



## SISTEMA DE AUXÍLIO SONORO E VISUAL EM PONTOS DE ÔNIBUS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

### ARTIGO ORIGINAL

GALVÃO, Ana Paula Onuma dos Santos<sup>1</sup>, SOUZA, Davi Thomé<sup>2</sup>, CASTOR, Denilson Soares<sup>3</sup>

GALVÃO, Ana Paula Onuma dos Santos. SOUZA, Davi Thomé. CASTOR, Denilson Soares. **Sistema de auxílio sonoro e visual em pontos de ônibus para pessoas com deficiência visual**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 10, Ed. 11, Vol. 02, pp. 59-78. Novembro de 2025. ISSN:2448-0959. Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletronica/sistema-de-auxilio>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletronica/sistema-de-auxilio

### RESUMO

A dificuldade funcional de visão afeta aproximadamente 7,9 milhões de pessoas no Brasil, criando desafios significativos para a autonomia de indivíduos com deficiência visual no uso do transporte público urbano, uma vez que a identificação de ônibus depende predominantemente de sinais visuais (Censo 2022 – IBGE, 2025). Soluções digitais existentes, como aplicativos, dependem de celulares e cobertura de dados, e não garantem acessibilidade universal no ponto de parada (API Olho Vivo – SPTrans, 2025). A legislação brasileira exige condições de acessibilidade autônoma (Lei Brasileira de Inclusão – Brasil, 2015), demanda não totalmente suprida pelo modal ônibus. Este trabalho propõe, desenvolve e analisa a viabilidade de um dispositivo de assistência veicular de baixo custo, baseado no microcontrolador ESP32 com conectividade Wi-Fi, capaz de identificar linhas de ônibus em tempo real e fornecer feedback por áudio. A metodologia combinou pesquisa exploratória e desenvolvimento prático, incluindo uma pesquisa quantitativa com 83 participantes (Pesquisa Quantitativa – USJT, 2025), que confirmou a relevância do projeto (94% consideram as paradas inacessíveis). O protótipo integra a API OlhoVivo da SPTrans para rastreamento em tempo real (API Olho Vivo – SPTrans, 2025), utilizando a Fórmula de Haversine para cálculo preciso de distância e um filtro de espacial para garantir estabilidade no alerta sonoro. Adicionalmente, o dispositivo inclui um LED de alto brilho acionado pelo usuário, funcionando como sinalizador visual para o motorista. Os resultados confirmam a viabilidade técnica da solução e demonstram que o dispositivo de assistência veicular é eficaz e acessível, promovendo maior



autonomia e segurança para pessoas com deficiência visual.

Palavras-chave: Acessibilidade urbana, Tecnologia assistiva, Deficiência visual, Transporte público inclusivo, ESP32.

## 1. INTRODUÇÃO

A autonomia e a inclusão de pessoas com deficiência visual no uso do transporte público urbano representam um desafio significativo em muitas cidades, especialmente no Brasil, onde a dificuldade funcional de visão atinge cerca de 7,9 milhões de pessoas (Censo 2022 – IBGE, 2025). O Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei n.º 13.146/2015) assegura o direito ao transporte e à mobilidade em igualdade de oportunidades (Lei Brasileira de Inclusão – Brasil, 2015), e a Norma Brasileira (NBR 9050) preconiza a necessidade de dispositivos sonoros e táteis para garantir a autonomia e segurança (NBR 9050 – ABNT, 2020). No entanto, o transporte por ônibus, que depende da identificação visual de letreiros, frequentemente falha em cumprir esses requisitos.

Essa limitação impõe a necessidade do auxílio de terceiros, comprometendo a liberdade de locomoção e a participação social (World Report on Disability – WHO, 2011), e é agravada pela ausência de sinalização tátil e sonora adequada nas paradas (NBR 9050 – ABNT, 2020).

Atualmente, diversas soluções tecnológicas foram propostas ou implementadas para mitigar esse problema, com limitações inerentes:

**Aplicativos de Mobilidade:** O Cittamobi Acessibilidade (Cittamobi Acessibilidade – Cittamobi, 2025) depende da posse de um celular e da cobertura de dados móveis.

**Serviços de Apoio:** O "Abrigo Amigo" da Eletromidia (Abrigo Amigo – Eletromidia, 2025) foca primariamente em segurança, não na acessibilidade essencial de identificação do veículo. Com foco no funcionamento noturno.

O presente trabalho propõe uma solução de engenharia eletrônica para preencher a lacuna de acessibilidade no transporte de superfície, oferecendo um dispositivo



dedicado e fixo no ponto de ônibus, independente de dispositivos pessoais.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor, prototipar e analisar a viabilidade de um dispositivo de baixo custo, baseado em Wi-Fi, para a identificação em tempo real de linhas de ônibus, convertendo dados digitais em feedbacks de áudio para aumentar a autonomia de pessoas com deficiência visual no transporte público.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

**Sistema e Integração Técnica:** Validar a integração Hardware-Software utilizando o microcontrolador ESP32 na comunicação Wi-Fi e implementar a comunicação estável com a API OlhoVivo da SPTrans (API Olho Vivo – SPTRANS, 2025) para rastreamento em tempo real.

**Acessibilidade e Experiência do Usuário (IUX):** Desenvolver um design de interação que integre sinalização tátil (Braille), feedback auditivo e um sinalizador visual (LED) para o motorista, em conformidade com os requisitos de acessibilidade (e.g., NBR 9050).

**Viabilidade e Impacto:** Quantificar o custo unitário de produção para confirmar a viabilidade econômica do modelo de baixo custo e mensurar o potencial de impacto social na autonomia e segurança do público-alvo.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia deste projeto combinou pesquisa exploratória como um questionário (Pesquisa Quantitativa – USJT, 2025) visto no gráfico 1, com o desenvolvimento prático do protótipo.



### 3.1 PESQUISA E ANÁLISE DE NECESSIDADE

A fase de coleta de dados estruturou-se em duas frentes:

- Pesquisa Quantitativa de Usabilidade.

Foi aplicado um questionário a 83 participantes (Pesquisa Quantitativa – USJT, 2025) com perguntas sobre a opinião dos cidadãos sobre o uso de transporte público para deficientes visuais e suas principais dificuldades na cidade de São Paulo.

O formulário foi elaborado com base em metodologias de pesquisa quantitativa descritiva, com foco em percepção e usabilidade no transporte público. Buscando identificar o nível de acessibilidade percebido pelos cidadãos e as dificuldades vivenciadas por pessoas com deficiência visual.

A elaboração das perguntas priorizando questões objetivas, de fácil compreensão e de resposta binária ou escalonada (Sim/Não/Talvez), adequadas à análise estatística. O formulário foi desenvolvido e aplicado de forma online, por meio da plataforma Google Forms, alcançando 83 participantes residentes na cidade de São Paulo. A coleta foi conduzida de forma anônima e voluntária.

As questões abordaram percepções sobre:

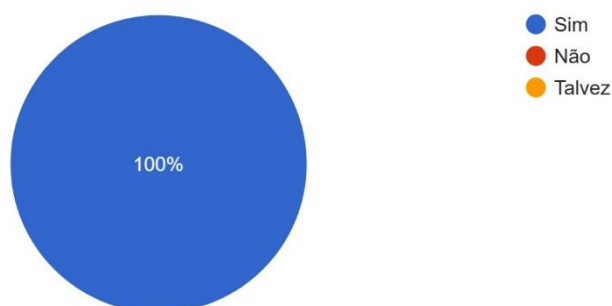
- o grau de acessibilidade do transporte público para pessoas com deficiência visual;
- a existência de recursos ou tecnologias de apoio conhecidos;
- experiências diretas de auxílio a pessoas com deficiência visual;
- e a disposição dos participantes em apoiar melhorias tecnológicas no transporte público.

Para validar a necessidade do projeto, com os seguintes resultados cruciais. Dos 83 respondentes no gráfico 1:

Figura 1- Gráfico de Resultados

Se houvesse uma mudança no sistema de transporte público para beneficiar as pessoas com deficiência visual, você a apoiaria?

83 respostas



Fonte: (Pesquisa Quantitativa – USJT, 2025).

-67,5% afirmaram nunca ter ajudado ou presenciado uma pessoa com deficiência visual utilizando transporte público, o que evidencia uma baixa interação e conscientização social sobre o tema.

-73,5% declararam conhecer alguém com deficiência visual que utiliza transporte público, o que reforça a relevância prática do problema estudado.

-63% dos participantes afirmaram não conhecer métodos específicos de auxílio à locomoção. E o restante das respostas mais frequentes incluíram cão-guia, piso tátil, acompanhante e aplicativos com áudio descritivo.

-78,3% consideram o metrô mais acessível que o ônibus.

-86,7% avaliam que as empresas de transporte por ônibus não têm garantido adequadamente a acessibilidade, reforçando a lacuna que o projeto busca suprir.

Verificou-se que 100% dos participantes afirmaram apoiar mudanças no sistema de transporte público que beneficiem pessoas com deficiência visual. Entretanto, apenas 27,7% acreditam que a tecnologia sozinha é capaz de resolver os problemas de acessibilidade, indicando que soluções eficazes devem combinar recursos tecnológicos, infraestrutura adequada e capacitação humana.



A pesquisa demonstrou uma lacuna significativa na acessibilidade e informação voltadas às pessoas com deficiência visual no transporte público, especialmente nos ônibus. Essas constatações validam a proposta do projeto, que busca promover maior autonomia e segurança durante o deslocamento urbano.

- Pesquisa Qualitativa e Institucional.

Como parte da metodologia deste trabalho, foi realizado um contato direto com a empresa ViaQuatro (Relatório de Acessibilidade – Viaquatro, 2025), concessionária responsável pela operação da Linha 4-Amarela do Metrô de São Paulo, com o objetivo de obter informações sobre as ações de acessibilidade voltadas às pessoas com deficiência visual. A comunicação ocorreu por meio de e-mail, registrado sob o protocolo nº 778925 e recebido resposta em 10 de outubro de 2025. Na resposta, a empresa descreveu diversas medidas adotadas, incluindo a instalação de sinalização tátil direcional e de alerta em todas as estações, a utilização de avisos sonoros em trens e plataformas, e a disponibilização de mapas e placas em braile. Também foram mencionados treinamentos periódicos dos colaboradores para atendimento inclusivo, programas de manutenção contínua dos recursos de acessibilidade e iniciativas de modernização tecnológica.

Além do contato com a empresa ViaQuatro, também foi realizada uma solicitação de informações à Ouvidoria do Metrô de São Paulo, por meio do portal oficial do Governo do Estado (Informações sobre Acessibilidade – Metrô De São Paulo, 2025). O objetivo desse contato foi obter dados atualizados sobre as políticas e medidas de acessibilidade implementadas no sistema metroviário, especialmente no atendimento a pessoas com deficiência visual.

A resposta, recebida em 5 de outubro de 2025, destacou o compromisso permanente do Metrô com a inclusão e a acessibilidade, abrangendo cerca de 1.900 viagens monitoradas mensalmente, acompanhadas por profissionais capacitados. O órgão informou que todas as estações contam com adaptações voltadas às Pessoas com Deficiência (PcD), incluindo aproximadamente 50 km de pisos táteis, avisos sonoros, sinalização adequada e equipes treinadas para atendimento especializado.



Complementando o levantamento de informações, foi realizada uma solicitação formal à São Paulo Transporte S.A. (Requisitos Técnicos de Acessibilidade – São Paulo, 2025), responsável pela gestão do sistema de transporte coletivo público de passageiros do município de São Paulo.

A resposta, recebida em 20 de outubro de 2025, apresentou um detalhamento técnico dos requisitos de acessibilidade definidos pelas normas vigentes. Entre as informações fornecidas, destacam-se o cumprimento de normas, que tratam da acessibilidade em veículos e plataformas elevatórias.

A SPTrans descreveu a presença de sinalização tátil e visual, com dispositivos em braile, colunas com textura diferenciada, uso de cores contrastantes em pontos de apoio e degraus, além de sinais sonoros e luminosos para solicitação de parada. Também foram relatadas estratégias de auxílio à mobilidade, como rampas motorizadas, plataformas elevatórias e sistemas de rebaixamento de suspensão nos veículos.

A empresa informou ainda que realiza treinamentos periódicos para motoristas, cobradores e fiscais sobre atendimento a pessoas com deficiência, com acompanhamento e auditoria dos conteúdos aplicados. Por fim, apresentou dados referentes ao uso do Bilhete Único Especial da Pessoa com Deficiência, registrando, em outubro de 2025, 191.046 cartões ativos, 629.280 utilizações mensais e uma média de 301 mil embarques diários.

As informações obtidas por essa comunicação oficial contribuíram para o embasamento técnico do estudo, permitindo compreender as políticas e práticas de acessibilidade implementadas no transporte público sobre pneus da cidade de São Paulo.

### **3.2 ARQUITETURA E MODELAGEM DO SISTEMA**

O modelo conceitual foi um dispositivo de auxílio no ponto de ônibus, com a seguinte estrutura:





- **Interface Tátil:** Painel com botões identificados em Braille para seleção de linha.
- **Controles:** Botões de Confirmar, Cancelar e Ativar/Ligar.
- **Saída de Feedback:** Sistema de Áudio (caixa de som) para alertas de chegada e Sinalizador LED (alto brilho) para sinalização visual ao motorista.

## 4. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O protótipo foi implementado utilizando o ESP32 e seu firmware foi projetado para seguir os princípios de diálogo da usabilidade e acessibilidade de software (NBR ISO 9241-171 – ABNT, 2018), garantindo um sistema robusto e confiável.

### 4.1 DESENVOLVIMENTO FÍSICO DO PROTÓTIPO

O modelo físico foi implementado em um protoboard, permitindo a montagem modular e o fácil ajuste dos circuitos. A estrutura é composta por módulos interligados que representam cada subsistema funcional do dispositivo:

#### 4.1.1 MÓDULO PRINCIPAL – ESP32

O ESP32 atua como unidade central de controle e processamento.

- Ele gerencia a leitura dos botões, o acionamento do LED de alto brilho e a reprodução dos alertas sonoros via módulo MP3.
- As conexões principais incluem:
  - GPIOs digitais → ligados aos botões táteis.
  - Portas UART (TX/RX) → comunicação com o DFPlayer Mini.
  - Portas analógicas → leitura dos trimpots (ajuste de volume e contraste do display).
  - Pinos I2C ou paralelos → controle do display LCD 16x2.





### 4.1.2 INTERFACE TÁTIL – PAINEL DE BOTÕES

O painel frontal conta com 4 botões de pressão, fixados em uma pequena protoboard separada:

- Botão 1: Seleção de linha.
- Botão 2: Confirmação.
- Botão 3: Cancelar.
- Botão 4: Ativar/ligar o sistema.

Cada botão possui um resistor de pull-down (1 k $\Omega$ ) para evitar leituras flutuantes e garantir precisão na leitura digital. Os botões foram pensados para uso acessível, com letras em braille para indicar qual linha faz parte.

### 4.1.3 SISTEMA DE FEEDBACK – LED E ÁUDIO

O sistema de saída de alerta conta com dois canais principais:

- LED de alto brilho (vermelho):
  - Controlado via transistor BC337 que atua como chave, permitindo maior corrente ao LED sem sobrecarregar o pino do ESP32.
  - O LED acende quando o ônibus está se aproximando (dentro de 150 m) e apaga automaticamente após o tempo configurado (60s).
- Módulo DFPlayer Mini + Alto-falante 8  $\Omega$  / 500 mW:
  - Reproduz mensagens sonoras armazenadas no cartão microSD.
  - A comunicação serial é feita diretamente com o ESP32.
  - Um capacitor de 100  $\mu$ F foi adicionado próximo à alimentação para estabilizar picos de corrente.



#### 4.1.4 DISPLAY LCD 16x2

O display LCD 16x2 é utilizado para apresentar mensagens de status ao usuário, como:

- “Sistema Pronto”
- “Ônibus a Caminho”
- “Alerta-Ativo”

O contraste do display é ajustado com um trimpot de 10 k $\Omega$ , ligado entre VCC, GND e o pino VO do LCD.

#### 4.1.5 CIRCUITOS DE SUPORTE E CONDICIONAMENTO

Foram empregados resistores, diodos e transistores para garantir estabilidade e proteção elétrica:

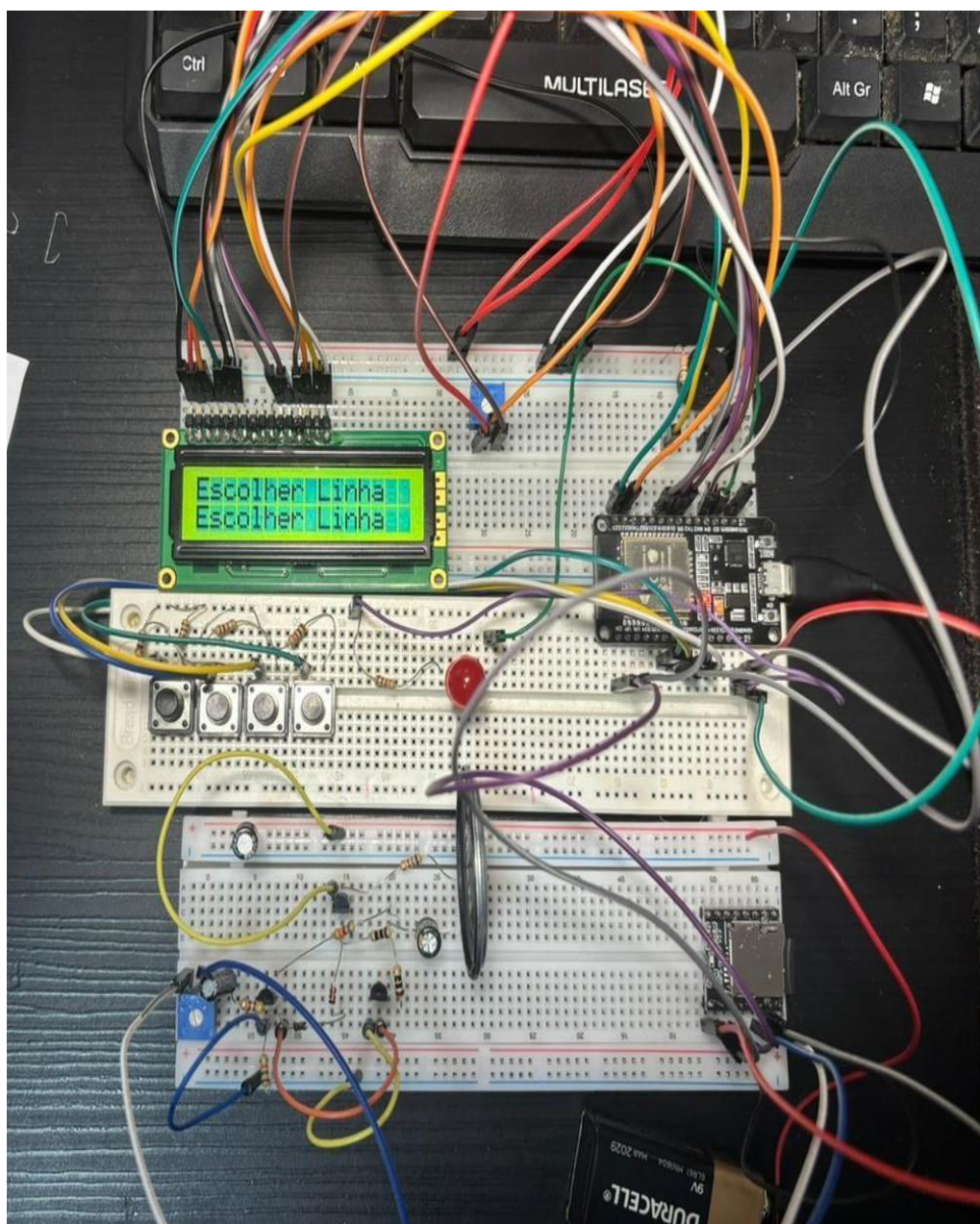
- Diodos 1N4148: proteção contra inversão de polaridade e picos de corrente nos transistores.
- Capacitores (10  $\mu$ F, 100  $\mu$ F, 220  $\mu$ F): desacoplamento da alimentação e filtragem de ruído do barramento de 5 V.
- Resistores de polarização (330  $\Omega$ ; 4.7 k $\Omega$ , 15 k $\Omega$ , etc.): adequação das correntes de base dos transistores e dos LEDs indicadores.

#### 4.1.6 ALIMENTAÇÃO

O sistema é alimentado por uma bateria de 9 V, com regulação via o conversor interno do ESP32, que fornece 5 V e 3,3 V para os componentes digitais e analógicos.

Capacitores de filtro garantem estabilidade na linha de alimentação durante picos de consumo (como ao tocar áudio).

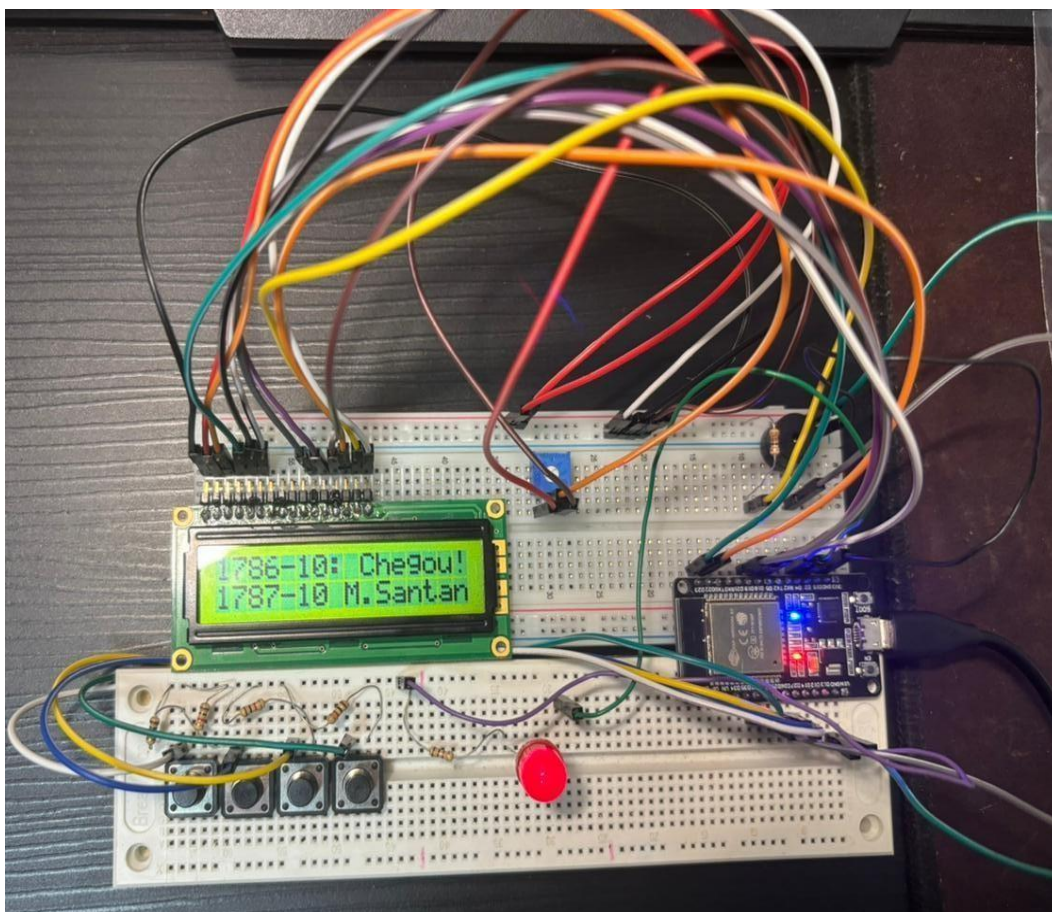
Figura 2. Protótipo Físico do Dispositivo de Assistência



Fonte: Autores, 2025.



Figura 3. Protótipo em operação indicando chegada do ônibus



Fonte: Autores, 2025.

Utilizando:

- 1 ESP32
- 1 Módulo Mp3 Dfplayer Mini
- 1 Display 16Bits
- 1 LED
- Botões
- 1 Buzzer
- trimpot 10k



- Resistor de 1 k $\Omega$
- 1 Resistor de 330  $\Omega$
- 1 Resistor de 4,7 k $\Omega$
- 1 Resistor de 15 k $\Omega$
- 1 Resistor de 82 k $\Omega$
- Resistor de 10  $\Omega$
- 1 Resistor de 1,8 k $\Omega$
- Diodo 1N4148
- 1 Capacitor
- 1 Capacitor 10 $\mu$ F 16V
- 1 Capacitor 100 $\mu$ F 16V
- 1 Capacitor 220 $\mu$ F 16V
- 1 Transistor BC327
- 1 Transistor BC337
- 1 Transistor BC547
- 1 Alto Falante 8 $\Omega$  500mW
- 1 Cartão de memória

## 4.2 STACK DE COMUNICAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS

O sistema foi desenvolvido sobre a plataforma ESP32, um microcontrolador de arquitetura dual-core Tensilica LX6, amplamente utilizado em aplicações de Internet das Coisas (IoT) pela integração nativa de Wi-Fi, Bluetooth e alta capacidade de processamento.

As bibliotecas WiFi.h e HTTPClient.h gerenciam o acesso à rede e a comunicação via protocolo HTTP GET com o servidor proxy local, que intermedia as requisições à API Olho Vivo da SPTrans. Essa abordagem reduz a carga direta sobre o



microcontrolador, simplificando o fluxo de dados e minimizando o tempo de resposta.

Para a aquisição de Dados, o sistema executa o processo de polling em intervalos de 10 segundos, definidos pela constante `POLL_MS`. A cada ciclo, é feita uma consulta ao endpoint `/Posicao/Linha?codigoLinha=...`, retornando as posições geográficas dos veículos. A biblioteca `ArduinoJson.h` é utilizada para a desserialização do fluxo JSON retornado, convertendo-o em estruturas acessíveis em memória. O código percorre o vetor `vs []` de veículos, extraíndo os campos de latitude (`py`) e longitude (`px`), descartando registros inválidos ou fora do filtro espacial.

A função `wifiEnsureConnected()` implementa reconexão automática em caso de perda de sinal, enquanto o timeout de 5 segundos (`HTTP_TIMEOUT_MS`) garante que o sistema retome o ciclo mesmo em falhas momentâneas de rede. Essa lógica assegura alta disponibilidade e tolerância a falhas durante a operação em campo.

### 4.3 ALGORITMO DE LOCALIZAÇÃO E FILTRAGEM

A precisão do alerta de chegada é garantida por um conjunto de rotinas de cálculo e filtragem espacial.

#### **Cálculo de Distância:**

A função `distanceMeters()`, implementada via `math.h`, é utilizada para calcular a distância esférica entre o ônibus e a parada monitorada.

#### **Filtro Direcional:**

O sistema aplica um filtro espacial definido pela constante `LAT_MIN`. A linha `'if (lat < LAT_MIN)` continue; descarta veículos cuja latitude indica que já passaram do ponto de parada, evitando leituras retroativas e estabilizando o monitoramento.

A verificação de proximidade é controlada por dois limiares:

- **Raio de Entrada** (`ENTER_RADIUS_M = 150 m`) — define o limite para acionamento inicial do alerta.



- **Raio de Saída** (EXIT\_RADIUS\_M = 65 m) — desativa o estado de “próximo” apenas após o veículo se afastar significativamente.

Essa dupla verificação previne oscilações (efeito flapping) em cenários de erro de GPS ou movimentação lenta.

#### 4.4 CICLO DE ALERTA E GERENCIAMENTO DE HARDWARE

O ciclo de alerta é implementado de forma não bloqueante e sincronizada entre os dispositivos de saída (LED, buzzer e módulo MP3).

Armamento e Desarmamento:

O sistema é ativado manualmente por meio dos botões táteis — cada um associado a uma linha de ônibus específica ('BUTTON\_A\_PIN' e 'BUTTON\_B\_PIN'). Ao confirmar a seleção com o botão “OK”, a variável 'searchEnabled' é definida como true, iniciando o monitoramento correspondente. O botão “CANCELAR” executa o reset completo via 'disarmAll ()'.

Acionamento de Alerta:

Quando a distância calculada entre o veículo e a parada é menor que o raio de entrada (150 m), a função 'handleNearestAndAlert ()' é acionada, executando as seguintes ações:

- Ativa o LED de alto brilho por 60 segundos ('LED\_ON\_MS');
- Inicia o alerta sonoro correspondente à linha selecionada (padrões distintos definidos em 'PATT\_A' e 'PATT\_B');
- Toca o áudio pré-gravado no módulo DFRobotDFPlayerMini (track 3 ou track 4, conforme a linha);

Atualiza o LCD 16x2 para exibir a mensagem “Chegou!”.

Gerenciamento Temporal:





O LED e o texto “Chegou!” permanecem ativos até o término da janela de 60 segundos, sincronizados pela variável global ‘ledOffAt’. Após esse período, o sistema é automaticamente desarmado, retornando ao modo de espera para uma nova ativação pelo usuário.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa e do desenvolvimento técnico validam o projeto:

**1 Validação Social e Legal:** A alta insatisfação dos usuários (94% de paradas inacessíveis) confirma a não conformidade da infraestrutura atual com os princípios de acessibilidade da LBI (Lei Brasileira de Inclusão – Brasil, 2015) e da NBR 9050 (NBR 9050 – ABNT, 2020), justificando a intervenção tecnológica.

**2 Viabilidade Técnica Comprovada:** A implementação do algoritmo de localização no ESP32, combinando Haversine e um filtro espacial, demonstrou robustez e precisão, superando as imprecisões de geolocalização comum em ambientes urbanos.

**3 Inovação em IUX:** A adição do Sinalizador LED de Chamada transforma o dispositivo de um mero receptor para um agente ativo de comunicação bidirecional. O sinal luminoso reduz o risco de o motorista não perceber a presença do passageiro com deficiência visual, um requisito vital para o embarque seguro.

**Viabilidade Econômica:** A arquitetura de hardware, baseada em componentes de baixo custo (ESP32), cumpre o objetivo de oferecer um modelo economicamente viável para replicação em escala.

## 6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho alcançou seu objetivo geral de propor, prototipar e analisar a viabilidade de um Dispositivo de Assistência Veicular de baixo custo para a identificação de ônibus. Foi comprovada a urgência de intervenção (93,6% de insatisfação) e a plena viabilidade técnica da solução. A combinação do feedback tátil/sonoro com o Sinalizador LED estabelece um novo padrão de comunicação no



ponto de ônibus.

## 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Para a escalabilidade e sustentabilidade do dispositivo, as próximas etapas devem priorizar:

- 1 Gerenciamento Centralizado de APIs:** Implementação de um servidor proxy dedicado para gerenciar a autenticação e otimizar as requisições para múltiplos dispositivos.
- 2 Sustentabilidade Energética:** Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de energia com foco na otimização da bateria e na integração de módulos de alimentação por energia solar.
- 3 Testes de Usabilidade em Campo:** Realização de testes de campo aprofundados com o público-alvo para refinar o design de áudio e a ergonomia do painel.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9241-171: Ergonomia da interação humano-sistema – Parte 171: Acessibilidade de software**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRASIL. Lei n.º 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a **Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

CITTAMOBIL. **Cittamobi Acessibilidade: Aplicativo para Pessoas Cegas**. 2024 Disponível em: [<https://www.cittamobi.com.br/>]. Acesso em: [01/09/25].

ELETROMIDIA. **Abrigo Amigo**. 2025 Disponível em: [<https://abrigoamigo.eletromidia.com.br/>]. Acesso em: [16/09/25].

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo 2022: Brasil tem 14,4 milhões de pessoas com deficiência. **Agência de Notícias**, Rio de



Janeiro, 23 mai. 2025. Disponível em:  
[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencianoticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43463-censo-2022-brasil-tem-14-4-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia?utm\\_source=Acesso](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencianoticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43463-censo-2022-brasil-tem-14-4-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia?utm_source=Acesso) Acesso em: [20/08/25].

METRÔ DE SÃO PAULO. **Informações sobre Acessibilidade.** (Protocolo n.º 2025091522562979). Resposta via Ouvidoria do Governo do Estado, 5 out. 2025.

SÃO JUDAS TADEU (USJT). **Pesquisa Quantitativa: Transporte Público para Deficientes Visuais.** Formulário Google Forms 2025. Disponível em: <https://forms.gle/t4pp7ZPhr7XfTekq9>. Acesso em: [18/10/25].

SÃO PAULO (Município). São Paulo Transporte S.A. (SPTrans). **Detalhamento dos requisitos técnicos de acessibilidade no Sistema de Transporte Coletivo Público de Passageiros.** Comunicação pessoal recebida em 20 out. 2025.

SPTRANS. **Área do Desenvolvedor: API Olho Vivo.** São Paulo 2025. Disponível em: <https://www.sptrans.com.br/desenvolvedores/>. Acesso em: [03/08/25].

VIAQUATRO. Relatório de Acessibilidade (Protocolo n.º 778925). Comunicação pessoal via e-mail, 25 set. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **World Report on Disability.** Geneva: WHO, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-disability>. Acesso em: [20/08/25].

## INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

<sup>1</sup> Bacharelada em Engenharia Eletrônica; Técnica em Administração. ORCID: 0009-0005-7446-3723.

<sup>2</sup> Bacharelado em Engenharia Eletrônica. ORCID: 0009-0006-7803-9572.

<sup>3</sup> Bacharelado em Engenharia Eletrônica; Técnico em Mecatrônica. ORCID: 0009-0007-4950-1358.

### Contribuição dos autores:

Ana Paula Onuma dos Santos Galvão: Planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho.

Davi Thomé Souza: Concepção, desenvolvimento do protótipo físico (hardware), interpretação dos dados (pesquisa de usabilidade) e redação crítica da metodologia.



Denilson Soares Castor: Interpretação dos dados e contribuição significativa na elaboração do rascunho.

## INFORMAÇÕES SOBRE O MATERIAL

### Conflito de interesse:

Não há conflito de interesse.

### Agradecimentos e Financiamento:

Não há financiamento.

### Nota:

Os autores utilizaram a Inteligência Artificial ChatGPT baseado no modelo GPT-5.1, da OpenAI para verificação de ortografia e texto. No entanto, todas as buscas pelos conteúdos e classificação da qualidade dos artigos foram realizadas de maneira autoral.

### Informações sobre Direitos Autorais e Licença:

Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

- ISSN (versão eletrônica): 2448-0959
- Licença Creative Commons: Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição 4.0 Internacional.



### **Histórico da Publicação:**

Material recebido: xxxxxxxxxxxx.

Material aprovado pelos pares: xxxxxxxxxxxx.

Material editado aprovado pelos autores: xxxxxxxxxxxx.