag* de acesso.

Módulo *bluetooth*

O módulo *bluetooth* HC-05 Arduino é um dispositivo eletrônico que tem a capacidade de se conectar a outros dispositivos *bluetooth* sem a necessidade de conexão com a *Internet*. Esse módulo oferece ao microcontrolador Arduino a possibilidade da transferência de dados entre os dispositivos por meio de comunicação serial. A Figura 8 ilustra o módulo *bluetooth* HC-05 utilizado neste projeto.

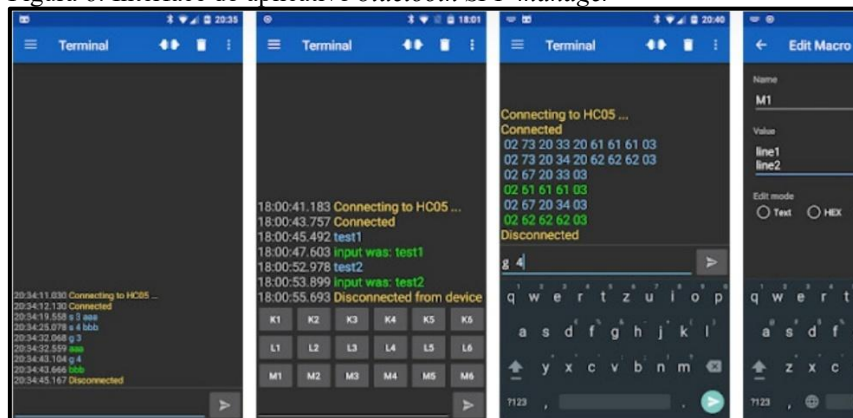
Entre as aplicações desse módulo destacam-se a transmissão de dados de sensores (tema deste trabalho), comunicação entre duas placas Arduino para troca de dados, transmissão de dados para atuadores e a comunicação do Arduino com *smartphone* e outros dispositivos móveis.

Aplicativo *bluetooth SPP manager*

O aplicativo *bluetooth SPP Manager*, ilustrado pela Figura 6, foi utilizado para estabelecer a comunicação entre a plataforma Arduino e o dispositivo Android, possibilitando a transmissão de dados em tempo real para o usuário. Esse aplicativo utiliza o protocolo SPP - *Serial Port Profile* e oferece a capacidade de iniciar um servidor e aceitar conexões de entrada de outros dispositivos.

Das muitas características apresentadas por esse *App*, favorecem este projeto a possibilidade de enviar mensagens e arquivos de texto, entrada de voz para mensagens, um servidor para conexões *bluetooth* de entrada e o *RTC Manager* para controlar a transmissão de dados em períodos específicos.

Figura 6: Interface do aplicativo *bluetooth SPP manager*



Fonte: autor.

Esses dispositivos eletrônicos, a IDE Arduino e o App *bluetooth SPP Manager* foram os componentes utilizados nesta primeira versão do protótipo do colete eletrônico.

Desenvolvimento do protótipo

A construção do protótipo foi dividida em três fases:

1. Implantação dos sensores e módulos de *hardware* na plataforma Arduino.
2. Programação da plataforma Arduino para inicializar e configurar os sensores, e
3. Integração do aplicativo Android para receber os dados dos sensores e convertê-los em mensagens de áudio transmitidas via fone de ouvido.

4. Esta versão do protótipo não pode ser vestida como um colete, pois foi montado em uma bancada de circuitos, razão pela qual não realizamos testes com usuários deficientes.

Testes funcionais realizados utilizando a versão 1.0 do colete eletrônico

Os testes funcionais realizados tiveram como objetivo avaliar a integração e funcionamento em conjunto dos sensores, do módulo *bluetooth*, do aplicativo *bluetooth SPP Manager*, bem como verificar as saídas esperadas para um conjunto específico de dados. Esses testes ocorreram no laboratório LabMídia do *Campus* Palmas, do IFTO, conforme as especificações apresentadas no Quadro 1.

Esses testes visaram avaliar o desempenho do conjunto de *hardware* e *software* do protótipo, verificando como um dispositivo híbrido pode ser empregado para garantir a segurança durante o deslocamento autônomo de deficientes visuais em ambientes previamente preparados. Com a versão 1.0 do protótipo, foi constatado que os sensores ultrassônicos são soluções aplicáveis em projetos que demandam a medição de distâncias ou a detecção de objetos no raio de alcance do sensor.

Em relação ao protótipo, a disposição dos sensores ultrassônicos (que podem ser implementados tanto no colete quanto em uma bengala, ou em ambos os dispositivos) atendeu adequadamente às necessidades do projeto. O sensor demonstrou ser eficaz na leitura das distâncias durante os testes realizados. Além disso, o ângulo de abertura do sinal emitido pelo sensor revelou-se adequado para um deslocamento autônomo em linha reta.

Os demais módulos do circuito também funcionaram adequadamente. O leitor de cartões *rfid* enviou a mensagem gravada corretamente para o módulo de transmissão *bluetooth*, que conectado ao dispositivo móvel (*smartphone*) enviou a mensagem para o aplicativo de leitura de tela. Testes com usuários com deficiência visual de grau total, baixa visão ou visão parcial devem ser realizados com a versão 2.0 do colete, que será implementada com componentes eletrônicos profissionais e integrada a um colete adaptado aos propósitos do projeto.

Resultados e discussões

Este protótipo destacou sua relevância ao proporcionar aos deficientes visuais um dispositivo computacional híbrido, de baixo custo, capaz de interagir com o ambiente físico e orientar o usuário durante o deslocamento autônomo em ambientes previamente sinalizados. Os resultados dos testes funcionais e de integração foram positivos, destacando-se os seguintes aspectos:

O protótipo desenvolvido possui grande potencial para gerar contribuições significativas ao desenvolvimento científico e tecnológico, por tratar-se de uma abordagem integrada e interdisciplinar para um problema que afeta uma grande parte da população brasileira.

O desenvolvimento do colete eletrônico envolveu estudos técnicos sobre internet das coisas, sensores, atuadores, arquiteturas de software, redes de comunicação, ferramentas de análise de dados, linguagens de programação, sistemas *mobile* e computação em nuvem.

A principal contribuição é a ampliação das condições de deslocamento autônomo em ambientes sinalizados, contribuindo para melhorar a qualidade de vida, autonomia, inclusão e participação social. O protótipo tem potencial para ser replicado em ambientes de diferentes naturezas, e para registro de patente de inovação tecnológica.

As contribuições deste trabalho poderão ser exploradas em futuros projetos, como bengalas inteligentes, visores LCD, inteligência artificial (IA), GPS, e na elaboração de artigos científicos. O projeto, desenvolvido ao longo de 18 meses, proporcionou aos envolvidos a oportunidade de trabalhar com tecnologias inovadoras e enfrentar desafios complexos.

O protótipo demonstrou-se funcional e com grande potencial para auxiliar na mobilidade autônoma. Futuras versões poderão incluir módulos adicionais, como QRCode e GPS, ampliando sua

funcionalidade. Este projeto reforça a importância das tecnologias assistivas e da IoT para a inclusão, promovendo acessibilidade e qualidade de vida.

Referências

- ALMEIDA, H. V. S.; RIGOLON, D. **Projeto de equipamento sensorial para orientação e mobilidade de deficientes visuais**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Eletrônica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.
- ALVES, R. M. *et al.* **Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino e aprendizagem**. Jornada de Atualização em Informática na Educação, 2013, *Anais [...]*. v. 1, n. 1, p. 162–187.
- BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: CEDI, 2008.
- BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. **Introdução ao conceito de tecnologia assistiva e modelos de abordagem da deficiência**. 2006. Disponível em: www.bengalalegal.com/tecnologiaassistiva. Acesso em: 2 ago. 2023.
- BUENO, A. C. **Bengala eletrônica para deficientes visuais**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Positivo. Núcleo de ciências exatas e tecnológicas. Engenharia da Computação, Curitiba, 2010.
- FREITAS, A.; LIMA, A.; SANTOS, M. **Protótipo de bengala inteligente de baixo custo para o auxílio de deficientes visuais**. In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2016, *Anais [...]*. p. 1344-1353.
- FRIZZARIN, F. B. **Arduíno: Guia para colocar suas ideias em prática**. 2016, p. 198.
- HERNANDES, J.; ARAGÃO, G. F.; LIMA, F. P. A. **Bengala automatizada para deficientes visuais**. In: XVI Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão (ENPEX), 2016, Araçatuba-SP. *Anais [...]*. 2016. p. 1-8.
- LIMA, E. P. *et al.* **Bengala automatizada para detecção de obstáculos**. In: International symposium on technological innovation (ISTI), *Anais [...]*. 2015.
- MADAKAM S., RAMASWAMY R., TRIPATHI S. **Internet of things (IoT): A literature review**. Journal of Computer and Communications, pg.164-173. DOI: 10.4236/jcc.2015.35021, 2015.
- OLIVEIRA, C. E. S. de; NETO, M. C. M. **Bengala digital e boné digital a serviço da pessoa com deficiência visual**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, 2015.
- PEREIRA Jr., A.E. **Desenvolvimento de uma bengala eletrônica para deficientes visuais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação) – Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2017.
- RADABAUGH, M. P. **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, 1993.

SANTOS, D. R. G. *et al.* **Desenvolvimento de uma bengala eletrônica para locomoção de pessoas com deficiência visual.** In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM). **Anais [...]**, 2010.

SCHLÜNZEN, E. **Tecnologia assistiva: projetos, acessibilidade e educação a distância – rompendo barreiras na formação de educadores.** Jundiaí: Paco Editorial. São Paulo, 2011.

SONZA, A. P. *et al.* **Acessibilidade e tecnologia assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais.** Série Novos Autores. IFRS. Bento Gonçalves, 2018.

Informações complementares

Descrição		Declaração
Financiamento		Não se aplica.
Aprovação ética		Não se aplica.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O trabalho não é um <i>preprint</i> e os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos neste artigo.
CrediT	Gerson Pesente Focking	Funções: conceitualização, investigação, programas, metodologia, validação, escrita – revisão e edição.
	Warley Gramacho da Silva	Funções: conceitualização, supervisão e validação.

Avaliadores: Dr. Marcos Ricardo Muller (Faculdade Uniguaçu. Paraná, Brasil). O avaliador “B” optou pela avaliação fechada e pelo anonimato.*

Revisor do texto em português: Marco Aurélio Mello.

Revisora do texto em inglês: Adriana de Oliveira Gomes Araújo.

Revisora do texto em espanhol: Graziani França Claudino de Anicézio.

* Optou pela avaliação fechada e autorizou somente a divulgação da identidade como avaliador no trabalho publicado.