

ENGE C

2025

V ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO E COMUNICAÇÃO

Gestão da Mobilidade Urbana com Tarifa Zero
Desenvolvimento de Sistema Digital de Contagem de Passageiros

Marcos Alberto Bussab

marcos.bussab@online.uscs.edu.br

Beatriz Sant'Anna Ferrari

beatriz.ferrari@uscsonline.com.br

João Victor da Silva Nogueira

joao.nogueira@uscsonline.com.br

Ryan Verrillo Ramella

ryan.ramella@uscsonline.com.br

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Transporte Público. Contagem de Passageiros. Sistema de Informação.

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um dos maiores desafios contemporâneos das cidades, tanto pelo impacto social quanto pelas implicações logísticas e ambientais. A política de tarifa zero em São Caetano do Sul representa um avanço significativo em termos de inclusão, mas gera desafios operacionais e de sustentabilidade que exigem dados confiáveis sobre o fluxo de passageiros

1.1. Pergunta Problema e Objetivos

Como desenvolver e implementar um sistema automatizado de contagem de passageiros que forneça dados confiáveis e em tempo real para apoiar a gestão de ônibus urbanos com tarifa zero?

O objetivo geral é criar um sistema digital inteligente composto por dispositivo embarcado e software de gestão para monitorar e analisar a demanda de passageiros.

Os objetivos específicos são revisão bibliográfica, definição de requisitos, desenvolvimento do protótipo, testes em ambiente real e análise de eficácia.

1.2 Justificativa

A pesquisa é justificada por três dimensões:

- Técnica: ausência de ferramentas escaláveis e robustas para monitoramento em tempo real.
- Social: melhora da experiência do usuário, segurança e eficiência do serviço gratuito.
- Científica: inovação tecnológica aplicada à mobilidade urbana e cidades inteligentes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A mobilidade urbana é reconhecida como um dos principais eixos de sustentação do desenvolvimento regional e da qualidade de vida nas cidades contemporâneas. O aumento da densidade populacional, o crescimento da frota de automóveis particulares e a pressão por políticas inclusivas e ambientalmente sustentáveis têm colocado o transporte coletivo como centro das discussões acadêmicas e políticas (FARIA; OLIVEIRA, 2020). Nesse cenário,

modelos inovadores como a tarifa zero surgem como instrumentos de democratização do acesso à cidade e como catalisadores de novos paradigmas de governança. No entanto, a efetividade dessas políticas depende fortemente da existência de mecanismos de gestão baseados em dados, capazes de monitorar, analisar e apoiar a tomada de decisão em tempo real.

Singleton (2018) argumenta que o transporte coletivo gratuito pode gerar benefícios sociais expressivos, como a redução da exclusão social e do uso de automóveis particulares, mas alerta que a ausência de sistemas de monitoramento pode comprometer sua sustentabilidade. A literatura demonstra que a implantação da tarifa zero gera aumento significativo da demanda, pressionando o sistema a operar de forma mais eficiente. Sem dados confiáveis sobre o fluxo de passageiros, há risco de superlotação, má alocação da frota e ineficiência na aplicação de recursos públicos. Assim, a integração entre políticas públicas de mobilidade e sistemas digitais de gestão torna-se fundamental para garantir equidade e eficiência.

Estudos nacionais e internacionais demonstram que a contagem manual de passageiros, ainda adotada em alguns contextos, apresenta limitações críticas, como baixa confiabilidade, custos elevados e falta de padronização (OLIVEIRA; ANDRADE, 2010). Nesse sentido, tecnologias embarcadas – sensores de presença, dispositivos infravermelhos e câmeras inteligentes – têm se consolidado como alternativas para o monitoramento automatizado (GARCIA; ALMEIDA, 2014). Esses recursos permitem obter dados contínuos e precisos sobre embarques e desembarques, oferecendo aos gestores públicos informações estruturadas para a análise da demanda.

A adoção de sistemas automáticos, porém, exige não apenas a instalação de dispositivos, mas também a integração entre hardware e software. Garcia e Almeida (2014) destacam que a confiabilidade do sistema depende da capacidade de comunicação entre sensores e bases de dados, assegurando que os registros sejam transmitidos sem perdas ou distorções. Além disso, Oliveira e Andrade (2010) ressaltam que sistemas modulares são mais eficientes por permitirem escalabilidade e fácil adaptação a novos contextos urbanos.

A disponibilidade de dados em tempo real é apontada como condição indispensável para a eficiência no transporte coletivo. Nogueira (2017) observa que sistemas de monitoramento em tempo real permitem redistribuição da frota, ajustes de horários e redução da ociosidade, além de subsidiar decisões estratégicas sobre investimentos. Alves (2019) acrescenta que o uso

de modelos preditivos aplicados a essas bases de dados potencializa a eficiência, antecipando picos de demanda e permitindo adoção de medidas preventivas.

Sommerville (2011) argumenta que a usabilidade das plataformas digitais é central para transformar grandes volumes de dados em informações acionáveis, enquanto Pressman (2016) reforça que relatórios claros e indicadores visuais reduzem a sobrecarga cognitiva e aumentam a transparência da gestão. Nesse sentido, dashboards interativos e painéis em tempo real não são apenas ferramentas técnicas, mas instrumentos de governança e de fortalecimento da confiança entre gestores e sociedade.

A literatura aponta que políticas públicas inovadoras, como a tarifa zero, só alcançam legitimidade quando acompanhadas de mecanismos de transparência e accountability. Silva e Oliveira (2018) defendem que tecnologias digitais aplicadas à gestão pública ampliam a capacidade de fiscalização social, permitindo que a população acompanhe indicadores de desempenho em tempo real. Bezerra e Faria (2017) acrescentam que a accountability depende não apenas da divulgação de dados, mas também da existência de canais institucionais que possibilitem a responsabilização dos gestores.

Souza (2018) ressalta que a digitalização do transporte público fortalece a governança urbana ao reduzir assimetrias de informação entre Estado e cidadãos. Ao disponibilizar dados sobre a ocupação dos veículos, os sistemas de monitoramento ampliam a credibilidade das políticas de mobilidade, especialmente em contextos de financiamento coletivo como o da tarifa zero. Dessa forma, a contagem digital de passageiros extrapola o campo técnico, configurando-se como instrumento de comunicação pública e de fortalecimento da legitimidade política.

Esse processo se insere no paradigma mais amplo das cidades inteligentes, em que sistemas interconectados produzem dados para subsidiar decisões rápidas e baseadas em evidências. Singleton (2018) e Nogueira (2017) enfatizam que a mobilidade urbana é uma das áreas mais impactadas por esse modelo, já que informações contínuas sobre deslocamentos permitem respostas ágeis a flutuações da demanda. Alves (2019) complementa que a análise preditiva, aplicada a esses dados, permite não apenas reações imediatas, mas também planejamento estratégico de longo prazo.

Outro conceito central é a interoperabilidade, definida como a capacidade de diferentes sistemas se comunicarem de forma integrada. Garcia e Almeida (2014) ressaltam que a

interoperabilidade elimina redundâncias e aumenta a confiabilidade dos dados, ao passo que Oliveira e Andrade (2010) demonstram que soluções interoperáveis têm maior sustentabilidade, pois se adaptam a novas tecnologias sem perda de desempenho.

No campo da mobilidade urbana, a interoperabilidade conecta sistemas de contagem de passageiros, bilhetagem eletrônica, reconhecimento facial e sensores ambientais, criando um ecossistema digital de governança (SOUZA, 2018). Silva e Oliveira (2018) destacam que essa integração fortalece a accountability ao ampliar a transparência e facilitar o controle social. Além disso, plataformas interoperáveis permitem expansão do sistema para diferentes municípios, ampliando seu impacto regional e nacional.

A literatura também alerta para os desafios éticos e técnicos relacionados ao uso massivo de dados digitais na gestão pública. Silva e Oliveira (2018) e Souza (2018) apontam que privacidade, proteção de dados e inclusão digital são questões centrais que precisam ser consideradas em projetos de cidades inteligentes. A coleta e análise de grandes volumes de informações sobre deslocamentos urbanos exigem protocolos robustos de segurança e políticas claras de uso.

Nesse sentido, a pesquisa sobre contagem digital de passageiros não se limita à dimensão técnica, mas envolve discussões sobre direitos, cidadania e equidade. A inserção de algoritmos de visão computacional e de inteligência artificial amplia a acurácia do sistema, mas também demanda cuidados adicionais com vieses algorítmicos e impactos sociais.

3. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido em etapas:

1. Revisão bibliográfica sobre tecnologias de monitoramento e mobilidade urbana.
2. Levantamento de requisitos com gestores públicos e análise comparativa de sistemas existentes.
3. Desenvolvimento modular do software, incluindo boas práticas de engenharia (testes automatizados, versionamento, arquitetura em servidor).
4. Testes com dados simulados e em campo em duas linhas de ônibus municipais.

5. Adoção de métodos ágeis, com sprints curtos e entregas incrementais, garantindo ajustes contínuos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes em campo: O protótipo alcançou 93% de confiabilidade na contagem de passageiros. As falhas ocorreram em cenários de superlotação e movimento simultâneo, sugerindo necessidade de algoritmos de visão computacional.

Análise de dados: Os relatórios mostraram horários críticos e períodos de baixa demanda, fornecendo insumos para redistribuição da frota. A comparação com observação manual confirmou a viabilidade do sistema.

Impacto social: A disponibilização de relatórios fortaleceu a transparência e a accountability da gestão pública, ampliando a confiança da sociedade.

Escalabilidade: A arquitetura modular garante replicabilidade em outros municípios, alinhando-se ao paradigma das cidades inteligentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto atingiu seu objetivo de desenvolver um sistema digital inteligente para contagem de passageiros. Os testes confirmaram robustez técnica e relevância social.

- Contribuições principais: confiabilidade acima de 90%, integração hardware/software, relatórios de apoio à gestão e potencial de replicação.
- Limitações: margem de erro em superlotação, que poderá ser reduzida com visão computacional.
- Perspectivas futuras: ampliar testes, integrar algoritmos de inteligência artificial e disponibilizar informações diretamente aos usuários via aplicativos móveis

REFERÊNCIAS

- ALVES, Carolina. *Tecnologia e inovação em bilhetagem eletrônica*. Revista Tecnologia e Transporte, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 15-25, 2019.
- BEZERRA, Maria C.; FARIA, Carlos A. P. Accountability e gestão pública: desafios contemporâneos. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 51, n. 1, p. 21-40, 2017.
- FARIA, Ana Carolina P.; OLIVEIRA, João Paulo M. de. Tarifa zero e seus impactos na mobilidade urbana. *Transportes em Revista*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 7-22, 2020.
- GARCIA, Gilvan A.; ALMEIDA, José L. A. *Sistemas eletroeletrônicos: dispositivos e aplicações*. São Paulo: Saraiva, 2014.
- NOGUEIRA, Luiz A. H. Integração tarifária e sistemas de bilhetagem eletrônica. *Anais do Congresso Brasileiro de Transporte Público*, São Paulo, 2017.
- OLIVEIRA, André S. de; ANDRADE, Fernando S. de. *Sistemas embarcados: hardware e firmware na prática*. São Paulo: Saraiva, 2010.
- PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- SILVA, Marcelo T.; OLIVEIRA, Thiago A. Tecnologias de informação e a gestão pública municipal. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 123-144, 2018.
- SINGLETON, Patrick W. Zero-fare transit. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v. 15, n. 4, p. 732, 2018.
- SOMMERVILLE, Ian. *Engenharia de software*. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011.
- SOUZA, Roberto M. de. Catracas eletrônicas e controle de acesso no transporte público. *Revista Transportes em Foco*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 30-40, 2018.