

TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA MOBILIDADE: DISPOSITIVO SENSORIAL PARA PESSOAS CEGAS COM SENSORES INFRAVERMELHO

ASSISTIVE TECHNOLOGY FOR MOBILITY: SENSORY DEVICE FOR BLIND PEOPLE WITH INFRARED SENSORS

Aida Araújo Ferreira, Doutora, IFPE

aidaferreira@recife.ifpe.edu.br

Thiago Ewerton Barros Pereira, IFPE

tebp@discente.ifpe.edu.br

Gilmar Brito Gonçalves, Doutor, IFPE

gilmarbrito@recife.ifpe.edu.br

Vânia Soares Carvalho, Doutora, IFPE

vaniacarvalho@recife.ifpe.edu.br

Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, Doutora, IFPE

ionaramenh@recife.ifpe.edu.br

Resumo

Este artigo descreve o desenvolvimento de um dispositivo assistivo acoplado a óculos para melhorar a mobilidade de pessoas com deficiência visual, usando sensores para detectar obstáculos e fornecer feedback tátil e auditivo. O desenvolvimento incluiu pesquisa bibliográfica, entrevistas com usuários e testes iterativos com protótipos, em colaboração com instituições de apoio. O design é leve, modular e utiliza materiais de baixo custo para garantir acessibilidade. Testes com usuários comprovaram a eficácia do dispositivo, promovendo maior autonomia e inclusão social para pessoas com deficiência visual.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva; Deficiência visual; Óculos sensoriais.

Abstract

This paper describes the development of an assistive device coupled with glasses to improve mobility for people with visual impairments, using sensors to detect obstacles and provide tactile and auditory feedback. The development included literature research, user interviews, and iterative testing with prototypes, in collaboration with support institutions. The design is lightweight, modular, and uses low-cost materials to ensure accessibility. User testing has proven the effectiveness of the device, promoting greater autonomy and social inclusion for people with visual impairments.

Keywords: Assistive technology; Visual impairment; Sensory glasses.

1. Introdução

Embora a livre locomoção seja um direito assegurado pela Declaração Universal dos Direitos Humanos, ele não é plenamente acessível a todos, especialmente para pessoas cegas. Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC, 2022), estima-se que existem mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual no Brasil, sendo 500 mil cegas e cerca de 6 milhões com baixa visão. Essas pessoas enfrentam desafios significativos para se locomover de forma autônoma, principalmente em grandes centros urbanos que não foram projetados para serem acessíveis. A falta de infraestrutura adequada e a presença de obstáculos acima da linha da cintura, como galhos de árvores, placas e toldos, representam riscos constantes, limitando a independência e a segurança desses indivíduos. Diante desse cenário, o desenvolvimento de tecnologias assistivas torna-se essencial para promover inclusão e autonomia, oferecendo soluções práticas que melhorem a qualidade de vida e a interação com o ambiente.

Nesse contexto, destacam-se estudos como o de Almeida e Santos (2021), que demonstram como a integração de tecnologias assistivas no dia a dia de pessoas com deficiência visual pode reduzir significativamente as barreiras sociais e promover a inclusão em diversos âmbitos, como por exemplo, na mobilidade. No entanto, para que essas tecnologias sejam verdadeiramente eficazes e acessíveis, é essencial que elas estejam alinhadas aos princípios de design social e sustentabilidade, como proposto por Manzini (2015). O autor enfatiza que soluções inovadoras devem ser pensadas não apenas para resolver problemas imediatos, mas também para promover equidade e sustentabilidade a longo prazo, garantindo que sejam acessíveis a todos que delas necessitem.

É nesse cenário que o projeto Synesthesia Vision desenvolve tecnologias assistivas para cegos, focado em óculos sensoriais com som binaural, uma tecnologia assistiva de baixo custo projetada para ser utilizada de forma complementar à bengala, promovendo maior autonomia para pessoas com deficiência visual. Esses óculos são modelados para serem produzidos por meio de impressão 3D, garantindo que se adaptem às necessidades e dimensões físicas de todos os usuários. Dentre as tecnologias assistivas criadas no projeto, destaca-se o dispositivo sensorial, que detecta obstáculos acima da linha da cintura, complementando o uso da bengala branca, verde ou vermelha. Projetado para se adequar a qualquer tipo de deficiência visual, desde a baixa visão até a cegueira total, o dispositivo é personalizável, de fácil uso e acessível, atendendo a diferentes faixas etárias e formatos de óculos. Ao integrar design centrado no usuário, inovação tecnológica e sustentabilidade, o projeto busca não apenas resolver desafios práticos, mas também contribuir para uma sociedade mais inclusiva e equitativa.

2. Procedimentos Metodológicos

Dado esse panorama, o estudo apresentado neste artigo tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo sensorial acoplável a óculos que seja eficiente, confortável e adaptável tanto para pessoas com deficiência visual total quanto para aquelas com visão residual. Para alcançar esse objetivo, o método adotado combinou uma pesquisa bibliográfica inicial, para embasar o desenvolvimento tecnológico, com um estudo exploratório realizado no Instituto dos Cegos, em Recife. Esse estudo exploratório incluiu entrevistas com deficientes visuais e testes com versões anteriores dos óculos sensoriais do projeto, com o intuito de identificar as reais necessidades dessa população e apontar sugestões de melhorias para os dispositivos. Neste levantamento, foram identificadas limitações como falta de adaptação para pessoas com baixa visão, problemas ergonômicos e questões no

design físico. Com base nessas informações, o processo metodológico foi estruturado em duas etapas principais: (1) a pesquisa e seleção de novos sensores que pudessem atender às demandas identificadas, e (2) a reconfiguração do design modular do dispositivo, visando à personalização da estrutura para diferentes necessidades visuais. Essas etapas foram conduzidas por meio de iterações de design, um processo cíclico de prototipagem, testes com usuários e refinamentos contínuos, garantindo que o dispositivo final fosse mais inclusivo e eficaz, contribuindo para o avanço das tecnologias assistivas e promovendo maior acessibilidade e qualidade de vida para pessoas com deficiência visual.

2.1 Seleção e integração dos sensores

Como descrito anteriormente, o processo de desenvolvimento do dispositivo iniciou-se com a escolha dos sensores que comporiam o sistema. Foram considerados critérios como alcance de funcionamento, precisão, tamanho e custo. Após análise baseada em documentos técnicos (*datasheet*) de várias opções, dois sensores foram selecionados como mais indicados para a aplicação: o sensor de infravermelho VL53LOX (Figura 1), conhecido por sua precisão e tamanho reduzido, e o sensor ultrassônico US-100 (Figura 2), escolhido por seu desempenho estável e custo acessível. O VL53LOX foi testado em ambientes externos, onde apresentou desafios sob alta incidência de luz solar, mas sua eficácia foi melhorada com a implementação de filtros no *firmware*. Vale destacar que esse sensor pode ser facilmente substituído por um modelo da mesma família, o VL53L1X, que oferece um alcance maior mantendo as mesmas características no diagrama de pinos, na compactação e precisão. Já o US-100 mostrou-se uma alternativa viável, mantendo o equilíbrio entre desempenho e custo. Ambos os sensores foram incorporados a um protótipo de forma provisória para que mais testes fossem realizados visando simular o seu comportamento já integrados ao dispositivo.

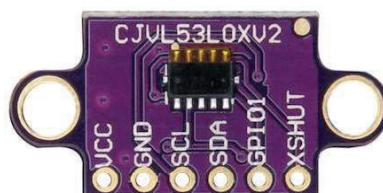


Figura 1: Sensor Infravermelho (VL53LOX). Fonte: ESPHome. Disponível em: <https://esphome.io/components/sensor/vl53l0x.html>.



Figura 2: Sensor Ultrassônico (US-100). Fonte: QuartzComponents. Disponível em: <https://quartzcomponents.com/collections/distance-sensor/products/us-100-ultrasonic-sensor-distance-measuring-module-with-temperature-compensation>

2.2 Desenvolvimento do circuito eletrônico

Com os sensores selecionados, o próximo passo foi o desenvolvimento do esquema eletrônico. Utilizando o software EasyEDA, uma plataforma online para criar ou simular projetos eletrônicos, e com base no diagrama apresentado na (Figura 3) foi idealizado o esquema eletrônico do que viria a ser o protótipo do dispositivo sensorial. No esquema, é possível visualizar a integração dos novos sensores de escaneamento(1), do microcontrolador(6), dos botões de controle(5), dos dispositivos de saída(2 e 3) e do sensor de luminosidade(4), adicionado para a realização de aplicações futuras sugerida pelos usuários entrevistados, que compõem a estrutura funcional do sistema.

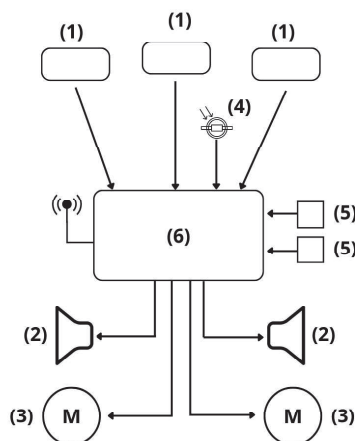


Figura 3: Diagrama . Fonte: Os autores

Após o desenho no EasyEDA o projeto iniciou o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso (Figura 4), que foi projetada de forma modular, facilitando a integração com a estrutura física do dispositivo e permitindo ajustes ergonômicos conforme necessário. Transformar o esquema eletrônico em uma PCI trouxe diversas vantagens como: a redução de tamanho, maior confiabilidade, facilidade de montagem e reprodução, além de melhorias no desempenho elétrico. A modularidade do projeto permitiu uma integração simplificada com a estrutura física do dispositivo, facilitando ajustes ergonômicos e futuras manutenções. A PCI também contribuiu para a padronização do design, redução de custos em larga escala e uma aparência mais profissional, essencial para a aceitação do produto no mercado. Com isso, o projeto avançou para a fase de testes e validação, garantindo que todas as funcionalidades atendam aos requisitos propostos.

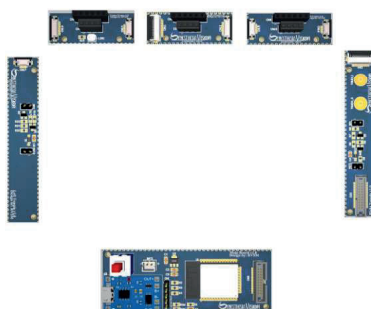


Figura 4: Placa de circuito impresso do dispositivo. Fonte: Os autores

2.3 Design da estrutura física

Um dos maiores requisitos para a confecção deste modelo era cumprir a proposta que ele fosse um dispositivo que pudesse ser utilizado por qualquer pessoa com qualquer tipo de deficiência visual. Sendo assim, surgiu a ideia de replicar o funcionamento de um clipe, de modo que o dispositivo fosse acoplado facilmente em uma armação já existente, de tal forma que qualquer pessoa, independentemente do grau de deficiência visual ou do tipo de correção óptica que utiliza, possa ter acesso à tecnologia sem a necessidade de adquirir um novo par de óculos. Dessa forma, o dispositivo cumpriria o objetivo de ser ajustado e flexível, atendendo às diferentes necessidades visuais.

Após a definição de como seria feita essa estrutura, foi necessário adaptar a estrutura física do dispositivo para acomodar os novos sensores e garantir a ergonomia do dispositivo. Inicialmente a equipe do projeto utilizou a estrutura de um diadema para acomodar a estrutura eletrônica do protótipo e um óculos de proteção individual para simular como ficaria estes arranjos em um óculos convencional (Figura 5).



Figura 5: Protótipo do dispositivo sensorial . Fonte: Os autores

A fim de garantir o conforto na região da ponte nasal, onde os óculos se apoiam, foi essencial considerar na elaboração do design o peso e sua distribuição no dispositivo. Um design que concentrasse muito peso nessa área resultaria em um produto incômodo, especialmente durante o uso prolongado. Para evitar esse problema. Fizemos a distribuição das peças mais pesadas para outras áreas do protótipo, visando equilibrar o peso total do dispositivo, que é de 150 gramas. Posicionamos na parte posterior da nuca a bateria e o microcontrolador, e na parte lateral, as placas com os botões de controle e os elementos de sinalização (buzzer e motor vibratório). Dessa forma, apenas 20 gramas são apoiados diretamente na ponte nasal, sendo o peso dos sensores, conectores e suporte físico, enquanto o restante do peso é distribuído de maneira estratégica. Essa disposição não apenas garantiu maior conforto ao usuário, mas também evitou a sobrecarga na região frontal, proporcionando uma experiência mais equilibrada e agradável durante o uso prolongado.

A próxima ação do projeto consistirá no desenvolvimento da estrutura definitiva para suportar o aparato eletrônico. A equipe pretende utilizar o software de CAD (*Computer-Aided Design*) Autodesk Fusion 360, escolhido por suas funcionalidades avançadas de design e suporte à fabricação assistida por computador (CAM), para desenvolver uma estrutura definitiva para suportar o aparato eletrônico. A estrutura definitiva será construída a partir de manufatura aditiva com uma impressora 3D utilizando o material Polietileno Tereftalato Glicol(PETG), material muito usado na manufatura por ser uma variante do PET mais

resistente e flexível, sendo extremamente apropriado para atender necessidade do dispositivo de ser ajustável para o rosto de qualquer usuário.

Para garantir a segurança dos componentes eletrônicos, foram projetados dois tipos de proteção: uma para os sensores infravermelhos, que inclui uma lente adequada para sensores ToF (*Time-of-Flight*) na parte frontal, assegurando resistência contra água e poeira; e outra para os sensores ultrassônicos, que mantém apenas as partes essenciais expostas, enquanto o restante fica encapsulado na estrutura impressa. Essa abordagem visa garantir a durabilidade e funcionalidade dos sensores, mesmo em condições adversas no uso do dia a dia.

3. Aplicações e/ou Resultados

A versão atual do dispositivo sensorial apresentou avanços significativos em relação às versões anteriores, consolidando-se como uma solução promissora para auxiliar a mobilidade e a independência de pessoas com deficiência visual. O desenvolvimento contínuo, guiado por feedbacks de usuários e testes práticos, resultou em um dispositivo mais leve, preciso e confortável, graças à adoção de sensores menores, como o VL53L0X e o US-100, e à modularidade do design. Essas melhorias permitiram uma adaptação mais eficiente às diferentes necessidades dos usuários, incluindo aqueles com baixa visão, que agora podem utilizar o dispositivo sem comprometer a visão residual.

O dispositivo funciona com base em som binaural, uma técnica de reprodução sonora que simula a percepção espacial do som, permitindo ao usuário não apenas identificar a presença de obstáculos, mas também determinar a distância e a direção em que eles se encontram. O som binaural é criado utilizando dois canais de áudio, que são processados de forma a replicar a maneira como os ouvidos humanos captam os sons no ambiente que permite ao usuário não apenas identificar a presença de obstáculos, mas também determinar a distância e a direção em que eles se encontram. Essa funcionalidade é especialmente útil para a navegação em ambientes complexos, onde a localização precisa de obstáculos é essencial para a segurança e autonomia do usuário. O alcance máximo do dispositivo é atualmente de 1 metro e 40 centímetros quando equipado com os sensores infra-vermelho, cobrindo um cone total de 45° (Figura 6) à frente do usuário, com um tempo de resposta típico de 26ms.

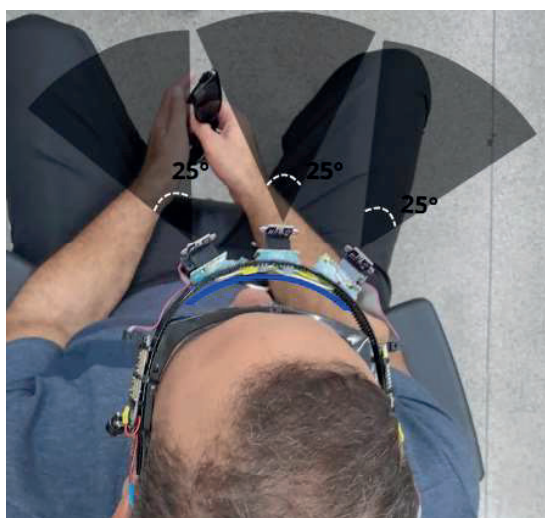


Figura 6: Cones de campo de visão dos sensores. Fonte: Os autores

4. Análises dos Resultados ou Discussões

Uma vez concluída a fase inicial de desenvolvimento, foi realizada uma sessão de entrevistas com cinco deficientes visuais que são possíveis futuros usuários da tecnologia desenvolvida. Nessas sessões (Figura 7) realizadas em ambiente controlado e com a constante atenção da equipe do projeto, foram realizadas baterias de testes para avaliar a eficácia e o tempo de resposta do dispositivo. O objetivo principal desses testes foi verificar a usabilidade, precisão e confiabilidade do dispositivo em situações cotidianas simuladas, considerando diferentes cenários de mobilidade.



Figura 7: Sessão de teste para avaliar a funcionalidade do dispositivo sensorial. Fonte: Os autores

Para garantir uma avaliação consistente, foram estabelecidos critérios claros, como a capacidade do dispositivo de identificar obstáculos com precisão, fornecer feedback tátil ou sonoro em tempo hábil, e a facilidade de interação do usuário com a tecnologia. Além disso, foram avaliados aspectos relacionados ao conforto e à ergonomia do dispositivo durante o uso prolongado.

Os participantes, selecionados com base em critérios como experiência prévia com dispositivos assistivos e grau de deficiência visual, realizaram tarefas específicas, como navegação em ambientes internos e externos, identificação de objetos e locomoção em rotas pré-determinadas. Cada sessão foi monitorada pela equipe do projeto, que registrou dados quantitativos (tempo de resposta, distância de percepção) e qualitativos (feedback dos usuários sobre conforto, clareza das instruções e dificuldades encontradas).

A tabela apresentada no Quadro 1 resume as avaliações dos participantes, coletadas por meio de um formulário após os testes. A avaliação do dispositivo foi realizada em quatro aspectos principais: precisão na detecção de obstáculos, intensidade dos estímulos percebidos, conforto durante o uso prolongado e facilidade de uso. Cada critério foi avaliado em uma escala de 0 a 5, em que 0 representa insatisfação total e 5 indica satisfação completa. Essa escala permite uma análise clara e quantitativa da percepção dos usuários em relação ao desempenho e à usabilidade do dispositivo.

Quadro 1: Avaliação do dispositivo pelos usuários.

Avaliação do Dispositivo Pelos Usuários					
Pergunta Realizada	Participante A	Participante B	Participante C	Participante D	Participante E
Tipo de cegueira	Cegueira total	Cegueira com percepção de luz	Cegueira com percepção de luz	Cegueira com percepção de luz	Cegueira com percepção de luz
Quão preciso você acha que o dispositivo é na detecção de objetos	5	4	5	5	5
Como você avalia a intensidade dos estímulos ao detectar um objeto	5	4	5	4	3
Como você considera o nível de conforto ao usar o dispositivo durante uso prolongado	5	5	5	5	5
Como você considera a facilidade de usar o dispositivo	5	5	5	5	4

Fonte: Autores.

Os resultados indicaram que o dispositivo foi capaz de detectar obstáculos com precisão em diferentes distâncias, além de ser considerado confortável para uso prolongado. No entanto, alguns usuários relataram dificuldades na distinção entre os níveis de estímulo em situações de alta complexidade ambiental, sugerindo a necessidade de ajustes no algoritmo de detecção e na intensidade dos sinais.

Além disso, o feedback dos usuários destacou a importância de um design mais ergonômico e ajustável, especialmente para aqueles com diferentes formatos de rosto ou que utilizam óculos de correção visual. Essas observações serão fundamentais para as próximas etapas de desenvolvimento, visando aprimorar a usabilidade e a aceitação do dispositivo.

5. Conclusão ou Considerações Finais

O dispositivo Synesthesia Vision apresentou avanços significativos em relação às versões anteriores, consolidando-se como uma solução promissora para auxiliar a mobilidade e a independência de pessoas com deficiência visual. O desenvolvimento contínuo, guiado por feedbacks de usuários e testes práticos, resultou em um dispositivo mais leve, preciso e confortável, graças à adoção de sensores menores, como os da família VL53 e o US-100, e à modularidade do design. Essas melhorias permitiram uma adaptação mais eficiente às diferentes necessidades dos usuários, incluindo aqueles com baixa visão, que agora podem utilizar o dispositivo sem comprometer a visão residual.

Os resultados obtidos durante os testes com voluntários indicaram que, apesar das melhorias, ainda há desafios a serem superados, como o aprimoramento da ergonomia do dispositivo. No entanto, as inovações introduzidas demonstram que o projeto está no caminho certo para se tornar uma tecnologia assistiva mais acessível e eficaz, contribuindo diretamente para a inclusão social de pessoas com deficiência visual.

Em conclusão, o desenvolvimento da versão versão atual do dispositivo Synesthesia Vision representa um avanço expressivo no campo das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual. A incorporação de feedbacks dos usuários e a realização de testes iterativos demonstraram a importância de um processo contínuo de aprimoramento para atender de forma eficaz às necessidades desse público. Apesar das limitações ainda presentes, o dispositivo se mostrou promissor em termos de acessibilidade, personalização e usabilidade, reforçando seu potencial como uma ferramenta inclusiva e inovadora para a melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência visual.

Referências

ADAFRUIT. Sensor de distância ultrassônico US-100 [datasheet]. Disponível em: https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Adafruit%20PDFs/4019_Web.pdf.

ALMEIDA, R. M.; SANTOS, L. C. Tecnologias assistivas e inclusão social: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 27, p. 45-60, 2021.

BLAUERT, J. *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge: MIT Press, 1997.

EASYEDA. EasyEDA - Simulador online de design e circuito de PCB. Disponível em: <https://easyeda.com>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC) 2022: Módulo de Pessoas com Deficiência. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102013>.

Manzini, E. (2015). *Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation*. MIT Press.

STMICROELETTRÔNICA. VL53L0X: O menor sensor de alcance de tempo de voo e detecção de gestos do mundo [datasheet]. Disponível em: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l0x.pdf>.

STMICROELETTRÔNICA. VL53L1X: [datasheet]. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1131878/STMICROELECTRONICS/VL53L1X.html>