Desenvolvimento de um módulo experimental de detecção de obstáculos com ESP32 para futura aplicação em bengala assistiva

Guilherme da Silva Pereira[1], **Heitor Pontes da Silva**[1], **Daniela Flor**[1]

[1]Instituto Federal do Paraná (IFPR) – Campus Paranavaí
Av. José Felipe Tequinha, 1400 – Jardim das Nações, Paranavaí – PR – Brasil

20233013083@estudantes.ifpr.edu.br, 20233013216@estudantes.ifpr.edu.br

daniela.flor@ifpr.edu.br

Abstract. *This work presents an experimental obstacle detection module for future application in an assistive cane. The circuit was assembled on a protoboard using an ESP32, an HC-SR04 ultrasonic sensor, and a buzzer. The system measures obstacle distance and changes the sound alert pattern according to predefined ranges. Tests were performed using the ESP-IDF, with measurements at 10, 20, 50, 70 and 100 cm. The results correspond to the experimental circuit, while cane integration and evaluation under real conditions remain as future steps.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um módulo experimental de detecção de obstáculos para futura aplicação em uma bengala assistiva. O circuito foi montado em protoboard com ESP32, sensor ultrassônico HC-SR04 e buzzer. O sistema mede a distância dos obstáculos e altera o padrão do alerta sonoro conforme faixas predefinidas. Foram realizados testes nas distâncias de 10, 20, 50, 70 e 100 cm utilizando o ESP-IDF. Os resultados correspondem ao circuito experimental, enquanto a integração à bengala e a avaliação em condições reais permanecem como etapas futuras.*

Palavras-chave: Detecção de obstáculos; ESP32; HC-SR04; Sistema embarcado; Bengala assistiva.

1. Introdução

A bengala convencional é um recurso utilizado por pessoas com deficiência visual para auxiliar na identificação de obstáculos durante a locomoção. Entretanto, sua utilização depende principalmente do contato da ponteira com o obstáculo. Nesse contexto, sensores eletrônicos podem ser utilizados para investigar formas de identificar obstáculos a partir da medição da distância, antes do contato físico.

Neste trabalho, foi desenvolvido um módulo experimental de detecção de obstáculos utilizando um ESP32, um sensor ultrassônico HC-SR04 e um buzzer. O circuito foi montado em protoboard e programado para medir a distância entre o sensor e um obstáculo. A partir do valor obtido, o sistema foi configurado para utilizar diferentes padrões de alerta sonoro conforme a faixa de distância identificada.

O problema de pesquisa deste trabalho consiste em verificar se a utilização conjunta do ESP32 e do sensor ultrassônico HC-SR04 permite detectar obstáculos em diferentes distâncias e controlar um alerta sonoro de acordo com a distância identificada. A pergunta de pesquisa definida é: é possível utilizar um ESP32 associado a um sensor ultrassônico HC-SR04 para detectar obstáculos em diferentes distâncias e alterar o padrão de alerta sonoro de acordo com a distância identificada?

O objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar, em protoboard, um módulo experimental baseado em ESP32 e HC-SR04 para medir a distância até obstáculos e acionar um buzzer de acordo com faixas de distância previamente definidas. A integração dos componentes à estrutura de uma bengala e sua avaliação em condições reais são consideradas etapas posteriores ao desenvolvimento apresentado neste trabalho.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Tecnologia Assistiva e mobilidade de pessoas com deficiência visual

A Tecnologia Assistiva envolve recursos e serviços que podem auxiliar pessoas com deficiência na realização de atividades do dia a dia [Bersch 2017]. Esses recursos podem estar relacionados a diferentes necessidades, incluindo a mobilidade e a realização de tarefas de forma mais independente.

No caso das pessoas com deficiência visual, recursos voltados à mobilidade podem auxiliar na identificação do ambiente durante a locomoção. A bengala é um dos recursos utilizados para esse fim, e a utilização de componentes eletrônicos pode ser estudada como uma forma de complementar suas funções. Neste trabalho, a Tecnologia Assistiva é considerada como contexto para o desenvolvimento de um módulo eletrônico que poderá ser aplicado futuramente em uma bengala assistiva. Nesta etapa, porém, a pesquisa está concentrada no funcionamento do circuito experimental montado em protoboard.

2.2. Sistemas de detecção de obstáculos aplicados a bengalas assistivas

Sistemas eletrônicos de detecção de obstáculos podem utilizar sensores para identificar objetos sem depender exclusivamente do contato físico. Em uma possível aplicação em bengalas assistivas, esses sensores podem fornecer informações sobre a distância entre o usuário e um obstáculo, permitindo o acionamento de algum tipo de alerta. Neste trabalho, essa possibilidade é investigada por meio do HC-SR04 conectado ao ESP32, verificando o funcionamento do módulo eletrônico para futura integração à bengala.

Aspectos de segurança e usabilidade também devem ser considerados em uma futura aplicação do módulo em uma bengala. Entretanto, esses aspectos não foram avaliados com usuários ou durante deslocamento nesta etapa. Entre os trabalhos correlatos, Santos et al. [2026] realizaram avaliação de usabilidade e desempenho em condições reais, enquanto Souza [2024] observou influência das condições de iluminação no desempenho da leitura de códigos QR. Esses resultados reforçam a necessidade de avaliações específicas de usabilidade e das condições de utilização antes de uma aplicação prática do módulo.

2.3. Sensoriamento ultrassônico e sistemas embarcados

O sensoriamento ultrassônico utiliza ondas sonoras para realizar medições a partir do tempo necessário para que um sinal emitido seja refletido por um obstáculo e retorne ao

sensor. O HC-SR04 utilizado neste projeto opera com tensão de alimentação de 5 V, possui os pinos VCC, TRIG, ECHO e GND e realiza a medição a partir do envio de um pulso ultrassônico e da recepção do sinal refletido pelo obstáculo [ElecFreaks 2016].

Sistemas embarcados são sistemas computacionais desenvolvidos para executar funções específicas dentro de um equipamento. Neste projeto, o ESP32 recebe o sinal ECHO do sensor, processa o tempo correspondente e calcula uma distância aproximada. No circuito desenvolvido, o GPIO 5 foi utilizado para o sinal TRIG, o GPIO 18 para o sinal ECHO e o GPIO 25 para o buzzer. A programação foi realizada em linguagem C utilizando o ESP-IDF.

2.4. Trabalhos correlatos

Inácio e Raphael [2020] desenvolveram uma bengala eletrônica voltada à identificação de obstáculos que podem não ser detectados por uma bengala convencional. O protótipo utiliza um sensor ultrassônico e apresenta alertas sonoros e vibratórios conforme a distância dos obstáculos. Os autores realizaram testes experimentais e relataram resultados satisfatórios principalmente para obstáculos localizados a menos de 80 cm.

Nicácio et al. [2023] desenvolveram um protótipo de bengala eletrônica utilizando o microcontrolador ESP32 e um leitor RFID, integrado a um aplicativo para smartphone por meio de conexão Bluetooth. O sistema foi desenvolvido para identificar locais a partir de cartões RFID instalados em um ambiente e transmitir informações ao usuário por meio de avisos sonoros. O trabalho foi caracterizado como uma pesquisa bibliográfica e experimental, apresentando também testes práticos de usabilidade.

Souza [2024] desenvolveu um protótipo de bengala inteligente utilizando uma placa Arduino Mega 2560, um sensor ultrassônico HC-SR04, um módulo ESP32-CAM, um DFPlayer Mini e um alto-falante. Além da detecção por sensor ultrassônico, o sistema foi desenvolvido para realizar a leitura de códigos QR e fornecer informações sonoras ao usuário. Nos testes realizados, o protótipo apresentou 89% de precisão na leitura dos códigos QR, com tempo médio de 7 a 10 segundos para identificação e reprodução das informações. O trabalho também relata melhor desempenho da leitura dos códigos QR em ambientes com boa iluminação.

Santos et al. [2026] desenvolveram uma bengala assistiva utilizando um Arduino Uno e o sensor ultrassônico HC-SR04, incorporados a uma estrutura personalizada produzida por impressão 3D. O protótipo foi submetido a testes experimentais relacionados à detecção de obstáculos, utilizando alertas sonoros e feedback tátil. Os autores também avaliaram a precisão, a resposta do sistema e aspectos de usabilidade em condições reais.

Em conjunto, os trabalhos relacionados (Tabela 1) mostram diferentes estratégias para ampliar as funções de bengalas assistivas: alertas sonoros e vibratórios, identificação por RFID, leitura de códigos QR e estruturas personalizadas por impressão 3D. Essas propostas também evidenciam aspectos que exigem avaliação, como dependência de elementos instalados no ambiente, influência da iluminação e usabilidade em condições reais. Em comparação, este trabalho possui escopo mais restrito e concentra-se na verificação experimental, em bancada, de um módulo com ESP32, HC-SR04 e buzzer, sem integração à bengala ou avaliação com usuários.

Tabela 1. Comparação entre os trabalhos correlatos e o presente trabalho.

Trabalho	Sensor	Controle	Alerta	Teste/Característica
Inácio e Raphael [2020]	Ultrassônico	Não informado	Sonoro e vibratório	Testes experimentais; obstáculos abaixo de 80 cm
Nicácio et al. [2023]	RFID	ESP32	Sonoro	Identificação de locais e integração com smartphone
Souza [2024]	HC-SR04 e câmera	Arduino Mega 2560 e ESP32-CAM	Sonoro	Detecção de obstáculos e leitura de QR Code
Santos et al. [2026]	HC-SR04	Arduino Uno	Sonoro e tátil	Testes experimentais, impressão 3D e avaliação de usabilidade
Presente trabalho	HC-SR04	ESP32	Sonoro	Testes em 10, 20, 50, 70 e 100 cm

3. Metodologia

3.1. Natureza da pesquisa e problema investigado

A pesquisa possui caráter experimental, envolvendo a montagem de um circuito eletrônico em protoboard e testes de funcionamento. O problema investigado consiste em verificar se o ESP32 e o HC-SR04 detectam obstáculos em diferentes distâncias e controlam padrões de alerta sonoro conforme a faixa identificada.

3.2. Procedimento experimental

O desenvolvimento foi dividido em etapas. Inicialmente, foram selecionados os componentes utilizados no circuito e realizada a montagem do sensor HC-SR04 com o ESP32.

Durante os primeiros testes no ESP32, a rotina inicial de programação não produziu leituras válidas do pino ECHO em razão de imprecisões na temporização do pulso de disparo (TRIG) e na medição da largura de pulso de retorno ao utilizar funções de atraso convencionais do sistema operacional. Para isolar o problema e verificar a integridade física do transdutor, realizou-se um teste em uma placa Arduino, na qual as medições funcionaram corretamente. Confirmado o funcionamento do sensor, o código do ESP32 foi corrigido no ESP-IDF utilizando a função `esp_rom_delay_us` para gerar atrasos precisos em microssegundos e monitorar diretamente a duração do nível alto no pino ECHO, configurando os GPIOs 5, 18 e 25 para TRIG, ECHO e buzzer, respectivamente.

Após os ajustes, foram realizados testes a 10, 20, 50, 70 e 100 cm, comparando as leituras do ESP-IDF com as distâncias reais medidas com uma trena. A distância foi calculada pela duração do sinal ECHO, dividindo o tempo em microssegundos por 58 para obter a medida em centímetros.

3.3. Variáveis e critérios de avaliação

As variáveis consideradas são a distância entre o sensor e o obstáculo (analisada por meio da média, desvio padrão, mínimo e máximo) e o comportamento do alerta sonoro. O programa foi configurado com as seguintes faixas:

- abaixo de 20 cm: acionamento do buzzer contínuo;
- de 20 cm até menos de 50 cm: 150 ms ligado e 150 ms desligado;
- de 50 cm até 100 cm: 300 ms ligado e 500 ms desligado;
- acima de 100 cm: buzzer desligado.

Os critérios de avaliação consideram a capacidade do sensor de realizar medições próximas às distâncias reais utilizadas nos testes e o comportamento do buzzer de acordo com as faixas de distância definidas no programa.

4. Desenvolvimento do Módulo Experimental

4.1. Componentes utilizados e programação do ESP32

Para o desenvolvimento do módulo experimental foram utilizados um ESP32, um sensor ultrassônico HC-SR04, um buzzer, uma protoboard, resistores e cabos jumper. A programação do ESP32 foi desenvolvida em linguagem C utilizando o ESP-IDF para acionar o sensor, medir a duração do sinal ECHO, calcular a distância e controlar o buzzer. Para iniciar cada medição, o programa envia um pulso de 10 microssegundos pelo pino TRIG e mede o tempo durante o qual o sinal ECHO permanece em nível alto, dividindo a duração (em microssegundos) por 58 para obter a distância em centímetros.

4.2. Montagem do circuito

Após a programação do ESP32, foi realizada a montagem do circuito em protoboard. O HC-SR04 foi conectado ao ESP32 pelos pinos de alimentação, TRIG e ECHO, enquanto o buzzer foi conectado à saída definida no programa (GPIO 25).

Como o sinal ECHO do HC-SR04 atinge 5 V e os GPIOs do ESP32 operam com nível lógico máximo de 3,3 V, utilizou-se um divisor de tensão resistivo antes da conexão ao GPIO 18. Os dois resistores empregados na montagem foram identificados pelo código de faixas de cores como aproximadamente 13 kΩ cada (valor nominal não aferido com multímetro), dividindo a tensão do pulso de retorno para cerca de 2,5 V — valor seguro para a porta do microcontrolador e suficiente para o reconhecimento do nível lógico alto. O sensor foi alimentado pelo pino 5 V/VIN do ESP32, e todos os componentes compartilharam a referência GND.

A Figura 1 apresenta o diagrama funcional das ligações elétricas do módulo experimental, enquanto a montagem física em protoboard é apresentada na Figura 2.

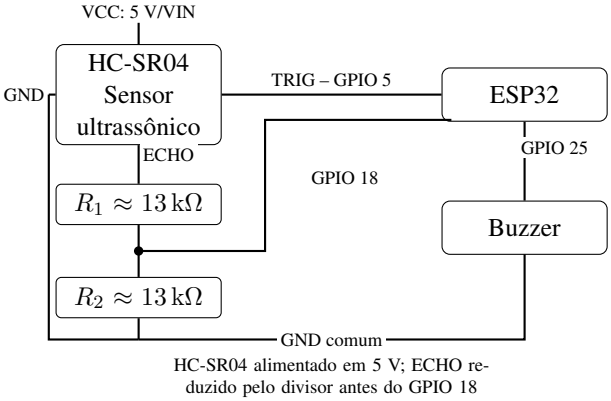


Figura 1. Representação funcional das conexões do módulo experimental.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

5. Resultados e Discussão

5.1. Testes e resultados

Durante os testes, foram verificadas a comunicação entre o ESP32 e o HC-SR04 e as leituras de distância nas posições de 10, 20, 50, 70 e 100 cm, comparando as medidas

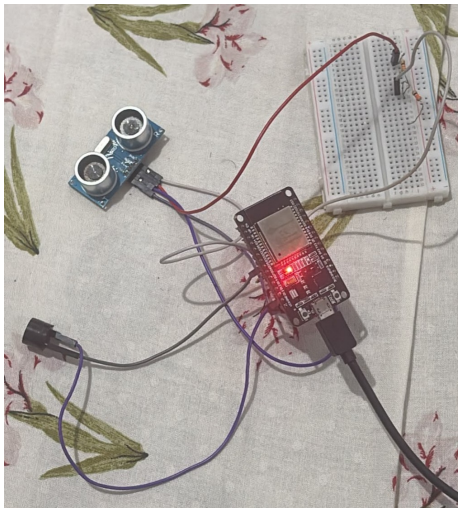
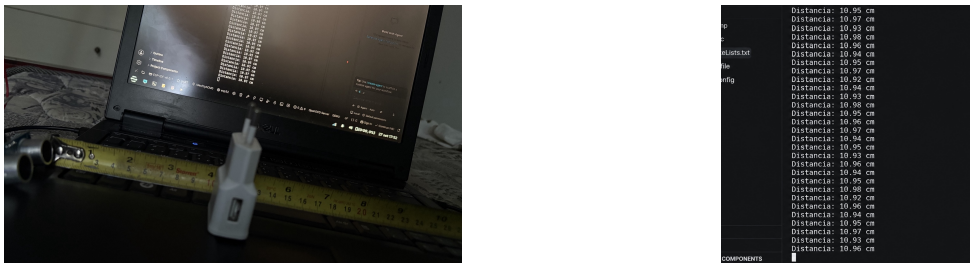


Figura 2. Montagem inicial do circuito do módulo experimental.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

reais, obtidas com trena, às leituras do HC-SR04 no terminal do ESP-IDF (Figuras 3 a 7).

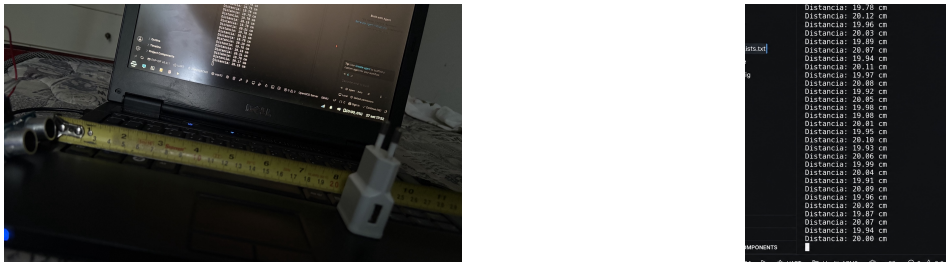
O número de valores transcritos para a análise variou entre os cenários (29 para 10 cm, 29 para 20 cm, 21 para 50 cm, 13 para 70 cm e 33 para 100 cm) devido à diferença no tamanho do recorte das janelas do terminal serial capturadas em cada ensaio. Na captura de 50 cm (Figura 5b), a sequência inicial de 15 valores (de 49,34 a 51,47 cm) aparece novamente na parte inferior da mesma imagem por sobreposição de captura; para evitar a duplicação que inflaria a amostra para 36 leituras, foram contabilizadas apenas as 21 medições únicas visíveis.



(a) Distância real *(b) Leituras do terminal*

Figura 3. Teste do sensor HC-SR04 com distância real de 10 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



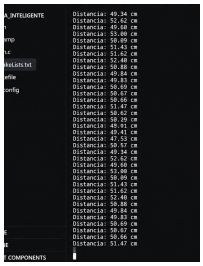
(a) Distância real *(b) Leituras do terminal*

Figura 4. Teste do sensor HC-SR04 com distância real de 20 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



(a) Distância real



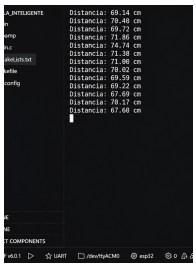
(b) Leituras do terminal

Figura 5. Teste do sensor HC-SR04 com distância real de 50 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



(a) Distância real



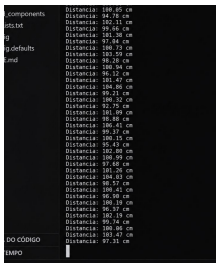
(b) Leituras do terminal

Figura 6. Teste do sensor HC-SR04 com distância real de 70 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



(a) Distância real



(b) Leituras do terminal

Figura 7. Teste do sensor HC-SR04 com distância real de 100 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Tabela 2 apresenta a média, o desvio padrão, os valores mínimo e máximo e a diferença média em relação às distâncias reais.

Tabela 2. Resultados das medições realizadas com o sensor HC-SR04.

Dist. real	Medições	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Diferença
10 cm	29	10,95 cm	0,02 cm	10,92 cm	10,98 cm	+0,95 cm
20 cm	29	19,96 cm	0,19 cm	19,08 cm	20,12 cm	-0,04 cm
50 cm	21	50,59 cm	1,25 cm	47,53 cm	53,00 cm	+0,59 cm
70 cm	13	70,19 cm	1,85 cm	67,60 cm	74,74 cm	+0,19 cm
100 cm	33	100,05 cm	2,86 cm	92,75 cm	106,41 cm	+0,05 cm

A análise conjunta da média e das métricas de dispersão na Tabela 2 evidencia comportamentos distintos conforme a distância. No teste de 10 cm, houve baixíssima dispersão (desvio padrão de 0,02 cm, com leituras entre 10,92 e 10,98 cm), mas registrou-se um desvio sistemático de +0,95 cm acima da distância de referência. Esse erro sistemático a curta distância está associado a pequenas diferenças de alinhamento entre a face frontal

do sensor, o obstáculo e o marco zero da trena, somadas ao efeito geométrico de paralaxe entre os transdutores emissor e receptor do HC-SR04.

No teste de 20 cm, observou-se baixa variação (desvio padrão de 0,19 cm, entre 19,08 e 20,12 cm) e diferença média de -0,04 cm. Já nas distâncias maiores, avaliar apenas a média ocultaria a dispersão visível nas leituras individuais: a 50 cm, os valores variaram de 47,53 a 53,00 cm (desvio padrão de 1,25 cm); a 70 cm, oscilaram de 67,60 a 74,74 cm (desvio padrão de 1,85 cm); e a 100 cm, variaram de 92,75 a 106,41 cm (desvio padrão de 2,86 cm), embora a média (100,05 cm) tenha permanecido próxima da referência. Esse aumento progressivo do desvio padrão com a distância decorre da abertura angular do feixe ultrassônico (cerca de 15°) e de reflexões secundárias na superfície da bancada sobre um obstáculo de dimensões reduzidas (carregador de celular).

5.2. Funcionamento do sistema

Durante os ensaios em bancada, o comportamento do buzzer foi testado e registrado em todas as faixas de distância configuradas na Seção 3.3, conforme sintetizado na Tabela 3.

Tabela 3. Registro experimental do comportamento do buzzer em cada faixa de distância.

Posição testada	Faixa programada	Comportamento registrado no buzzer
10 cm	< 20 cm	Acionamento sonoro contínuo (sem interrupções).
20 cm	20 a < 50 cm	Bipes rápidos intermitentes (150 ms ligado / 150 ms desligado), com breves transições para contínuo quando a leitura oscilou abaixo de 20,00 cm.
50 cm e 70 cm	50 a 100 cm	Bipes espaçados (300 ms ligado / 500 ms desligado), com ocasionais bipes rápidos a 50 cm nas leituras abaixo de 50,00 cm.
100 cm	Limiar 100 cm	Alternância entre bipes espaçados (nas leituras $\leq 100,00$ cm) e estado desligado (nas leituras $> 100,00$ cm) devido à dispersão de 92,75 a 106,41 cm.
> 107 cm	> 100 cm	Buzzer permanentemente desligado (sem emissão de alerta).

Conforme registrado na Tabela 3, verificou-se experimentalmente que o módulo alterou o padrão sonoro em conformidade com os limiares programados. Observou-se ainda que, quando o obstáculo é posicionado exatamente sobre os limites de transição (20 cm, 50 cm e 100 cm), a dispersão natural das leituras faz o alerta alternar momentaneamente entre as duas faixas adjacentes, estabilizando-se por completo assim que a distância ultrapassa a margem de oscilação do sensor. Ressalta-se que todos os ensaios foram realizados de forma estática em bancada, sem avaliação durante o deslocamento de um usuário.

5.3. Limitações e trabalhos futuros

O módulo experimental ainda não foi instalado definitivamente em uma bengala. Dessa forma, não foram realizados testes de utilização durante deslocamento ou em condições reais. Também será necessário adaptar a alimentação do circuito para permitir seu funcionamento sem depender de um computador. Como próximas etapas, pretende-se integrar os componentes à estrutura da bengala, definir a posição do sensor, fixar o ESP32 e o

buzzer, organizar os cabos e realizar novos testes considerando diferentes distâncias, materiais e ângulos de posicionamento do obstáculo.

A Figura 8 apresenta uma representação conceitual de uma possível integração futura dos componentes à bengala, sintetizando no quadro interno as faixas de operação definidas no sistema (< 20 cm com alerta contínuo, 20–50 cm com 150 ms ligado/150 ms desligado, 50–100 cm com 300 ms ligado/500 ms desligado e > 100 cm sem alerta). Ressalta-se que a ilustração tem caráter exclusivamente conceitual e não representa um protótipo físico já construído.

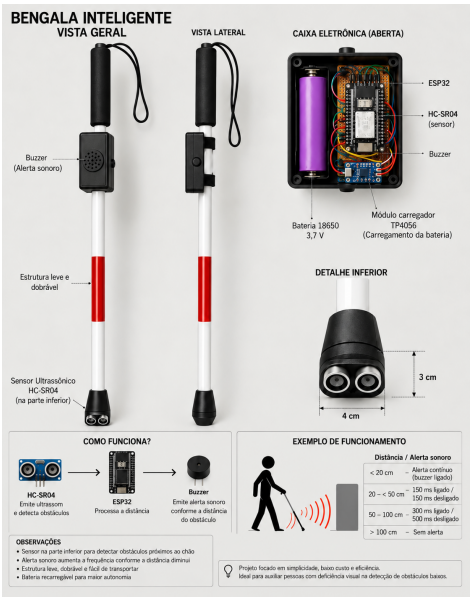


Figura 8. Representação conceitual da possível integração dos componentes à bengala.

Fonte: Autores e IA generativa (2026).

6. Conclusão

O trabalho apresentou o desenvolvimento e a avaliação em protoboard de um módulo experimental para detecção de obstáculos utilizando um ESP32, um sensor ultrassônico HC-SR04 e um buzzer, programados com o ESP-IDF.

Nos testes realizados nas distâncias de 10, 20, 50, 70 e 100 cm, as médias obtidas foram, respectivamente, 10,95 cm, 19,96 cm, 50,59 cm, 70,19 cm e 100,05 cm, confirmando também o correto funcionamento do alerta sonoro nas quatro faixas programadas. A análise estatística demonstrou aumento gradual da dispersão com o distanciamento do obstáculo (desvio padrão subindo de 0,02 cm a 10 cm para 2,86 cm a 100 cm), além de um desvio sistemático de +0,95 cm a 10 cm.

O módulo ainda não foi integrado à estrutura de uma bengala, e não foram realizados testes com usuários ou durante deslocamento. Como etapas futuras, prevê-se fixar definitivamente os componentes na bengala, registrar automaticamente as medições, adaptar a alimentação por bateria para operação autônoma e avaliar a usabilidade do dispositivo em condições reais de locomoção.

Declaração de Uso de Inteligência Artificial Generativa

Os autores declaram que ferramentas de Inteligência Artificial generativa foram utilizadas exclusivamente para a geração da ilustração conceitual de integração futura apresentada na Figura 8. Os autores revisaram todo o conteúdo e assumem integral responsabilidade pela publicação.

Referências

Bersch, R. (2017). *Introdução à Tecnologia Assistiva*. Assistiva – Tecnologia e Educação, Porto Alegre. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 15 set. 2026.

ElecFreaks (2016). *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04: User Guide*. Disponível em: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf. Acesso em: 15 set. 2026.

Inácio, C. D. d. S. and Raphael, G. P. (2020). Bengala eletrônica para a acessibilidade dos deficientes visuais. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP, 54 f. Orientador: Rodrigo Vilela da Rocha. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/27011. Acesso em: 20 out. 2026.

Nicácio, E. P. S., Oliveira, G. S., Araújo, H. H. G., Soares, E. S., and Silva, H. A. d. (2023). Cultura maker, tecnologias assistivas e internet das coisas (iot): aperfeiçoamento e validação de protótipo de baixo custo para acessibilidade de pessoa com deficiência. *EmpíricaBR – Revista Brasileira de Gestão, Negócio e Tecnologia da Informação*, 2(1):1–15. DOI: https://doi.org/10.15628/empirica.2015.14548. Acesso em: 20 out. 2026.

Santos, J. A., Lima, E. C. S., and Castro, P. d. J. P. (2026). Bengala assistiva com sensoriamento: ultrassônico e estrutura customizada via impressão 3d. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 12(3):1–18. DOI: https://doi.org/10.51891/rease.v12i3.24814. Acesso em: 20 out. 2026.

Souza, D. V. d. S. d. (2024). Tecnologia assistiva: protótipo de bengala com leitor qr code e arduino. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34647. Acesso em: 20 out. 2026.