

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

BENGALA INTELIGENTE GUIADA POR SOM PARA DEFICIENTES VISUAIS

RENATA A. OLIVEIRA¹, SUZY S. S. KUROKAWA², MAYARA M. OMAI³

¹ Estudante do curso Técnico em Informática para Internet integrado ao ensino médio, Bolsista PIBIFSP do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus São Miguel Paulista, r.albino@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus São Miguel Paulista, suzy.sayuri@ifsp.edu.br.

³ Docente no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow Da Fonseca, mayara.omai@cefet-rj.br
1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: Hoje, no mundo, aproximadamente um bilhão de pessoas apresentam algum tipo de deficiência e sofrem com perspectivas de vida piores, pois enfrentam barreiras no acesso a serviços básicos, que deveriam ser garantidos por lei a todas as pessoas. Estudos mostram que nos últimos anos, o número de pessoas com algum tipo de deficiência tem aumentado, o que é preocupante, dada a carência da oferta de serviços especializados. O foco deste trabalho de pesquisa é atuar com deficientes visuais, pois são evidentes as dificuldades enfrentadas na locomoção devido à falta de acessibilidade urbana em locais públicos e privados. O objetivo do projeto é a criação de uma bengala inteligente com um sistema robótico que utiliza a interface de interação humano-computador (IHC), a qual possibilita o reconhecimento de voz e emissão de áudio para auxiliar na locomoção de deficientes visuais em ambientes internos. Apesar de, atualmente, existirem outras tecnologias que auxiliam essas pessoas em seu deslocamento diário, o custo de aquisição é elevado. Deste modo, o projeto valoriza a importância de desenvolver tecnologias acessíveis de baixo custo, além de expandir os conhecimentos da estudante na área, possibilitando um maior desenvolvimento pessoal e acadêmico

PALAVRAS-CHAVE: STEM; Tecnologias Assistiva; Acessibilidade; Locomoção autônoma de deficientes visuais.

SOUND-GUIDED SMART CANE FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

ABSTRACT: Today, approximately one billion people around the world have some form of disability and face worse life prospects because they encounter barriers to accessing basic services that should be guaranteed by law for all people. Studies show that in recent years, the number of people with some type of disability has increased, which is concerning given the lack of availability of specialized services. The focus of this research project is to work with visually impaired individuals, as the difficulties they face in mobility due to the lack of urban accessibility in public and private spaces are evident. The objective of the project is to create a smart cane with a robotic system that uses a human-computer interaction (HCI) interface, enabling voice recognition and audio output to assist visually impaired people in navigating indoor environments. Although there are currently other technologies that assist these individuals in their daily movements, the cost of acquisition is high. Therefore, the project emphasizes the importance of developing low-cost, accessible technologies, as well as expanding the student's knowledge, allowing for greater personal and academic development.

KEYWORDS: STEAM; Accessible Technologies; Accessibility; Autonomous Mobility for the Visually Impaired.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, o Brasil apresentava aproximadamente 60 mil pessoas com deficiência visual, o que representa o dobro do registrado em 1920. Devido a esse aumento constante, constituíram-se leis e programas de assistência pedagógica com objetivo de auxiliar na inclusão dos deficientes visuais nos ambientes escolares e no mercado de trabalho (Bethoven, 2018).

Após anos de avanço, as exigências para acessibilidade deixaram de ter como intuito apenas a inclusão social da Pessoa Com Deficiência (PcD), tornando-se então, um dever da sociedade de se adaptar às diferenças para todos possuírem os mesmos direitos.

Nas últimas décadas, o mundo vem experimentando um grande desenvolvimento tecnológico em que novas tecnologias vêm sendo criadas, descobertas e testadas a cada instante. Isso justifica a ascensão da robótica e da automação como um todo, pois vivemos em uma era na qual robôs e computadores não só podem executar uma série de atividades manuais, como também executar atividades realizadas por humanos (de Oliveira et al., 2019). Estabelecendo uma relação entre a robótica e a acessibilidade visual, é possível encontrar novos artifícios para o auxílio de deficientes visuais, principalmente para sua locomoção em determinados ambientes.

Neste contexto, o projeto visa desenvolver uma bengala inteligente capaz de identificar obstáculos em áreas que dispositivos de assistência à locomoção convencionais não conseguem alcançar. A ideia é informar ao usuário onde os obstáculos estão por meio de comandos de voz. Além de um sistema de posicionamento interno para localizar onde o usuário está, permitindo o envio de comandos de auxílio direcionados ao destino desejado pela pessoa.

MATERIAL E MÉTODOS

Estabelecendo uma relação entre a robótica e a acessibilidade visual, é possível encontrar novos artifícios para o auxílio da pessoa com deficiência visual, principalmente para sua locomoção em determinados ambientes. Um exemplo é o cão guia robô, Lysa, projetado para proporcionar autonomia e melhorar a qualidade de vida, especialmente para pessoas com deficiência visual. Contudo, atualmente seu custo gira em torno de 15 mil reais (Marques, 2022).

Apesar do alto custo associado a essas tecnologias, é possível desenvolver protótipos utilizando materiais acessíveis e de baixo custo. Neste projeto, utilizamos o ESP32, que é um microcontrolador semelhante ao popular Arduino, distinguindo-se pelo seu recurso de integração com *Wi-fi* e *Bluetooth*.

Para desenvolver o primeiro protótipo do dispositivo, realizou-se um questionário, em formato de entrevista online, para coletar a opinião de deficientes visuais com relação ao uso de dispositivos de auxílio à locomoção existentes, abordando seus aspectos positivos e negativos. Os participantes descreveram suas maiores dificuldades e apontaram as funcionalidades essenciais para atender às suas necessidades.

O primeiro protótipo da bengala inteligente era composto por uma placa de *Arduino UNO*, que apresentava a classificação de controlador, atuando como um cérebro, onde estavam conectados dispositivos de entrada e saída, principalmente na protoboard, cuja tarefa é realizar ligações entre os componentes eletrônicos e o próprio *Arduino* (Figura 1). A protoboard estava ligada a dois sensores ultrassônicos, usados para medir a distância dos obstáculos, dispostos em lugares distintos da bengala, representada naquele momento por um cabo de vassoura, em que um está inclinado para cima, detectando obstáculos na parte superior da cintura do usuário e outro disposto na altura da cintura, detectando obstáculos à sua frente.

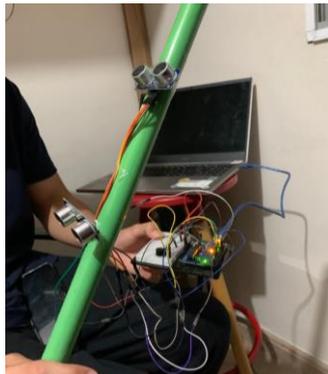


FIGURA 1. Primeiro Protótipo da Bengala Inteligente.

Logo após desenvolver o primeiro protótipo, para substituir o cabo de vassoura, construiu-se uma bengala feita de alumínio, a qual foi cortada e furada em três pontos para inserir os dois sensores ultrassônicos e o microcontrolador, fazendo uma conexão entre os componentes (Figura 2).

O ESP32 viabilizou a criação de um *WebService*, que é responsável por realizar a troca de dados entre o microcontrolador e um dispositivo móvel, no caso, o celular (Figura 3). A troca de dados compreende os dados referentes à detecção de obstáculos pelos sensores ultrassônicos que emite comandos de voz informando ao usuário o quão próximo ao obstáculo ele está. Para implementar essa funcionalidade, aplicou-se uma Interface de Programação de Aplicações (API) *speechSynthesis*, uma síntese de fala disponível em navegadores da *web* que permite a “fala” do navegador de um determinado conteúdo de texto para o usuário.

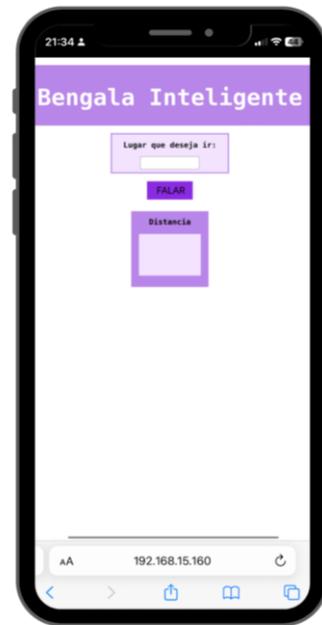


FIGURA 2. Segundo protótipo da bengala inteligente.

FIGURA 3. Captura de tela do *WebService*.

Em seguida, foi necessário entender os melhores métodos de localização do usuário em um ambiente interno. Com esse intuito, foi realizada uma pesquisa sobre quais sistemas de posicionamento interno existem. No início do projeto, cogitamos usar o método de Identificação por Radiofrequência (RFID) para localizar o usuário. Essa tecnologia utiliza ondas eletromagnéticas para identificar objetos e seres vivos, como animais e pessoas. O sistema é composto por uma etiqueta (tag) e um leitor RFID. O leitor emite um campo eletromagnético que alimenta a etiqueta e ela responde ao leitor com o conteúdo de sua memória. O processamento dos dados ocorre no computador de acordo com a aplicação (Oliveira et al., 2006). As etiquetas seriam posicionadas no chão do ambiente interno de acordo com um sistema baseado em coordenadas cartesianas. Contudo, a abordagem da localização por *Wi-fi* foi considerada mais viável e eficaz, na qual realiza a localização do ambiente/sala em que o usuário está baseado na medição da intensidade do sinal recebido dos Pontos de Acesso sem Fio (APs).

Com a definição do método, o *WebService* faz a troca de dados referentes à intensidade do *Wi-fi* dos APs próximos ao dispositivo. Para determinar a localização do usuário no ambiente interno, utilizamos uma Inteligência Artificial gerada por um site especializado, capaz de compreender a intensidade dos sinais *Wi-Fi* e empregar um modelo de aprendizado de máquina para identificar o local atual em que o usuário se encontra (Eloquent Arduino, 2021).

Inicialmente foi necessário coletar um conjunto de dados sobre as intensidades do *Wi-fi* em diversos ambientes da escola, para que seja possível caracterizá-los. Essa coleta envolveu se movimentar, até os cantos da sala e caminhar ao longo das paredes e depois voltar para o centro, a fim de obter dados completos e representativos da sala. Em seguida, os dados foram enviados ao site responsável pelo treinamento do modelo de aprendizado de máquina na nuvem. O código final foi disponibilizado para inserirmos no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), possibilitando a

implementação prática do sistema. Portanto, além de realizar testes no site, decidimos desenvolver um próprio esboço de inteligência artificial em Python na plataforma Kaggle, utilizando o *framework* TensorFlow para criar modelos de dados baseados em redes neurais.

O mapeamento detalhado do ambiente interno, Instituto Federal de São Paulo - Campus Avançado São Miguel Paulista (IFSP-SMP), representa uma etapa essencial para o desenvolvimento do projeto, permitindo uma compreensão matemática abrangente da estrutura interna. Isso facilita a elaboração de um sistema precisamente ajustado às necessidades específicas do ambiente. Por isso, o mapeamento foi feito utilizando um grafo com pesos nas arestas, em que os vértices correspondem aos cômodos (salas, laboratórios, banheiros) e existe aresta entre dois vértices se existe um caminho entre os cômodos que cada vértice representa, respectivamente (Figura 4). Por fim, o peso das arestas corresponde à distância entre os vértices (cômodos) que ela conecta, conforme o exemplo na figura abaixo:

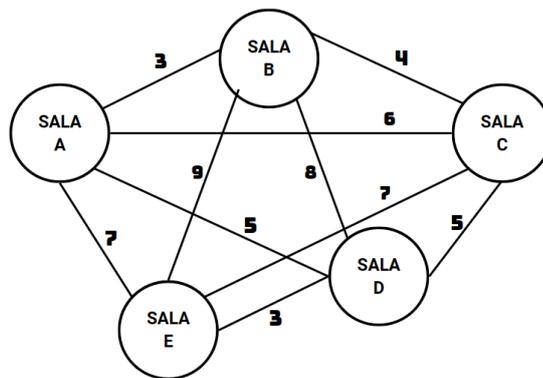


FIGURA 4. Exemplo de grafo ponderado com pesos nas arestas.

Para determinar o trajeto do usuário, aplicamos o algoritmo de Dijkstra com o objetivo de calcular uma rota baseada na localização atual do usuário e o destino desejado. Esse algoritmo busca encontrar o caminho mais curto entre dois vértices, mantendo uma lista de vértices a serem explorados e atribuindo a cada vértice uma estimativa da menor distância conhecida até aquele ponto a partir do vértice inicial. À medida que o algoritmo avança, essas estimativas são ajustadas com base nas distâncias reais encontradas.

O destino final é definido pelo próprio usuário com um sistema de reconhecimento de voz do *WebService*. Para essa função, utilizamos a API *speechRecognition* que permite os sites ou aplicativos de compreenderem e processarem comandos de voz falados pelo usuário. Uma vez compreendendo o destino final, é calculada a rota e o celular, que está conectado a um fone de ouvido sem fio disponibilizado junto a bengala, emite comandos de voz orientando o usuário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das entrevistas mostrou que a bengala tátil, quando ensinada a ser manuseada, é o dispositivo mais eficaz para se locomover em ambientes internos. No entanto, mesmo com esse equipamento, ainda existem diversas interferências que dificultam ou impossibilitam o deslocamento nesse ambiente. Além disso, obstáculos aéreos e objetos que estão fora do lugar, como cestos de lixo, foram identificados como os principais desafios enfrentados durante a locomoção.

Diante disso, identificamos a bengala como o dispositivo mais adequado para implementar o sistema de auxílio à locomoção, uma vez que suas características naturais são mais acessíveis e práticas em comparação com outros dispositivos atualmente disponíveis.

A implementação do ESP32 possibilitou uma troca de dados eficiente entre dispositivos, sendo uma escolha eficaz para projetos inovadores, especialmente pelo fato de ser uma plataforma de código aberto. Essa característica permite a criação de projetos originais que podem ser compartilhados com a comunidade, além de ser muito utilizada em projetos de Internet das Coisas (do inglês, *IoT*). O ESP32, permite também a modificação e personalização de projetos existentes, proporcionando uma abordagem criativa e adaptável para diversas aplicações (Babiuch et al., 2019).

Sabe-se que pessoas com deficiência visual têm mais dificuldade para serem guiadas em ambientes internos do que em ambientes externos. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um sistema de navegação por satélite que permite determinar com precisão a localização de um dispositivo em qualquer lugar do mundo, podendo guiar o usuário para onde desejar. Apesar disso, sua precisão é instável quando se analisa ambientes internos. Nesse sentido, foi necessário entender os melhores métodos de localização do usuário em um ambiente interno.

Portanto, através da pesquisa dos melhores métodos de localização em ambientes internos do usuário, o método da localização por *Wi-fi* se tornou a solução mais precisa que atende às necessidades para o desenvolvimento do projeto dependendo apenas da existência de Pontos de Acesso sem Fio (APs), o que foi considerado uma vulnerabilidade aceitável diante das vulnerabilidades apresentadas por outras soluções encontradas na literatura. Ao contrário do método RFID, que apresentava desvantagens perceptíveis quando implementado, pois as etiquetas se deterioram facilmente com o tempo e a limpeza com água, do ambiente. Além disso, existiam dificuldades de uso quando aplicado em diferentes ambientes, por ser um sistema fixo, que depende de etiquetas específicas.

O mapeamento detalhado do ambiente interno foi uma etapa fundamental para o desenvolvimento do projeto, permitindo uma compreensão matemática abrangente da estrutura interna. Este mapeamento não apenas forneceu uma representação precisa do espaço, mas também possibilitou a identificação de todas as variáveis e desafios específicos que o ambiente apresentava. Com esses dados, foi possível elaborar um sistema ajustado às necessidades particulares do espaço, garantindo que cada componente e funcionalidade fossem otimizados para operar eficientemente dentro desse contexto.

Para calcular o trajeto do usuário no ambiente interno, inicialmente consideramos utilizar um código simples para guiá-lo. No entanto, após analisar os dispositivos de auxílio à locomoção existentes, percebemos que poderíamos aplicar o algoritmo de Dijkstra para desenvolver um sistema mais robusto de análise de obstáculos. Com este algoritmo, caso um obstáculo bloqueie a passagem do usuário, o sistema recalcula automaticamente uma rota alternativa para chegar ao destino, garantindo assim uma navegação eficiente e segura.

Além disso, a implementação da API *speechRecognition* só seria possível com um certificado SSL/TLS, que assegura comunicações online seguras por meio de criptografia e autenticação para verificar a identidade do servidor. Os navegadores possuem uma alta segurança direcionada a essa API, permitindo seu funcionamento em certos dispositivos apenas com o protocolo HTTPS que criptografa os dados, dificultando interceptações. Isso difere do protocolo atual do *WebService*, que é o HTTP.

Até o momento, alcançamos avanços significativos no desenvolvimento do sistema. Implementamos com sucesso o sistema de identificação de obstáculos, que aciona a saída de áudio, proporcionando informações sobre a proximidade dos obstáculos em diferentes ângulos. Para a orientação do usuário, integramos um sistema de reconhecimento de voz por meio de um *WebService*, conectado a um fone de ouvido sem fio, permitindo uma interação eficaz com o ambiente desejado. Para obter o posicionamento preciso do usuário, realizamos a coleta de dados relacionados à intensidade do *Wi-fi* nos diversos ambientes do IFSP-SMP.

Por fim, adaptamos o algoritmo de Dijkstra para calcular a direção da origem para cada sala, contribuindo assim para a eficácia do sistema de orientação. Essas melhorias são fundamentais para proporcionar uma experiência mais segura e eficiente aos usuários da bengala inteligente em ambientes internos. Até o momento, resta integrar todas as funcionalidades já existentes. Como o dispositivo completo e integrado não está pronto, não foram realizados testes.

CONCLUSÕES

Este projeto foi desenvolvido com o objetivo de aprimorar a mobilidade de pessoas com deficiência visual em ambientes internos por meio de uma bengala inteligente. Apesar dos desafios enfrentados durante o processo, como a busca por componentes adequados e integração dos sistemas, o uso da bengala proporcionará uma sensação de maior segurança ao usuário durante a locomoção em ambientes fechados. O posicionamento interno via *Wi-fi* apresentou vulnerabilidades, influenciando a precisão da localização do usuário devido às variações na intensidade do sinal, ou seja, ele poderá dizer que você está em um determinado ambiente, como a Sala 1, mas não lhe dirá a que distância você está da porta da frente. Resumidamente, a bengala irá detectar objetos abaixo e acima da cintura, fornecendo informações sobre objetos suspensos ou deslocados. A orientação será discreta por meio de um fone de ouvido, evitando constrangimentos ao não emitir som para toda a área. Apesar de algumas limitações, o

projeto marca um avanço importante no desenvolvimento de tecnologias assistivas. Com aprimoramentos futuros, o dispositivo tem o potencial de se tornar mais eficiente, ampliando seu impacto positivo na vida dos usuários.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

R.A.O. contribuiu com a curadoria e análise dos dados, procedeu com a metodologia e experimentos e atuou na redação do trabalho. S.S.S.K e M.M.O. revisaram o trabalho.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a bolsa concedida pelo Programa Institucional PIBIFSP do IFSP (Edital SMP n. 03/2023).

REFERÊNCIAS

BABIUCH, Marek; FOLTÝNEK, Petr; SMUTNÝ, Pavel. Using the ESP32 microcontroller for data processing. In: International Carpathian Control Conference (ICCC), 20., 2019, Krynica Zdrój. **Anais [...]**, IEEE, 2019. p. 1-6.

DE OLIVEIRA, Fabricia Araujo; DOS SANTOS, Isys Danielly Tavares; DA SILVA SANTOS, Janielly. Uma perspectiva de inclusão de adolescentes por meio da robótica educacional. In: Congresso Nacional de Educação, 6., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**, 2019.

ELOQUENT ARDUINO. **Posicionamento interno WiFi Arduino e ESP32**. Disponível em: <https://eloquentarduino.com/arduino-indoor-positioning/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

IBGE (Portal MEC). **Estatísticas sobre a deficiência visual no Brasil**, 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3425#resultado>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MARQUES, Marlon. **Um robô cão-guia para cegos**. Revista FAPESP, São Paulo, v. 314, 2022. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-robo-cao-guia-para-cegos/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

OLIVEIRA, Alessandro de Souza; PEREIRA, Milene Franco. **Estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência-RFID**. 2006. 85 f. Relatório (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Brasília, 2006.