

Arquitetura IoT em Paradas de Ônibus para Solicitação de Embarque por Pessoas com Deficiência

Matheus Lima¹, Raul Rodrigues¹, Murilo Monteiro¹, Breno Santos¹, Isabelly Bernardes¹, Júlio Silva¹, Vânia Carvalho¹, Aida Ferreira¹, Ioná Rameh¹

¹Grendes & LabGeo – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco(IFPE)

{mf19,bns6,igcb,jfsj2,mcm4,rjro}@discente.ifpe.edu.br, {aidaferreira, ionarameh,vaniacarvalho}@recife.ifpe.edu.br

Abstract. Ensuring full access to public transportation for people with disabilities remains a persistent challenge in urban mobility. This paper presents the development of a fixed embedded device installed at bus stops to support the boarding of people with physical, visual, or hearing disabilities. The research is applied in nature, with a qualitative and experimental approach, involving a literature review, analysis of a previously developed prototype, and implementation of a functional prototype composed of an accessible tablet, a braille keyboard, an ESP32 microcontroller, and communication with the onboard bus module. In controlled-environment tests, the system achieved an average response time of 1.2 seconds and a near-zero failure rate in 100 activations. The results indicate that the proposed solution can reduce barriers to public transport access and contribute to the advancement of IoT-based applications for inclusive urban mobility.

Resumo. A garantia do acesso pleno de pessoas com deficiência ao transporte público ainda representa um desafio persistente da mobilidade urbana. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um dispositivo embarcado fixo, instalado em paradas de ônibus, para apoiar o embarque de pessoas com deficiência física, visual ou auditiva. A pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e experimental, envolvendo revisão bibliográfica, estudo do protótipo existente e desenvolvimento de um protótipo funcional com tablet acessível, teclado em braille, microcontrolador ESP32 e comunicação com o módulo embarcado no ônibus. Em testes realizados em ambiente controlado, o sistema apresentou tempo médio de resposta de 1,2 segundos e taxa de falhas próxima de zero em 100 acionamentos. Conclui-se que a solução possui potencial para reduzir barreiras de acesso ao transporte coletivo e contribuir para o avanço de aplicações IoT voltadas à mobilidade urbana inclusiva.

1. Introdução

Este trabalho busca mitigar um desafio persistente da mobilidade urbana: a garantia do acesso pleno de pessoas com deficiência (PCD) ao transporte público. Embora o direito de ir e vir seja assegurado a essa parcela da população, sua efetivação ainda enfrenta obstáculos significativos no cotidiano das cidades. Nesse contexto, a busca

por soluções capazes de impactar diretamente a experiência desses usuários constitui a principal motivação desta pesquisa.

Segundo o Censo 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 14,4 milhões de brasileiros vivem com algum tipo de deficiência. Na Região Metropolitana do Recife, mais de 51 mil pessoas com deficiência foram beneficiadas, até 2024, com a gratuidade no transporte por ônibus por meio do Vale Eletrônico Metropolitano (VEM) Livre Acesso, e 41 mil permaneceram com o benefício ativo em 2025, segundo dados do Grande Recife Consórcio de Transporte. Esses números evidenciam a relevância do transporte público para esse público e reforçam a importância de iniciativas voltadas à promoção da acessibilidade.

Nesse sentido, a importância de ações voltadas à acessibilidade também encontra respaldo legal. O Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) assegura a acessibilidade e a autonomia das pessoas com deficiência nos espaços urbanos e no uso do transporte público. Além disso, a Cartilha de Tecnologias Assistivas do Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos destaca que o uso de recursos tecnológicos pode contribuir para reduzir barreiras relacionadas à mobilidade, à autonomia e à inclusão de pessoas com deficiência no ambiente urbano.

A ausência de comunicação entre o passageiro e o motorista durante o tempo de espera pelo ônibus constitui um dos principais entraves à acessibilidade no contexto da mobilidade urbana. Nesse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo embarcado fixo, instalado em pontos de ônibus, destinado ao atendimento de pessoas com deficiência física, visual ou auditiva. A solução proposta tem como finalidade ampliar a autonomia desses usuários e favorecer a realização do embarque, por meio de uma arquitetura embarcada baseada em Internet das Coisas (IoT). Embora o dispositivo desenvolvido para as paradas esteja integrado a outro dispositivo previamente concebido para instalação no interior dos veículos, e ambos se comuniquem com uma plataforma web de gestão, este artigo restringe-se ao detalhamento do desenvolvimento do dispositivo fixo das paradas e de seus respectivos componentes.

2. Trabalhos Relacionados

No campo da acessibilidade no transporte público, diferentes soluções tecnológicas têm sido propostas para reduzir barreiras informacionais e operacionais enfrentadas por pessoas com deficiência, especialmente nos momentos de identificação do veículo, solicitação de parada e embarque. Entre essas iniciativas, destaca-se o ViiBus, solução desenvolvida por Douglas Toledo no contexto da PUC-Campinas. O sistema foi concebido com dois componentes principais: um painel instalado na parada de ônibus, com recursos como braille e mensagens de voz, e um dispositivo embarcado no veículo, responsável por sinalizar ao motorista a necessidade de parada. Embora represente uma contribuição relevante para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual, trata-se de um projeto tecnológico divulgado em fontes institucionais e jornalísticas, e não de um artigo científico indexado.

No âmbito da produção acadêmica, Andrade et al. (2019) apresentaram o BlindMobi, sistema baseado em Bluetooth Low Energy (BLE) para identificação de ônibus por pessoas com deficiência visual. Na proposta, beacons instalados nos veículos transmitem informações para um aplicativo móvel, permitindo ao usuário

consultar dados sobre a aproximação do ônibus e o tempo de espera. De acordo com os autores, o protótipo foi implementado e avaliado, alcançando taxa de acerto de 91,5%, o que evidencia o potencial da tecnologia para apoiar a autonomia desse público no uso do transporte coletivo.

Entre as soluções disponíveis ao público, destaca-se o CittaMobi, aplicativo de mobilidade urbana que fornece informações em tempo real sobre linhas, rotas e horários de ônibus. No campo da acessibilidade, a plataforma dispõe do CittaMobi Acessibilidade, versão voltada a pessoas com deficiência visual, com funcionalidades como previsão em tempo real, aviso de chegada ao ponto de destino, ambientação durante o trajeto, roteirização e interação por comandos de voz. Além disso, a plataforma informa a presença de veículos acessíveis, ampliando o suporte à tomada de decisão pelos usuários.

Outra iniciativa relevante é o Floripa no Ponto 2.0, aplicativo utilizado no transporte público de Florianópolis. A plataforma oferece informações em tempo real sobre linhas, horários, pontos de parada e planejamento de viagens, incorporando também recursos de acessibilidade compatíveis com TalkBack e VoiceOver. Em sua versão acessível, o sistema foi desenvolvido para apoiar pessoas com deficiência visual no planejamento do deslocamento e no acesso a informações atualizadas sobre o serviço, contribuindo para maior autonomia no uso do transporte coletivo.

Também se insere nesse contexto o aplicativo Todos no Ônibus, desenvolvido em Campo Grande (MS) pela AGETEC, em parceria com a Agetran e o Consórcio Guaicurus. A solução foi concebida para facilitar o embarque de pessoas com deficiência visual, permitindo que o usuário informe sua presença no ponto e que o motorista seja notificado para realizar a parada e o atendimento necessário. Fontes públicas também registram recursos como respostas audíveis aos toques e transcrição de textos em áudio, embora essas informações apareçam predominantemente em notícias e registros institucionais, e não em publicações científicas.

Em conjunto, essas iniciativas demonstram o avanço do uso de tecnologias assistivas aplicadas à mobilidade urbana, com ênfase na ampliação da autonomia e da segurança de pessoas com deficiência no acesso ao transporte público. Observa-se, contudo, que parte dessas soluções está concentrada em aplicativos móveis ou em experiências localizadas, o que reforça a relevância de pesquisas que explorem arquiteturas integradas entre infraestrutura urbana, dispositivos embarcados e sistemas de gestão, capazes de apoiar de forma mais abrangente o processo de embarque acessível.

3. Metodologia

A metodologia adotada foi de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e experimental, voltada ao desenvolvimento e teste de um protótipo funcional. De início, foi realizada uma busca bibliográfica sobre as técnicas de acessibilidade no transporte público e dispositivos assistivos, além do estudo do funcionamento do protótipo já existente, incluindo análise dos microcontroladores, sensores e tecnologias de comunicação utilizadas. Foi feito também testes de verificação da estabilidade da comunicação, clareza das interações e confiabilidade do sistema.

A arquitetura do dispositivo é baseada em um teclado acoplado ao tablet. Sua montagem física do dispositivo inclui também botões conectados ao ESP 32. O

conjunto é utilizado para selecionar a opção desejada no tablet com aplicativo (o qual foi pensado para promover uma interface intuitiva e acessível) próprio instalado. Ademais, todo o sistema contará com um totem para sustentá-lo.

Foram realizados testes, sem a participação de pessoas com deficiência, para legitimar a funcionalidade da comunicação entre aplicativo e módulo dos ônibus. Nos testes realizados em ambiente controlado, o dispositivo apresentou tempo médio de resposta de 1,2 segundos entre o acionamento do usuário e a emissão do alerta ao condutor. Em 100 acionamentos, a taxa de falhas na comunicação foi próximo de zero por cento. Para etapas futuras do projeto, espera-se realizar testes de campo com a participação de pessoas com deficiência, já que se faz necessário o feedback do funcionamento do protótipo operado por usuário/ pessoa com deficiência.

Além dos aspectos funcionais, o dispositivo foi concebido com foco em viabilidade construtiva e operacional, priorizando baixo custo, facilidade de uso pelo usuário, manutenção simplificada e fabricação com menor complexidade de montagem.

4. Desenvolvimento

O dispositivo da parada (totem) é composto por dois módulos: A parte física e a aplicação própria do projeto instalada no tablet. A parte física diz respeito ao teclado em braille e à estrutura de apoio para o tablet. O teclado foi desenvolvido no software de modelagem 3D Fusion 360 e possui 4 funções, sendo elas: Cima, Baixo, Confirmar e Alternar (Figura 1). Através de tecnologia *Bluetooth Low Energy* (BLE), o teclado envia esses comandos ao tablet através de um microcontrolador ESP 32.

A programação do microcontrolador foi feita por meio do ambiente de desenvolvimento Arduino IDE. Para que a ESP funcionasse como desejado, foram utilizadas bibliotecas como *BleKeyboard*, que, além de possibilitar a comunicação bluetooth entre dispositivos, também realiza um mapeamento das funções das teclas de um teclado tradicional, tornando mais simples a programação da ESP. Neste trabalho, por exemplo, foram utilizadas as funções das seguintes teclas: Up arrow (para função “cima”), Down arrow (para função “baixo”), Retorna (para função “confirmar”) e Tab (para função “alternar”). A função “Alternar” é principalmente utilizada caso o usuário deseje retornar ao menu de linhas, visto que essa aplicação ainda não é totalmente adaptada para os comandos de um teclado, e a função da tecla “Esc” não apresentava um bom funcionamento.



Figura 1. Teclado bluetooth. O microcontrolador é comportado em seu interior. Fonte: Autores.

A aplicação foi desenvolvida em tecnologias de código aberto, o que permitiu a inclusão de recursos de acessibilidade. Sua interface foi elaborada na ferramenta Figma, na intenção de construir uma interface gráfica simples e acessível. Também foram utilizadas outras tecnologias e recursos para promover certas funções na aplicação, sendo elas o *React Native*, que permite o desenvolvimento de aplicações para Android e IOS, utilizando linguagem de programação Java Script ou Type Script.

Também foram utilizados o Props de Acessibilidade e o *accessibilityLabel* para incluir ferramentas de acessibilidade. O Props de Acessibilidade é um recurso nativo que torna o aplicativo compatível com leitores de tela, tornando-o mais inclusivo; O *accessibilityLabel* é uma propriedade nativa que fornece o texto que será lido em voz alta para descrever um elemento, por exemplo, botões, o que se faz muito necessário em um projeto como este. Observe a interface do aplicativo na Figura 2.

Por meio do aplicativo desenvolvido no projeto, o usuário visualiza na tela a lista de linhas de ônibus disponíveis no ponto. Com o suporte dos recursos de acessibilidade do dispositivo, como o VoiceOver, associados ao teclado em braille, a navegação entre as opções é realizada pelas teclas “Cima” e “Baixo”, e a seleção da linha desejada ocorre por meio da tecla “Confirmar” (Figura 2). Após a confirmação, a solicitação é enviada ao módulo embarcado no ônibus, que emite sinais sonoro e visual ao motorista, indicando a necessidade de apoio ao embarque naquela parada. Ao usuário, o sistema informa o tempo estimado de chegada do veículo e gera um aviso no momento de sua aproximação, recurso particularmente relevante para pessoas com deficiência visual.



Figura 2. Tela de seleção das linhas de ônibus na parada em questão. Fonte: Autores

A comunicação entre o módulo da parada e o módulo embarcado é realizada por rede 4G, o que exige conexão com a internet em ambos os dispositivos. Essa integração entre infraestrutura de parada, veículo e troca de dados em tempo real aproxima a solução do campo dos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), compreendidos como sistemas de informação, comunicação e controle aplicados ao transporte, incluindo serviços de transporte público e informação ao viajante (ISO, 2026).

A arquitetura do projeto com seus respectivos componentes (dispositivo nos ônibus, totem nas paradas e site para gestão) é esquematizada na Figura 3.

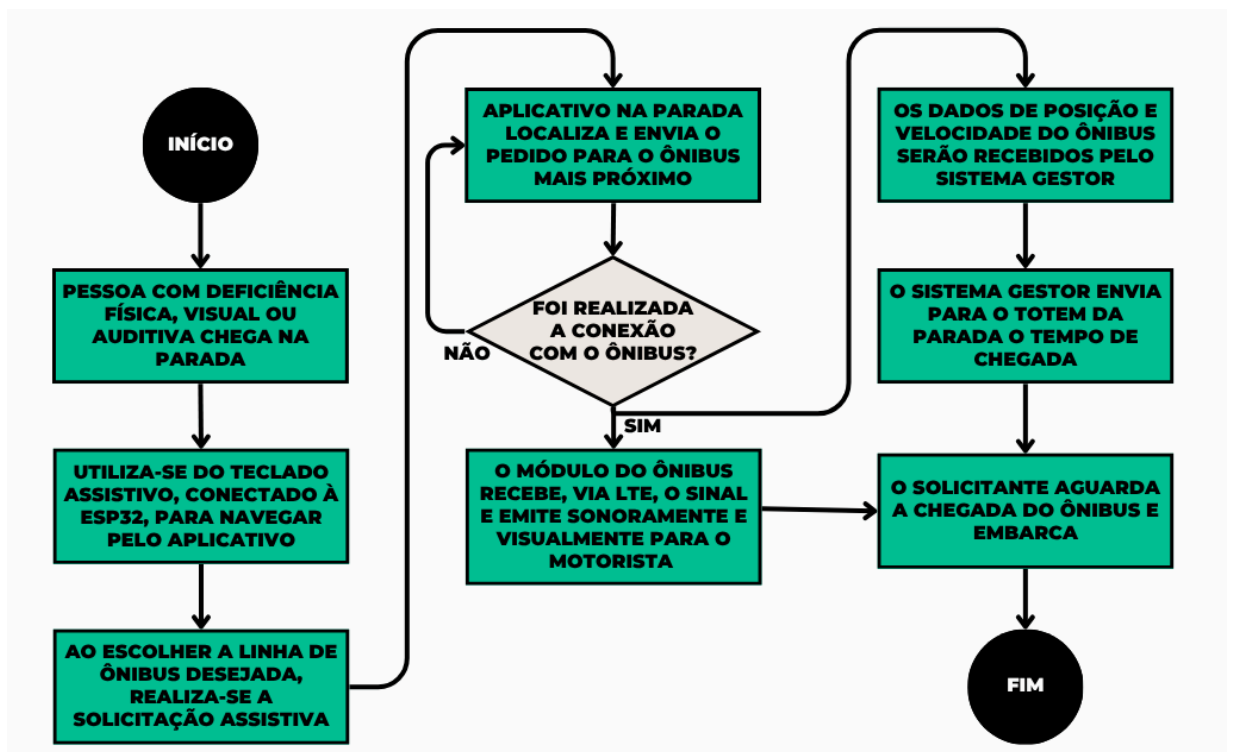


Figura 3. Esquema do funcionamento das partes do projeto. Fonte: Autores.

5. Considerações finais

À luz dos resultados e discussões apresentados, observa-se que a solução proposta apresenta potencial relevante para ampliar a acessibilidade de pessoas com deficiência física, visual ou auditiva no transporte público. A concepção do totem instalado na parada constitui um diferencial importante, sobretudo por possibilitar o uso do sistema por pessoas que não dispõem de dispositivo móvel, além de oferecer suporte à solicitação de auxílio para o embarque. Dessa forma, a proposta contribui para a redução de barreiras no acesso ao transporte coletivo e reforça o papel das tecnologias assistivas no contexto da mobilidade urbana inclusiva.

Ressalta-se, contudo, que o projeto ainda se encontra em fase de desenvolvimento, dispondo, até o momento, de um protótipo inicial para demonstração funcional. Como etapas futuras, prevê-se o aprimoramento do sistema computacional embarcado, a implementação de um display integrado ao teclado com braille e o desenvolvimento da estrutura física definitiva do totem, com vistas ao atendimento mais adequado das necessidades dos usuários. Também se mostra fundamental o estabelecimento de parcerias com consórcios de transporte público, a fim de viabilizar testes de campo em condições reais de operação e permitir avaliações mais consistentes sobre o desempenho, a usabilidade e a aplicabilidade da solução.

Em perspectiva mais ampla, o projeto contribui para o avanço de aplicações baseadas em tecnologias de comunicação e Internet das Coisas (IoT) voltadas à mobilidade urbana acessível. Ao propor uma solução integrada entre infraestrutura de parada, dispositivos embarcados e comunicação em tempo real, a pesquisa não apenas apresenta uma alternativa para enfrentamento de problemas concretos de acessibilidade, mas também amplia as possibilidades de desenvolvimento científico e tecnológico no campo dos transportes inteligentes e inclusivos.

6. Referências Bibliográficas

ARDUINO. **Arduino IDE**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software/>. Acesso em: 27 fev. 2026.

AUTODESK, INC. **Autodesk Fusion 360**. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/products/fusion-360/>. Acesso em: 27 fev. 2026.

BERNARDES et al. **Aplicativo móvel para solicitação de embarque ao transporte público para uso de pessoas com deficiência**. In: IX Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias (COINTER), 2025, Brasília.

BRASIL. **Lei nº 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: seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. Secretaria Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Cartilha de Tecnologias Assistivas. Brasília:

MDHC, 2021. Disponível em:
https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva/pnta_-documento_web.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.

CONSÓRCIO FÊNIX. **Chegou o Floripa no Ponto 2.0**. Consórcio Fênix, 11 abr. 2023. Disponível em:
<https://www.consorciofenix.com.br/noticias/chegou-o-floripa-no-ponto-20,555>. Acesso em: 28 fev. 2026.

DE ANDRADE, Hilson G. V.; BORGES, David de M.; BERNARDES, Leandro H. C.; DE ALBUQUERQUE, João Lucas A.; DA SILVA-FILHO, Abel G. **BlindMobi: A system for bus identification, based on Bluetooth Low Energy, for people with visual impairment**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS (SBRC), 37., 2019, Gramado. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 391–402. ISSN 2177-9384. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbrc.2019.7374>.

FIGMA, INC. **Figma**. Disponível em: <https://www.figma.com/pt-br/>. Acesso em: 27 fev. 2026.

ISO.ORG. **Intelligent transportation systems: Transforming modern mobility**. Disponível em: <https://www.iso.org/transport/its-intelligent-transportation-systems#toc3>. Acesso em: 13 fev. 2026.

NOVA CITTAMOBILIDADE DESENVOLVIMENTO EM TECNOLOGIA LTDA. **Cittamobi**. Disponível em: <https://www.cittamobi.com.br/>. Acesso em: 27 fev. 2026.

PROGRESSO. **Aplicativo “Todos no Ônibus” facilita acesso de pessoas com deficiência ao transporte coletivo**. Progresso, 26 mar. 2022. Disponível em: <https://www.progresso.com.br/cotidiano/aplicativo-todos-no-onibus-facilita-acesso-de-pessoas-com/388111/>. Acesso em: 28 fev. 2026.

TOLEDO, Douglas. **ViiBus - Sistema de Comunicação para Deficientes Visuais**, 2015. Disponível em:
<https://dwtoledo.com/pt/arquivo-de-portfolio/sistema-de-comunicacao-viibus-para-pessoas-com-deficiencia-visual/>. Acesso em: 30 out. 2025.