

APOIO À DEFICIÊNCIA VISUAL: INTEGRAÇÃO DE BENGALA ADAPTADA COM SISTEMA EMBARCADO E APLICAÇÃO MÓVEL

SUPPORT FOR VISUAL IMPAIRMENT: INTEGRATION OF AN ADAPTED CANE WITH EMBEDDED SYSTEM AND MOBILE APPLICATION

Simon Tumanov¹
Patrícia Regina Picconi²
Joao Vitor Martins Alapone³
Lucas Mendes da Silva Del Duque⁴
Silvia Roberta de Jesus Garcia⁵

RESUMO: O presente trabalho desenvolve e avalia um sistema embarcado integrado a uma bengala inteligente para pessoas portadoras de deficiência visual, baseado na leitura de *tags RFID* de 13,56 MHz distribuídas em ambientes mapeados. A solução utiliza a placa NodeMCU-32S ESP32 para leitura das *tags* e transmissão via Bluetooth para um aplicativo móvel, que interpreta os dados e emite mensagens sonoras ao usuário. A metodologia abrangeu pesquisa bibliográfica, adaptação física da bengala para alojar os componentes eletrônicos, configuração do sistema *RFID*, desenvolvimento do aplicativo em *React Native* e testes práticos em ambiente controlado. Foram analisados parâmetros como precisão da leitura, estabilidade da comunicação, autonomia da bateria e usabilidade durante o deslocamento. Os resultados indicam que o protótipo é viável, de baixo custo, portátil e facilmente replicável, funcionando de forma independente da internet ou a infraestruturas externas. A solução complementa tecnologias assistivas já existentes, como mapas táteis e aplicativos de navegação por GPS, oferecendo maior precisão para orientação em ambientes internos. Conclui-se que a bengala inteligente com *RFID* contribui para a autonomia e segurança dos usuários, apresentando potencial para aplicação em espaços públicos e privados, além de possibilitar expansões futuras em acessibilidade.

Palavras-chave: Acessibilidade; Autonomia; Componentes; Infraestrutura.

ABSTRACT: This work develops and evaluates an embedded system integrated into a smart cane for visually impaired individuals, based on the reading of 13.56 MHz RFID tags distributed in mapped environments. The solution uses a NodeMCU-32S ESP32 board to read the tags and transmit them via Bluetooth to a mobile application, which interprets the data and emits audio messages to the user. The methodology included bibliographic research, physical adaptation of the cane to house the electronic components, configuration of the RFID system, development of the application in React Native, and practical testing in a controlled environment. Parameters such as reading accuracy, communication stability, battery life, and usability during movement were analyzed. The results indicate that the prototype is viable, low-cost, portable, and easily replicable, operating independently of the internet or external infrastructure. The solution complements existing assistive technologies, such as tactile maps and GPS navigation applications, offering greater precision for indoor orientation. It is concluded that the smart cane with RFID contributes to the autonomy and safety of users, presenting potential for application in public and private spaces, in addition to enabling future expansions in accessibility.

Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Fatec Itapetininga - semen.tumanov@fatec.sp.gov.br ¹

Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Fatec Itapetininga - patricia.picconi@fatec.sp.gov.br ²

Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Fatec Itapetininga - joao.alapone@fatec.sp.gov.br ³

Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Fatec Itapetininga - lucas.duque@fatec.sp.gov.br ⁴

Prof^a. Orientadora Mestre - Fatec Itapetininga - silvia.garcia01@fatec.sp.gov.br ⁵

Keywords: Accessibility; Autonomy; Components; Infrastructure.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, existem mais de 6,5 milhões de pessoas no Brasil com algum tipo de deficiência visual, sendo aproximadamente 500 mil cegas e 6 milhões com baixa visão (IBGE, 2010).

O Censo Demográfico reforça que esse grupo enfrenta limitações que vão além da condição física, abrangendo barreiras sociais e tecnológicas, o que evidencia a necessidade de políticas públicas voltadas à inclusão (Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2012).

O Brasil é reconhecido como um dos países que buscam constantemente avançar na promoção da acessibilidade, investindo em medidas para ampliar a autonomia das pessoas com deficiência visual. Entre essas iniciativas estão o desenvolvimento de pisos táteis e faixas de alta visibilidade, recursos que contribuem para a mobilidade urbana (Fundação Catarinense de Educação Especial, 2021).

Assim, as pesquisas voltadas ao desenvolvimento de uma bengala inteligente têm se destacado, direcionando-se para a resolução desses desafios, com ênfase na navegação em edificações e em espaços públicos previamente mapeados.

A solução proposta neste artigo consiste no mapeamento dos espaços por meio da utilização de faixas magnéticas e de uma rede de *tags RFID* de 13,56 MHz. Diferentemente de outros projetos voltados à melhoria da acessibilidade, que priorizam a detecção de obstáculos por meio de processos físicos (como o uso de ondas sonoras ou eletromagnéticas), ainda são limitados os desenvolvimentos direcionados ao fornecimento de informações sobre a localização das pessoas em tempo real. Atualmente, essa área conta com soluções sob a forma de mapas táteis e aplicativos móveis de navegação, entretanto, ambas demandam, respectivamente, memorização ou análise constante do ambiente. Embora a memorização seja uma habilidade essencial para pessoas com deficiência visual, a interação contínua com o espaço pode se mostrar desafiadora. A proposta central da solução da bengala inteligente é combinar a eficiência dos mapas táteis com um meio de interação acessível com os arredores, adequado às necessidades de pessoas cegas ou com deficiência visual.

Os principais benefícios deste projeto residem na relativa simplicidade de implementação e na robustez da solução técnica. A maioria dos desenvolvimentos atualmente disponíveis no mercado apresenta uma concepção de sistemas complexos, que demandam elevados recursos, envolvem processos físicos sofisticados ou dependem de fontes externas, como o uso de APIs de inteligência artificial ou, ao menos, o acesso contínuo à internet. Em contrapartida, a solução de mapeamento baseada em *RFID* depende exclusivamente de sistemas embarcados, enquanto o aplicativo móvel atua basicamente como um dicionário. O aspecto mais relevante é que a solução proposta não exclui outras abordagens já existentes, mas pode complementá-las de maneira prática e acessível. O objetivo central deste artigo é investigar a viabilidade da solução, descrever possíveis formas de implementação do sistema e discutir o potencial de sua aplicação no mundo real.

2 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida possui caráter bibliográfico, aplicado e exploratório, tendo como objetivo analisar a viabilidade e a possibilidade de desenvolvimento de um sistema embarcado integrado a uma bengala inteligente, em conjunto com um aplicativo móvel para auxílio a pessoas portadoras de deficiência visual.

O estudo foi conduzido entre janeiro e junho de 2025, no laboratório de eletrônica e informática FABLab da Fatec Itapetininga. Para a elaboração do protótipo, foram utilizados os seguintes materiais e ferramentas: bengala dobrável para deficientes visuais (*Supermedy*, cores branco, preto e vermelho, 1200 mm de comprimento); módulo PN532 NFC RFID V3 de comunicação por campo próximo; placa de desenvolvimento NodeMCU-32S ESP32; bateria recarregável de 3600 mAh (16 mm x 65 mm); quatro cabos de desenvolvimento; cabo USB tipo-C para USB tipo-A (1200 mm); tags RFID 13,56 MHz; além de caixas personalizadas, produzidas em impressão 3D, para fixação dos módulos na bengala (caixa para a bateria 18650, caixa para o leitor RFID e caixa para a ESP32). O procedimento metodológico seguiu as seguintes etapas:

1. Pesquisa bibliográfica inicial, abordando soluções já existentes de mobilidade assistida e tecnologias embarcadas aplicadas à acessibilidade, com ênfase em dispositivos *RFID* de longo alcance e microcontroladores.

2. Preparação da bengala base, realizando a adaptação do corpo da bengala *Supermedy* para receber os módulos eletrônicos, assegurando a ergonomia e mantendo a funcionalidade original do equipamento de apoio, visando diminuir o impacto relacionado a usabilidade original da bengala.

3. Integração dos componentes eletrônicos, fixando a placa NodeMCU-32S ESP32, o módulo PN532 NFC *RFID* V3 e a bateria recarregável em caixas personalizadas produzidas em impressão 3D, projetadas especificamente para acomodação na bengala.

4. Configuração do sistema de leitura *RFID*, com a programação do ESP32 para identificar e processar os sinais das *tags* de 13,56 MHz, previamente posicionadas em pontos estratégicos do ambiente de teste.

5. Desenvolvimento do aplicativo móvel, responsável por interpretar os dados recebidos via comunicação sem fio e convertê-los em mensagens sonoras acessíveis ao usuário.

6. Mapeamento experimental do ambiente, utilizando as *tags RFID* em locais definidos (corredores, portas e áreas de circulação), possibilitando a análise da capacidade de localização e orientação do protótipo.

7. Testes de desempenho e validação, considerando critérios como tempo de resposta do sistema, alcance e estabilidade da comunicação *RFID*, durabilidade da bateria, clareza das instruções fornecidas pelo aplicativo e usabilidade do dispositivo durante o deslocamento.

Os resultados foram analisados com base em testes conduzidos em ambiente controlado, buscando verificar a adequação do protótipo aos requisitos de acessibilidade descritos na literatura e às condições reais de uso. Essa análise permitiu identificar os aspectos positivos e as limitações do sistema desenvolvido.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A deficiência visual demanda recursos que promovam autonomia e inclusão, sendo a tecnologia assistiva essencial nesse processo ao oferecer ferramentas como pisos táteis, leitores de tela e dispositivos adaptados (IBGE, 2010). A seguir são apresentados os tópicos relevantes para a revisão da literatura sobre o tema. Nesse contexto, sistemas embarcados com Arduino destacam-se por sua flexibilidade e baixo custo, possibilitando a integração de sensores e atuadores para apoio à

mobilidade. Complementarmente, os dispositivos móveis funcionam como interfaces acessíveis e amplamente difundidas, permitindo interação intuitiva entre usuários e sistemas assistivos. Além disso, estudos e aplicações similares já desenvolvidas reforçam a relevância dessas abordagens, demonstrando seu potencial de impacto na acessibilidade e na qualidade de vida de pessoas com deficiência visual (Almeida et al., 2019).

3.1 DEFICIÊNCIA VISUAL E O PAPEL DA TECNOLOGIA ASSISTIVA

A deficiência visual é um fenômeno relativamente comum no mundo moderno. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, existem mais de 6,5 milhões de pessoas no Brasil com alguma forma de deficiência visual severa, sendo cerca de 500 mil classificadas como cegas (IBGE, 2010).

No Brasil, a deficiência visual é oficialmente reconhecida em três graus principais, de acordo com o Instituto Benjamin Constant (IBC). O primeiro é a baixa visão (ou visão subnormal), que pode ser parcialmente compensada por meio do uso de lupas, recursos ópticos, bengalas e treinamento especializado de orientação e mobilidade. Entre as condições associadas a esse grau estão miopia, estrabismo, astigmatismo, ambliopia e hipermetropia (IBC, 2017).

O segundo grau corresponde ao estágio próximo à cegueira, no qual a pessoa ainda consegue distinguir luzes e sombras, mas necessita recorrer a recursos como o sistema Braille, softwares leitores de tela, tecnologias de voz e bengalas para locomoção, além de treinamentos específicos de orientação (Almeida et al., 2019). Por fim, o grau de cegueira total caracteriza indivíduos sem qualquer percepção visual, cuja autonomia depende essencialmente de ferramentas assistivas como o Braille, bengalas e outros dispositivos de apoio.

Independentemente do grau, pessoas com deficiência visual enfrentam barreiras significativas que se manifestam em diferentes dimensões, como limitações no acesso digital, restrições de mobilidade e desafios relacionados à autonomia no cotidiano. O enfrentamento dessas barreiras tem sido foco de políticas públicas e inovações tecnológicas, destacando-se o uso de pisos táteis e semáforos sonoros como recursos que promovem maior segurança e orientação espacial (Silveira, 2023; Tecnologias Assistivas de Acessibilidade, 2025).

3.2 SISTEMAS EMBARCADOS COM ARDUINO PARA MOBILIDADE

Os sistemas embarcados têm se tornado cada vez mais presentes em dispositivos do cotidiano, impulsionados pela evolução tecnológica que permite a integração entre hardware e software dedicados a tarefas específicas. Tais sistemas destacam-se pelo baixo consumo energético e pela capacidade de operação em tempo real. O uso de plataformas como o Arduino em dispositivos de auxílio à mobilidade, como bengalas inteligentes, é relativamente recente, mas apresenta resultados promissores quanto à acessibilidade e ao suporte à locomoção de pessoas com deficiência visual (Silva, 2021).

Estudos indicam que bengalas equipadas com sistemas embarcados apresentam respostas rápidas em ambientes controlados, especialmente na detecção de objetos de médio e grande porte. Contudo, à medida que aumenta o número de sensores e módulos acoplados ao dispositivo, ele tende a consumir mais energia e se tornar mais pesado. Um exemplo relevante é o estudo de Almeida et al. (2019), intitulado “Construção de uma Bengala Eletrônica para Deficiente Visual”, que utilizou sensores de obstáculos, motores vibratórios e microcontroladores, propondo uma solução de baixo custo e fácil replicação.

Entre os componentes empregados nesse tipo de tecnologia, destacam-se os sensores ultrassônicos, que utilizam ondas de alta frequência para detectar objetos e medir distâncias com precisão, mesmo em diferentes condições ambientais. Além disso, sensores infravermelhos são amplamente aplicados para identificar radiação térmica de objetos ou pessoas próximas, ampliando a percepção espacial do usuário (Costa, 2020).

Por fim, o uso de feedback tátil, por meio de sensores de vibração, permite ao usuário perceber obstáculos no ambiente através de padrões vibratórios, aumentando a segurança e a autonomia durante o deslocamento. Esse tipo de recurso contribui para uma experiência de uso mais intuitiva e eficiente.

3.3 DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO INTERFACE

A comunicação de sistemas embarcados com dispositivos móveis pode ocorrer de diversas maneiras, incluindo Bluetooth, Wi-Fi e tecnologias de Internet das Coisas (IoT). A comunicação via Bluetooth é uma das mais simples e comuns, amplamente

utilizada devido à facilidade de configuração e programação. Ela utiliza uma interface serial entre os pinos de transmissão (TX) e recepção (RX) do microcontrolador. Ao enviar dados digitais por Bluetooth, o módulo converte a informação em sinais interpretáveis pelo microcontrolador, permitindo que a ação correspondente seja executada (Lima, 2020).

A comunicação via Wi-Fi utiliza protocolos baseados no padrão IEEE 802.11, possibilitando que o microcontrolador se conecte a redes locais e à internet. Nesse cenário, o módulo Wi-Fi atua como ponte entre o Arduino e a rede, permitindo transmissão e recepção de dados em tempo real, viabilizando aplicações mais complexas, como sistemas de automação e monitoramento remoto (Nascimento; Cichaczewski, 2024).

Dispositivos voltados para IoT permitem integrar o Arduino a plataformas em nuvem, servidores e aplicativos de monitoramento. Por meio de protocolos como MQTT e HTTP, o microcontrolador envia dados coletados por sensores para serviços online, permitindo acompanhamento remoto e análise em tempo real. Da mesma forma, é possível receber comandos de aplicativos ou dashboards, ampliando o alcance das aplicações e tornando o Arduino uma solução eficaz para automação residencial e cidades inteligentes (Júnior, 2023).

A utilização de aplicativos móveis como ferramenta de interação e acessibilidade também é relevante. Esses aplicativos podem fornecer feedback sonoro, tátil ou por voz, utilizando os recursos nativos dos smartphones, como conectividade, sensores internos e alta capacidade de processamento. A popularização desses dispositivos os tornou aliados na promoção da acessibilidade digital e da mobilidade assistida (Freitas; Lima; Santos, 2016).

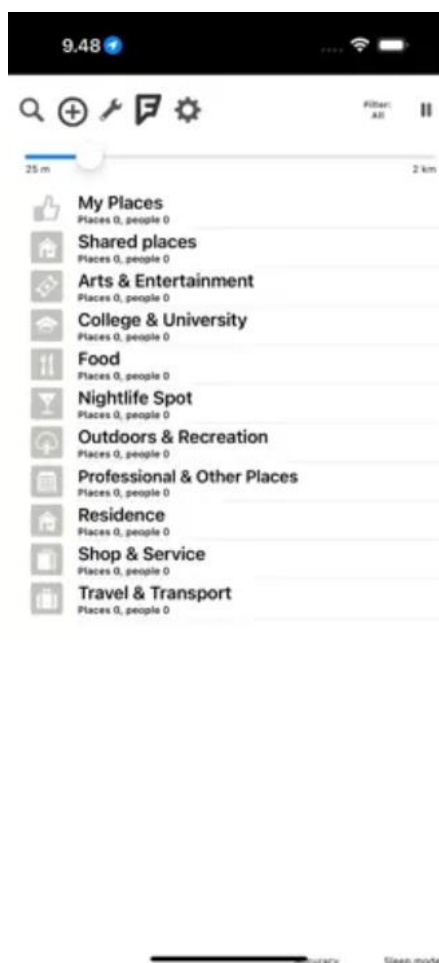
3.4 APLICAÇÕES RELACIONADAS

Nesta seção, apresentam-se três aplicações que possuem relação direta com o tema da pesquisa, destacando suas funcionalidades principais, limitações e possibilidades de integração com o sistema proposto de bengala inteligente com RFID.

3.4.1 BlindSquare

O *BlindSquare* é um dos aplicativos mais populares utilizados por pessoas com deficiência visual, sendo constantemente atualizado e disponível em 2025. Ele combina dados do *Foursquare* e do *OpenStreetMap* para fornecer descrições sonoras de pontos de interesse e rotas de navegação, permitindo ao usuário ter uma percepção mais clara do ambiente ao seu redor. A interface é projetada para ser simples e acessível, com comandos de voz que auxiliam a mobilidade em espaços externos. No entanto, o aplicativo apresenta limitações em ambientes internos, já que depende de GPS e serviços externos de localização, além de ser pago, o que pode restringir o acesso a parte dos usuários. Em comparação com o sistema proposto neste artigo, o *BlindSquare* poderia ser complementado pela tecnologia de RFID embarcada na bengala, que ofereceria orientação em locais fechados, proporcionando maior precisão e continuidade na navegação.

Figura 1 – Tela inicial do aplicativo BlindSquare

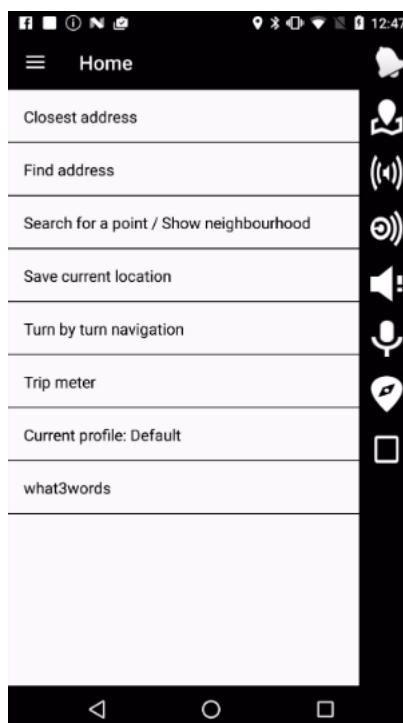


Fonte: BlindSquare (2025).

3.4.2 Seeing Assistant Move

O *Seeing Assistant Move* é outro aplicativo de navegação desenvolvido especificamente para pessoas com deficiência visual, disponível para Android e iOS, e que recebeu atualizações em 2025. Ele utiliza mapas do *OpenStreetMap* para fornecer instruções em tempo real por meio de comandos de voz, possibilitando ao usuário explorar o espaço de forma autônoma. O aplicativo também possui a possibilidade de integração com beacons Bluetooth, o que amplia sua utilização em ambientes internos. Apesar disso, sua eficácia depende da existência dessa infraestrutura previamente instalada, além da necessidade de conexão à internet para atualização dos mapas. Quando comparado ao sistema proposto, o *Seeing Assistant Move* poderia atuar de forma complementar, sendo responsável pela navegação em ambientes externos com GPS, enquanto a bengala equipada com *RFID* garantiria a orientação em interiores, promovendo uma transição fluida entre os dois contextos.

Figura 2 – Tela inicial do aplicativo Seeing Assistant Move

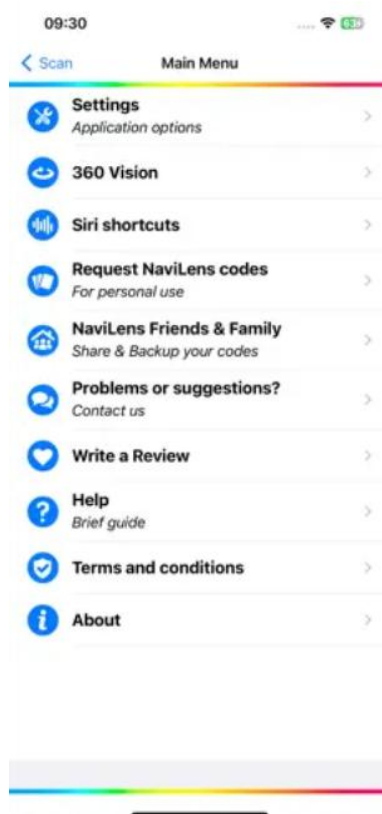


Fonte: Seeing Assistant Move (2025).

3.4.3 NaviLens

O *NaviLens* consiste em um sistema baseado em marcadores visuais de alta legibilidade que podem ser lidos pela câmera de um smartphone mesmo a longas distâncias e sem necessidade de foco direto. O aplicativo, disponível tanto para iOS quanto para Android, recebeu suas últimas atualizações entre 2024 e 2025 e já é utilizado em transportes públicos, museus e prédios públicos em diversos países. Sua proposta é fornecer informações rápidas e sonoras sobre o ambiente, permitindo ao usuário localizar entradas, identificar rotas ou compreender instruções de maneira acessível. Apesar de apresentar vantagens como leitura rápida e precisa, o *NaviLens* depende da instalação prévia dos marcadores físicos nos ambientes, além de necessitar de boa iluminação e visibilidade. Em relação ao sistema aqui proposto, o *NaviLens* apresenta uma abordagem semelhante à do *RFID*, já que ambos utilizam elementos físicos instalados no espaço para orientar o usuário. Uma possível integração entre as duas tecnologias poderia resultar em um sistema híbrido, no qual a bengala inteligente faria a leitura de *tags RFID* enquanto o smartphone, ou uma câmera dedicada instalado na bengala, identificaria os marcadores visuais, aumentando a redundância e a confiabilidade da navegação.

Figura 3 – Tela inicial do aplicativo NaviLens



Fonte: NAVILENS (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA EMBARCADO

O sistema proposto é fundamentado em um dispositivo embarcado acoplado a uma bengala, ferramenta de mobilidade tradicionalmente utilizada por pessoas com deficiência visual há décadas. A bengala branca é reconhecida como instrumento essencial para promover autonomia e segurança na locomoção de pessoas cegas, sendo amplamente estudada como base para extensões tecnológicas (STRONG et al., 2009). Além disso, a área de desenvolvimento de tecnologias assistivas já conta com diversos avanços e protótipos que facilitam a pesquisa, a análise e a aplicação prática dessas soluções no mundo real.

Na escolha dos componentes e nas abordagens para a implementação, os principais critérios foram a facilidade de acesso, a disponibilidade dos componentes e a portabilidade do sistema. Atualmente, todos os arquivos e instruções necessários para a implementação deste projeto estão disponíveis no repositório GitHub, no formato "*open source*", permitindo que qualquer pessoa com acesso a uma impressora 3D e ao conjunto mínimo de componentes possa replicá-lo.

4.1.1 Arduino

Para a implementação deste projeto, é necessário um dispositivo capaz de realizar a leitura de *tags RFID* e transmitir os códigos dessas *tags* para um aplicativo, o qual irá interpretá-los. O dispositivo deve ser compacto, acessível e possuir uma saída com a voltagem necessária para alimentar a antena leitora. Uma placa de desenvolvimento que atende a essas características é a ESP32.

A ESP32 é uma família de placas de desenvolvimento que se destaca pela combinação de alto desempenho, baixo custo e uma ampla gama de funcionalidades oferecidas. Dentre os recursos que a tornam particularmente atraente para este projeto, destaca-se o módulo Bluetooth, que permite a conexão do dispositivo com smartphones de maneira rápida e simples. Para este projeto específico, optou-se pela placa NodeMCU-32S ESP32, devido à sua compatibilidade e robustez. Outro benefício significativo ao trabalhar com a ESP32 é a grande disponibilidade de

tutoriais e bibliotecas para ambientes de desenvolvimento populares, como VS Code e Arduino IDE.

O único outro módulo necessário para o funcionamento do protótipo é o módulo de leitura de *tags RFID*. Esse módulo, amplamente utilizado em projetos com Arduino, é facilmente acessível no mercado. Para este protótipo, foi escolhido o módulo PN532 NFC *RFID* V3, um módulo de comunicação de campo próximo (NFC) com a capacidade de ler e escrever *tags RFID*. O principal desafio desse módulo é o seu tamanho, que é uma limitação técnica necessária para garantir a eficiência da antena de leitura.

O sistema é alimentado por uma bateria recarregável de 3600 mAh, instalada em uma placa para facilitar a conexão com a ESP32.

4.1.2 Aplicativo móvel

A integração do sistema com o dispositivo móvel foi implementada com o objetivo de aprimorar a experiência do usuário, tornando-a mais acessível e intuitiva. A escolha de desenvolver uma solução na forma de aplicativo móvel foi motivada pela facilidade de desenvolvimento e pela eficiência na implementação, possibilitando uma interação direta e simplificada entre o usuário e o sistema.

A proposta do aplicativo móvel é bastante simples e objetiva: o usuário conecta o dispositivo à bengala por meio de uma conexão Bluetooth. Quando a antena da bengala detecta a presença de uma tag *RFID* no ambiente, o aplicativo recebe o código da tag e, em seguida, realiza uma busca por um arquivo de áudio correspondente, previamente armazenado no próprio aplicativo. Esse arquivo de áudio é automaticamente reproduzido após a detecção do sinal da tag.

O aplicativo desenvolvido apresenta uma interface inicial simplificada e funcional, composta por um único botão para a conexão com o dispositivo ESP32, além de um log que exibe os sinais recebidos, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Tela de aplicativo RFIDWalking cane

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

A criação do aplicativo foi realizada utilizando *React Native* em conjunto com Expo, em razão da experiência prévia de um membro da equipe, que inicialmente participou do desenvolvimento do projeto.

4.1.3 Mapeamento de espaço

O mapeamento dos espaços será realizado, principalmente, por meio de *tags RFID* operando na frequência de 13,56 MHz. O padrão adotado neste projeto é o mesmo utilizado em cartões bancários, conforme a norma ISO/IEC 14443, que se mostrou eficiente para os propósitos da proposta. *Tags* que seguem esse padrão são amplamente disponíveis no mercado, de baixo custo e de fácil instalação. A maioria é comercializada no formato de adesivo (*sticker*), o que permite sua fixação direta no piso.

O alcance de leitura dessas *tags* varia de 0 a 10 cm, intervalo considerado suficiente para garantir uma leitura confiável por meio da antena instalada na extremidade inferior da bengala.

Cada *tag RFID* possui um identificador único (*ID*), atribuído aleatoriamente durante o processo de fabricação. A proposta de mapeamento baseia-se na associação de cada *ID* a um ponto específico do ambiente real, juntamente com uma descrição correspondente. Essas informações são interpretadas pelo aplicativo descrito anteriormente, permitindo que o usuário receba orientações auditivas sobre sua localização dentro de edifícios ou espaços públicos.

4.1.4 Bengala e as caixas

A estrutura física do projeto foi construída utilizando plástico, montado sobre uma bengala dobrável com comprimento de 1200 mm, destinada ao uso por pessoas com deficiência visual. Para a construção do protótipo, foram confeccionadas três caixas por meio de impressão 3D, cada uma com uma função específica: a primeira destinada ao alojamento da fonte de alimentação; a segunda para a placa ESP32; e a terceira para o módulo de leitura de campo próximo (*NFC/RFID*), que também atua como a ponta da bengala. O custo total para o desenvolvimento do protótipo proposto neste estudo foi de R\$ 185,00. Em comparação, bengalas convencionais disponíveis no mercado apresentam valores médios que variam entre R\$ 60,00 e R\$ 100,00, a depender do modelo e das especificações. Dessa forma, a proposta evidencia viabilidade econômica e técnica, especialmente considerando as funcionalidades adicionais incorporadas ao protótipo.

Figura 5 – Protótipo de bengala



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo investigar a viabilidade de integração entre uma bengala adaptada, um sistema embarcado baseado na placa ESP32 e a tecnologia *RFID*, em conjunto com um aplicativo móvel desenvolvido em *React Native*, com o objetivo de auxiliar a mobilidade de pessoas com deficiência visual. A proposta partiu da necessidade de soluções de baixo orçamento, portáteis e independentes de infraestrutura externa, capazes de complementar tecnologias assistivas já consolidadas, como o GPS e os mapas táteis.

Os resultados obtidos nos testes em ambiente controlado demonstraram que o protótipo apresentou desempenho satisfatório em termos de precisão da leitura das *tags*, estabilidade da comunicação Bluetooth e autonomia energética, permitindo o uso contínuo durante o deslocamento. Além disso, a simplicidade da implementação e a possibilidade de replicação em caráter aberto reforçam o potencial de aplicabilidade em diferentes contextos, sejam eles públicos ou privados.

Do ponto de vista da acessibilidade, a bengala inteligente mostrou-se capaz de ampliar a autonomia e a segurança dos usuários, especialmente em ambientes internos, onde soluções baseadas em GPS apresentam limitações. A comparação com outras aplicações existentes evidenciou que a tecnologia proposta não substitui, mas complementa ferramentas já disponíveis, criando um ecossistema mais robusto de apoio à mobilidade assistida.

Apesar dos avanços, o estudo também revelou limitações que devem ser consideradas. Entre elas destacam-se o alcance reduzido de leitura das *tags*, a necessidade de infraestrutura mínima de instalação nos ambientes e a ausência de testes com usuários reais em situações cotidianas. Tais aspectos abrem espaço para o desenvolvimento de versões futuras que explorem sensores adicionais, integração com sistemas híbridos (como beacons ou visão computacional) e validações em cenários mais amplos.

Conclui-se, portanto, que a solução proposta representa uma alternativa viável e promissora para a promoção da inclusão e da acessibilidade, contribuindo para o fortalecimento da autonomia das pessoas com deficiência visual. O projeto abre caminho para novas pesquisas e aprimoramentos, reafirmando o papel das tecnologias assistivas como instrumentos fundamentais para a construção de uma sociedade mais inclusiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Alexandre Renato et al. **Construção de uma bengala eletrônica para deficiente visual**. Interação – Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão, Varginha, v. 18, n. 3, p. 135–153, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/index.php/interacao/article/view/80>. Acesso em: 17 set. 2025.

ALMEIDA, J. P. L. et al. **Acessibilidade para Deficientes Visuais em Ambientes Digitais**. Revista Brasileira de Inclusão, v. 1, n. 2, p. 55-68, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rdbci/a/jLQ8wxLjTpqMFJdshn6cwrH/?lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2025.

BLINDSQUARE. **BlindSquare** [aplicativo móvel]. Versão 5.66. Desenvolvedor: MIPsoft. Disponível em: <https://apps.apple.com/pt/app/blindsquare/id500557255>. Acesso em: 11 set. 2025.

BLOOMBERG. **Maps that you can hear and touch**. Bloomberg, 15 jan. 2015. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-01-15/maps-that-you-can-hear-and-touch>. Acesso em: 17 set. 2025.

COSTA, V. L. **Guia de Sensores Ultrassônicos e Infravermelhos em Projetos de Robótica**. Mundo da Robótica, 2020. Disponível em: <https://www.mundodaroboticabrasil.com.br/guia-de-sensores-ultrassonicos-e-infravermelhos-em-projetos-de-robotica/>. Acesso em: 24 set. 2025.

FREITAS, Alice; LIMA, Atos; SANTOS, Marcelo. **Protótipo de bengala inteligente de baixo custo para o auxílio de deficientes visuais**. In: ANAIS dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2016, [s. l.]. Anais [...]. [s. l.]: SBC, 2016. p. 1344–1353. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311684052_Prototipo_de_bengala_inteligente_de_baixo_custo_para_o_auxilio_de_deficientes_visuais. Acesso em: 24 set. 2025.

FREITAS, L. M.; LIMA, S. C.; SANTOS, R. V. **Bengala inteligente de baixo custo utilizando microcontrolador e comunicação Bluetooth com smartphone**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, 2016, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Engenharia Elétrica, 2016. p. 1-8. Disponível em: <https://www.sbee.org.br/anais/anais2016/anais2016.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

FUNDAÇÃO CATARINENSE DE EDUCAÇÃO ESPECIAL. **Dia Nacional da Pessoa com Deficiência Visual: barreiras atitudinais são uma das principais formas de discriminação**. Governo de Santa Catarina, 13 dez. 2021. Disponível em: <https://www.fcee.sc.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/9669-dia-nacional-da-pessoa-com-deficiencia-visual-barreiras-atitudinais-sao-uma-das-principais-formas-de-discriminacao>. Acesso em: 17 set. 2025.

GEOGRAPHY REALM. **Building better maps for the visually impaired.**

Geography Realm, [s.d.]. Disponível em: <https://www.geographyrealm.com/building-better-maps-visually-impaired/>. Acesso em: 17 set. 2025.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/88022/cd_2010_pop_deficiencia.pdf. Acesso em: 24 set. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE aponta que mais de 6 milhões de pessoas têm deficiência visual no Brasil. **Universidade do Vale do Itajaí**, 18 fev. 2021. Disponível em:

<https://www.univali.br/noticias/Paginas/ibge-aponta-que-mais-de-6-milhoes-de-pessoas-tem-deficiencia-visual-no-brasil.aspx>. Acesso em: 17 set. 2025.

IMEES – INSTITUTO MUNICIPAL MATONENSE DE ENSINO SUPERIOR.

Sistemas embarcados: fundamentos, aplicações e desafios tecnológicos.

Revista Matiz Online, Matonense, 2024. Disponível em: https://immes.edu.br/wp-content/uploads/2025/05/Artigo_MATIZ_2024_Sistemas_Embarcados.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.

IOP SCIENCE. **Development of smart stick for visually impaired people.** Journal of Physics: Conference Series, v. 1569, n. 3, 2020. Disponível em:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1569/3/032088/meta>. Acesso em: 17 set. 2025.

JÚNIOR, E. A. **Aplicações de IoT e Automação com Arduino.** Fórum de

Tecnologia e Inovação, 2023. Disponível em: <https://forum.arduino.cc/t/aplicacoes-de-iot-e-automacao-com-arduino/1199268>. Acesso em: 24 set. 2025.

LIMA, R. L. **Comunicação Bluetooth com Arduino: Guia Prático para Iniciantes.**

Blog Embarcados, 2020. Disponível em:

<https://www.embarcados.com.br/comunicacao-bluetooth-com-arduino-guia-pratico-para-iniciantes/>. Acesso em: 24 set. 2025.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Censo do IBGE 2010: data reafirma os direitos das pessoas com deficiência visual.** Ministério da Educação, [s.d.]. Disponível em:

<https://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/202-264937351/58391data-reafirma-os-direitos-das-pessoas-com-deficiencia-visual>. Acesso em: 17 set. 2025.

NASCIMENTO, Jaime Ferreira do; CICHACZEWSKI, Ederson. **Internet das coisas (IoT) aplicada ao monitoramento do nível de água em reservatórios domésticos.** Caderno Progressus, [S.l.], [S.n.], 2024. Disponível em:

<https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/1989>. Acesso em: 29 out. 2025

NAVILENS. **NaviLens** [aplicativo móvel]. Versão 5.2.5. Desenvolvedor: Neosistec.

Disponível em: <https://www.navilens.com/>. Acesso em: 11 set. 2025.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **OMS alerta que 285 milhões de pessoas no mundo têm a visão prejudicada.** Ministério da Saúde, 28 fev. 2023.

Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/fevereiro/oms->

alerta-que-285-milhoes-de-pessoas-no-mundo-tem-a-visao-prejudicada. Acesso em: 17 set. 2025.

PARANÁ. Secretaria da Justiça, Família e Trabalho. **Deficiência visual**. Governo do Estado do Paraná, [s.d.]. Disponível em: <https://www.desenvolvimentosocial.pr.gov.br/Pagina/Deficiencia-Visual>. Acesso em: 17 set. 2025.

RIBEIRO, Daniel Lucas. **Sistema de detecção de obstáculos para pessoas com deficiência visual utilizando sensores ultrassônicos e vibração tátil**. 2022. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
Disponível em: <https://repositorio.ifce.edu.br/handle/123456789/11647>. Acesso em

SECRETARIA NACIONAL DE PROMOÇÃO DOS DIREITOS DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA – SNPD, SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS da Presidência da República. **Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência**. Brasília: SDH/PR, 2012. Disponível em: https://siac.fpabramo.org.br/uploads/acaoinstitucional/SNPDPDPCD_censo_2012.pdf. Acesso em: 24 set. 2025.

SEEING ASSISTANT MOVE. **Seeing Assistant Move** [aplicativo móvel]. Versão 2.5.6. Desenvolvedor: Transition Technologies S.A. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.com.tt.seeingassistantmove>. Acesso em: 11 set. 2025.

SILVEIRA, Carolina Stolf. **Utilização da sinalização tátil para incluir pessoas com deficiência visual: discussões sobre a NBR 16.537**. Oculum Ensaios, v. 20, e2023a5295, 2023. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/5295>. Acesso em: 20 out. 2025.

SIQUEIRA, Felipe Costa. **Saúde e acessibilidade: a realidade dos deficientes visuais no Brasil**. Proceedings Science, [s.d.]. Disponível em: <https://proceedings.science/cied/trabalhos/saude-e-acessibilidade-a-realidade-dos-deficientes-visuais-no-brasil?lang=pt-br>. Acesso em: 17 set. 2025.

STRONG, G. G. et al. Evaluation of the long cane: **A mobility aid for the visually impaired**. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6019536/>. Acesso em: 24 set. 2025.

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS DE ACESSIBILIDADE PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL. Revista Temporis[ação], v. 25, n. 1, p. 1–22, 2025.

VISSOSSI, Alessandra Aparecida. **Guia digital de tecnologia assistiva na área da deficiência visual: uma ferramenta para a prática docente nas salas de recursos [produto educacional]**. Brasília: Instituto Benjamin Constant, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/ibc/pt-br/educacao/educacao-superior/pos-graduacao-stricto-sensu/anexos-1/anexos/produto-educacional_guia-digital-de-tecnologia-assistiva-na-area-da-deficiencia-visual-uma-ferramenta-para-a-pratica-docente-nas-salas-de-recursos_alessandra-aparecida-vissossi.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.

ZHANG, Lichao. RFID Walking Cane. **GitHub**, 2021. Disponível em:
<https://github.com/hashfall/RFIDWalkingCane>. Acesso em: 17 set. 2025.