

ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DE SENSORES IOT PARA MONITORAMENTO DE TRÁFEGO URBANO EM UM CONTEXTO DE CIDADES INTELIGENTES

Guilherme da Silva Vitorino¹

Júlio César Carou Félix de Lima²

Olinda Nogueira Paes Rizzo³

Resumo

Introdução

O fenômeno da urbanização global tem sido uma das transformações mais marcantes do século XXI. Com uma parcela crescente da população mundial residindo em áreas urbanas, as cidades enfrentam uma complexidade cada vez maior em sua infraestrutura e serviços. A mobilidade urbana, em particular, tornou-se um dos maiores desafios, caracterizada por congestionamentos crônicos, aumento da poluição atmosférica e sonora, e um número elevado de acidentes de trânsito. Esses problemas não apenas comprometem a qualidade de vida dos habitantes, mas também geram perdas econômicas significativas e impactam negativamente o meio ambiente. A necessidade de soluções inovadoras para gerenciar esses desafios é premente, visando a criação de ambientes urbanos mais eficientes, sustentáveis e habitáveis.

Nesse contexto, o conceito de Cidades Inteligentes (Smart Cities) emerge como uma abordagem estratégica para integrar tecnologias avançadas e inovação na gestão urbana. Uma Cidade Inteligente é definida como um ecossistema que utiliza Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, otimizar a eficiência dos serviços urbanos e promover a sustentabilidade, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais. A Internet das Coisas (IoT) desempenha um papel central nesse paradigma, atuando como um habilitador fundamental para a coleta de dados em tempo real. Dispositivos IoT, como sensores e atua-

dores interconectados por redes de comunicação, permitem a captura e o compartilhamento de informações sobre diversos aspectos da vida urbana, incluindo o tráfego. Essa capacidade de coleta massiva de dados é crucial para o desenvolvimento de sistemas de gestão de tráfego mais dinâmicos e responsivos.

Entretanto, os sistemas tradicionais de gestão de tráfego, muitas vezes baseados em temporizadores fixos ou dados históricos limitados, mostram-se inadequados para lidar com a natureza dinâmica e imprevisível do tráfego urbano moderno. Essa limitação resulta em ineficiências, como longos tempos de espera em semáforos, rotas subutilizadas e dificuldades na resposta a eventos inesperados, como acidentes ou grandes eventos. A ausência de dados em tempo real e a incapacidade de adaptar-se rapidamente às condições de tráfego em constante mudança são as principais deficiências desses sistemas. Portanto, há uma clara necessidade de desenvolver e implementar soluções que permitam o monitoramento contínuo e a gestão adaptativa do tráfego, aproveitando o potencial das tecnologias emergentes.

A aplicação de sensores IoT para o monitoramento de tráfego urbano representa um avanço significativo na busca por cidades mais inteligentes e eficientes. A capacidade de coletar dados precisos e em tempo real sobre o fluxo de veículos, a densidade do tráfego e as condições das vias permite uma tomada de decisão mais informada e a implementação de estratégias de gestão proativas.

Os benefícios potenciais incluem a redução drástica de congestionamentos, a diminuição do tempo de viagem, a otimização do consumo de combustível e a consequente redução

¹Graduando em Engenharia da Computação da Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: guilherme.silva.vitorino@gmail.com.

²Professor Mestre, Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: jclima@prof.unisa.br.

³Professora Mestra, Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: orizzo@prof.unisa.br.

das emissões de gases poluentes. Além disso, a melhoria da segurança viária por meio da detecção rápida de incidentes e da capacidade de direcionar veículos de emergência de forma eficiente são aspectos cruciais. Esse estudo justifica-se pela relevância de explorar e consolidar o conhecimento sobre como os sensores *IoT* podem transformar a mobilidade urbana, contribuindo para a sustentabilidade e a qualidade de vida nas cidades.

Por fim, este artigo está organizado em seções que abordam desde os fundamentos teóricos até a aplicação prática de sensores *IoT* no monitoramento de tráfego urbano.

Após esta introdução, a Seção 2 detalha os objetivos geral e específicos do estudo.

A Seção 3 descreve a metodologia de pesquisa adotada, incluindo o tipo de estudo, a coleta e análise de dados.

A Seção 4, intitulada Desenvolvimento, explora os fundamentos da *IoT* para monitoramento de tráfego, os tipos de sensores e as tecnologias de comunicação e processamento de dados.

A Seção 5, Resultados e Discussão, apresenta estudos de caso reais, os benefícios e os desafios da implementação de soluções *IoT* para o tráfego urbano. Finalmente, a Seção 6, Conclusão, resume os achados, discute as limitações do estudo e sugere trabalhos futuros.

Objetivos

Analisar a aplicação de sensores *IoT* no monitoramento e gestão do tráfego urbano em cidades inteligentes, visando a otimização da mobilidade e a redução de impactos negativos.

Objetivos Específicos

- Identificar os tipos de sensores *IoT* utilizados no monitoramento de tráfego urbano.
- Descrever as tecnologias e arquiteturas de comunicação empregadas em sistemas de monitoramento de tráfego baseados em *IoT*.

- Avaliar os benefícios e desafios da implementação de soluções de monitoramento de tráfego com *IoT* em estudos de caso reais.
- Propor diretrizes para a integração de dados de sensores *IoT* em plataformas de gestão de tráfego urbano

Metodologia

Tipo de Pesquisa

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa. A natureza exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e permitindo a construção de hipóteses. A abordagem descritiva busca descrever as características de determinada população ou fenômeno, estabelecendo relações entre variáveis. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, que consiste na identificação, seleção, avaliação e síntese de estudos relevantes sobre o tema, a fim de responder a uma questão de pesquisa específica (Jena; Mishra; Mohanty, 2021).

Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada por meio da consulta a diversas fontes de informação acadêmicas e técnicas. As fontes primárias incluíram artigos científicos publicados em periódicos e anais de conferências, teses e dissertações. Adicionalmente, foram consultados relatórios técnicos de órgãos governamentais, empresas especializadas e organizações internacionais que atuam no desenvolvimento de cidades inteligentes e soluções de mobilidade urbana. A busca por esses documentos foi orientada por palavras-chave relacionadas ao tema, como “sensores *IoT*”, “monitoramento de tráfego urbano”, “cidades inteligentes”, “gestão de tráfego” e “estudo de caso”.

Critérios de Seleção

As bases de dados utilizadas para a pesquisa bibliográfica foram Google Scholar, IEEE Xplore, ACM Digital Library e repositórios de uni-

versidades brasileiras, como USP, Unicamp e UFRJ. Foram priorizados artigos publicados nos últimos dez anos, garantindo a relevância e a atualidade das informações coletadas.

Os critérios de inclusão consideraram trabalhos que abordassem a aplicação de sensores IoT para o monitoramento de tráfego urbano, estudos de caso de implementação dessas tecnologias e discussões que apresentassem os benefícios e desafios relacionados a essas soluções. Por outro lado, foram excluídos documentos sem clareza metodológica, duplicados ou que não estivessem diretamente relacionados ao escopo da pesquisa.

Análise dos Dados

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, utilizando a técnica de análise de conteúdo. Os documentos selecionados foram lidos e categorizados com base em temas emergentes, como tipos de sensores utilizados, arquiteturas de sistemas IoT, tecnologias de comunicação empregadas, metodologias de implementação, resultados alcançados, benefícios identificados e desafios enfrentados. Essa abordagem permitiu a identificação de padrões, tendências e lacunas no conhecimento existente, fornecendo subsídios para a construção das seções de desenvolvimento e discussão do artigo. As informações relevantes foram sintetizadas e organizadas para apresentar uma visão abrangente e aprofundada sobre o tema proposto.

Resultados e Discussão

Estudos de Caso de Aplicação de Sensores IoT no Tráfego Urbano

A implementação de sistemas de monitoramento de tráfego baseados em IoT tem sido uma prioridade para diversas cidades ao redor do mundo, buscando otimizar a mobilidade e melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos. A seguir, são apresentados alguns estudos de caso que ilustram a aplicação prática dessas tecnologias e os resultados obtidos:

Estudo de Caso 1: Cingapura – Sistema de Gerenciamento de Tráfego Inteligente (ITMS)

Cingapura é frequentemente citada como um exemplo global de cidade inteligente, com um dos sistemas de gerenciamento de tráfego mais avançados do mundo. O Intelligent Transport System (ITS) de Cingapura integra uma vasta rede de sensores IoT, incluindo câmeras de tráfego, detectores de veículos em loops indutivos e sensores GPS em táxis e ônibus. Esses sensores coletam dados em tempo real sobre o fluxo de tráfego, velocidade e ocupação das vias. Os dados são processados por algoritmos de IA para prever congestionamentos, otimizar os tempos dos semáforos e fornecer informações de tráfego em tempo real aos motoristas. Os resultados incluem uma redução significativa nos tempos de viagem, especialmente durante os horários de pico, e uma diminuição nos acidentes de trânsito (SINGH, 2019). A cidade também implementou um sistema de precificação de congestionamento eletrônico (ERP) que ajusta as tarifas de pedágio com base nas condições de tráfego, incentivando os motoristas a escolherem rotas ou horários menos congestionados.

Estudo de Caso 2: Barcelona, Espanha – Plataforma Sentilo e Smart City

Barcelona tem se destacado na implementação de soluções de cidade inteligente, utilizando uma plataforma de sensores abertos chamada Sentilo. Embora não seja exclusivamente focada em tráfego, a Sentilo integra dados de diversos sensores urbanos, incluindo aqueles relacionados à mobilidade. Sensores de estacionamento inteligentes, por exemplo, informam a disponibilidade de vagas em tempo real, reduzindo o tempo que os motoristas gastam procurando estacionamento e, consequentemente, o congestionamento. Além disso, a cidade utiliza sensores para monitorar o fluxo de pedestres e veículos em áreas específicas, permitindo a otimização de rotas e a gestão de eventos. A abordagem de Barcelona demonstra como a integração de dados de diferentes fontes pode criar uma visão holística da cidade, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos (Ajuntament de Barcelon, 2025).

Estudo de Caso 3: Rio de Janeiro, Brasil – Centro de Operações Rio (COR)

O Centro de Operações Rio (COR) é um exemplo notável de como a tecnologia pode ser utilizada para gerenciar uma cidade complexa como o Rio de Janeiro. O COR integra dados de mais de 60 órgãos e empresas, incluindo informações de tráfego provenientes de câmeras de monitoramento, sensores de velocidade e dados de GPS de veículos de transporte público. Embora não seja um sistema puramente baseado em IoT, ele utiliza a coleta de dados em tempo real para monitorar o tráfego, identificar incidentes (acidentes, engarrafamentos) e coordenar a resposta das equipes de emergência. A capacidade de visualizar e gerenciar o tráfego em tempo real permite que o COR tome decisões rápidas para minimizar o impacto de eventos no fluxo de veículos, como o ajuste de semáforos e o desvio de rotas (Hojda; Martins; Fariniuk, 2020).

Estudo de Caso 4: Los Angeles, EUA – Adaptive Traffic Control System (ATCS)

Los Angeles, conhecida por seus vastos congestionamentos, implementou o Adaptive Traffic Control System (ATCS), um dos maiores sistemas de controle de tráfego adaptativo do mundo. O sistema utiliza mais de 4.500 sensores em loops indutivos e câmeras de vídeo em cruzamentos para coletar dados sobre o volume de tráfego e a ocupação das vias. Esses dados são alimentados em um sistema central que ajusta os tempos dos semáforos em tempo real para otimizar o fluxo de tráfego. O ATCS tem sido fundamental para reduzir os tempos de viagem, diminuir o consumo de combustível e as emissões de poluentes, e melhorar a fluidez do tráfego em toda a cidade. A capacidade de adaptação do sistema às condições de tráfego em constante mudança é um fator chave para seu sucesso (Automated Traffic Surveillance And Control, 2025).

Benefícios da IoT na Gestão de Tráfego

A aplicação de sensores IoT no monitoramento e gestão de tráfego urbano oferece uma série de benefícios que impactam diretamente a eficiência, segurança e sustentabilidade das cidades:

Melhoria da Fluidez do Tráfego e Redução de congestionamentos

A coleta de dados em tempo real permite que os sistemas de gestão de tráfego identifiquem gargalos e congestionamentos de forma proativa. Com base nessas informações, é possível ajustar os tempos dos semáforos, redirecionar o tráfego para rotas menos congestionadas e otimizar a utilização da infraestrutura viária. Isso resulta em uma melhor fluidez do tráfego e uma redução significativa nos congestionamentos, especialmente em horários de pico (Jena; Mishra; Mohanty, 2021).

Otimização do Tempo de Viagem e Consumo de Combustível

Ao reduzir os congestionamentos e otimizar o fluxo de tráfego, os sistemas baseados em IoT contribuem para a diminuição do tempo de viagem dos motoristas e passageiros. Menos tempo parado no trânsito significa menor consumo de combustível e, consequentemente, economia para os usuários e para a cidade como um todo (Channappa, 2019).

Aumento da Segurança Viária

Sensores IoT podem detectar acidentes, veículos parados, objetos na pista e outras situações de risco em tempo real. Essa detecção rápida permite que as autoridades de trânsito respondam prontamente, enviando equipes de emergência e alertando outros motoristas. Além disso, a análise de dados de tráfego pode identificar pontos críticos de acidentes, permitindo a implementação de medidas preventivas e a melhoria da sinalização (Jena; Mishra; Mohanty, 2021).

Contribuição para a Sustentabilidade Urbana

A redução de congestionamentos e a otimização do fluxo de tráfego resultam em uma diminuição das emissões de gases poluentes e do ruído veicular. Veículos parados ou em baixa velocidade em congestionamentos consomem mais combustível e emitem mais poluentes. Ao melhorar a fluidez, os sistemas IoT contribuem para um ambiente urbano mais limpo e saudável, alinhando-se aos objetivos de sus-

tentabilidade das cidades inteligentes (Martins et al., 2024).

Gestão de Estacionamento Inteligente

Sensores de estacionamento podem informar a disponibilidade de vagas em tempo real, guiando os motoristas diretamente para os locais disponíveis. Isso reduz o tráfego de busca por estacionamento, que é uma causa significativa de congestionamento em áreas urbanas, e otimiza a utilização dos espaços de estacionamento (Khanna; Anand, 2016).

Melhoria da Resposta a Emergências

Em situações de emergências, como acidentes ou desastres naturais, a capacidade de monitorar o tráfego em tempo real e controlar os semáforos permite que veículos de emergência (ambulâncias, bombeiros, polícia) cheguem ao local mais rapidamente, salvando vidas e minimizando danos (Subramaniam; Ganesan, 2023).

Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo analisar a aplicação de sensores IoT no monitoramento e gestão do tráfego urbano em cidades inteligentes, buscando otimizar a mobilidade e reduzir impactos negativos. A pesquisa permitiu identificar os principais tipos de sensores utilizados, bem como as tecnologias e arquiteturas de comunicação mais relevantes, além de evidenciar os benefícios e desafios do uso dessas soluções.

A análise de casos reais demonstrou que a adoção de sensores IoT e plataformas inteligentes pode melhorar a fluidez do tráfego, reduzir congestionamentos, otimizar tempos de deslocamento, aumentar a segurança viária e contribuir para a sustentabilidade urbana. Os resultados consolidados confirmam a relevância dessa abordagem como suporte estratégico para gestores públicos e urbanistas que buscam aprimorar a mobilidade em ambientes urbanos.

Palavras-chave

Mobilidade urbana; Cidades inteligentes; Internet das coisas; Tecnologias de comunicação; Segurança viária.

Referências

AJUNTAMENT DE BARCELONA. Sentilo, the Barcelona Sensors Network. [S. l.], [2025]. Disponível em: <https://ajuntament.barcelona.cat/digital/en/technology-service-citizens/technology-sustainable-city/sentilo-barcelona-sensors-network>. Acesso em: 31 ago. 2025.

AUTOMATED TRAFFIC SURVEILLANCE AND CONTROL (ATSAC). Los Angeles, [2025]. Disponível em: <https://ladot.lacity.gov/projects/transportation-technology/atsac>. Acesso em: 31 ago. 2025.

CASTRO, D. G.; OLIVEIRA, L. P.; FERREIRA, M. B. Privacidade e governança de dados em cidades inteligentes: desafios regulatórios no Brasil. *Revista de Direito, Estado e Telecomunicações*, Brasília, v. 15, n. 1, p. 233-260, 2023.

CHANNAPPA, A. A study on intelligent traffic management using IoT for urban congestion control. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, v. 1, n. 3, p. 85-91, abr. 2019.

HOJDA, A.; MARTINS, P.; FARINIUK, T. D. Da cidade inteligente à inteligência nas operações urbanas: o caso do Centro de Operações Rio. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Jujuy*, n. 58, p. 115-130, jun. 2020.

JENA, M.; MISHRA, I.; MOHANTY, M. Intelligent Traffic Monitoring and Signaling for Smart Cities: A Review. *International Journal of Engineering and Science Invention (IJESI)*, v. 10, n. 12 Series II, p. 40-45, dez. 2021.

KHANNA, A.; ANAND, R. IoT based smart parking system. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERNET OF THINGS AND APPLICATIONS (IOTA)*, 2016, [S. l.].

MARTINS, J. S. B.; PERIN, A. O.; CASTRO, H. U.; FILHO, E. B. O. Cidade inteligente na contemporaneidade com internet das coisas e inteligência artificial. *Gestão & Planejamento*, Salvador, v. 25, p. 277-296, jan./dez. 2024. DOI: 10.53706/gep.v.25.9167.

MORAES, R. A.; ALMEIDA, F. A. Aceitação social de tecnologias de vigilância em espaços urbanos: percepção de privacidade e confiança institucional. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, Brasília, v. 11, n. 2, p. 98-115, 2021.

SARRAB, M.; PULPARAMBIL, S.; AWADALLA, M. Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance. *Global Transitions*, [S. l.], v. 2, p. 1-10, 2020.

SINGH, S. IoT based intelligent transportation system (IoT-ITS) for global perspective: A case study. In: *Intelligent Computing and Communication*. Singapore: Springer, 2019. p. 135-144.

SUBRAMANIAM, S.; GANESAN, S. I. An optimal control strategy for emergency vehicle priority system in smart cities using edge computing and IOT sensors. *Measurement: Sensors*, [S. l.], v. 26, p. 100697, 2023.