



MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE: INFRAESTRUTURAS, TECNOLOGIAS E DESAFIOS SOCIOECONÔMICOS NA TRANSFORMAÇÃO DE CIDADES BRASILEIRAS

Geísa Pereira Marcílio Nogueira

Universidade Candido Mendes | geisa.marcilio@ucam-campos.br

Lia Hasenclever

Universidade Candido Mendes | lia@ie.ufrj.br

Fábio Freitas da Silva

Universidade Candido Mendes | fabio1_freitas@hotmail.com

Sessão Temática 8: Mobilidade Urbana e direito à cidade

Resumo: O atual processo de urbanização no Brasil tem gerado desafios significativos para a mobilidade nas grandes cidades, como congestionamento, poluição, ineficiência dos sistemas de transporte e comprometimento da qualidade de vida. Assim, a mobilidade urbana inteligente surge como uma alternativa promissora, utilizando tecnologias como a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial, para melhorar o fluxo de pessoas e bens. Nesse contexto, o objetivo desse artigo é analisar o estado atual da mobilidade inteligente no Brasil, identificando desafios, inovações e oportunidades para o desenvolvimento de soluções tecnológicas no setor. Adotou-se uma abordagem qualitativa, fundamentada em uma revisão bibliográfica de artigos científicos. Os resultados indicam que, embora o Brasil apresente iniciativas importantes em algumas cidades a implementação de soluções de mobilidade inteligente é limitada por questões estruturais, culturais e políticas. O estudo conclui que, para alcançar um avanço significativo, é necessário um maior investimento em infraestrutura e políticas públicas integradoras, além da adaptação de tecnologias às realidades locais.

Palavras-chave: Mobilidade urbana inteligente; Desafios; Tecnologias; Infraestrutura; Sustentabilidade.

INTELLIGENT URBAN MOBILITY: INFRASTRUCTURES, TECHNOLOGIES AND SOCIOECONOMIC CHALLENGES IN THE TRANSFORMATION OF BRAZILIAN CITIES

Abstract: *The current urbanization process in Brazil faces significant challenges for mobility in large cities, such as congestion, pollution, inefficiency of transportation systems and compromised quality of life. Thus, intelligent urban mobility emerges as a promising alternative, using technologies such as Internet of Things and Artificial Intelligence, to improve the flow of people and benefits. Nesse context, the objective of this article is to analyze the current state of intelligent mobility in Brazil, identifying challenges, innovations and opportunities for the development of technological solutions in the sector. It adopts a qualitative approach, based on a bibliographic review of scientific articles. The results indicate that, even in Brazil, important initiatives in some cities to implement smart mobility solutions are limited by structural, cultural and political issues. The study concluded that, to achieve significant progress, greater investment in infrastructure and integrative public policies is necessary, in addition to the adaptation of technologies to local realities.*

Keywords: *Intelligent urban mobility; Challenges; Technologies; Infrastructure; Sustainability.*

MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE: INFRAESTRUTURAS, TECNOLOGIAS E DESAFIOS SOCIOECONÔMICOS NA TRANSFORMAÇÃO DE CIDADES BRASILEIRAS

Resumen: *El actual proceso de urbanización en Brasil ha generado importantes desafíos para la movilidad en las grandes ciudades, como congestión, contaminación, ineficiencia de los sistemas de transporte y compromiso de la calidad de vida. Así, la movilidad urbana inteligente surge como una alternativa prometedora, utilizando tecnologías como el Internet de las Cosas y la Inteligencia Artificial, para mejorar el flujo de personas y bienes. En este contexto, el objetivo de este artículo es analizar el estado actual de la movilidad inteligente en Brasil, identificando desafíos, innovaciones y oportunidades para el desarrollo de soluciones tecnológicas en el sector. Se adoptó un enfoque cualitativo, basado en una revisión bibliográfica de artículos científicos. Los resultados indican que, aunque Brasil presenta iniciativas importantes en algunas ciudades, la implementación de soluciones de movilidad inteligente está limitada por cuestiones estructurales, culturales y políticas. El estudio concluye que, para lograr avances significativos, es necesaria una mayor inversión en infraestructura y políticas públicas integradoras, además de la adaptación de las tecnologías a las realidades locales.*

Palabras clave: *Movilidad urbana inteligente; Desafíos; Tecnologías; infraestructura; Sostenibilidad.*

INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um dos principais desafios enfrentados pelas cidades contemporâneas, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Segundo a Organização das Nações Unidas, até 2050, 68% da população mundial viverá em áreas urbanas, agravando problemas já existentes, como congestionamentos, poluição do ar e ineficiência nos sistemas de transporte. No Brasil, os números são ainda mais alarmantes, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o tempo médio gasto em deslocamentos nas grandes cidades é de 1h20 por dia. Tais desafios impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas e no desenvolvimento econômico das cidades, haja vista, o tempo perdido com os deslocamentos (IPSOS, 2019).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) vigente é fundamentada em princípios como acessibilidade universal, desenvolvimento sustentável (nas dimensões socioeconômicas e ambientais), equidade no acesso, eficiência, eficácia, efetividade na prestação dos serviços de transporte e segurança nos deslocamentos. A partir disso, a PNMU tem como objetivo reduzir as desigualdades, promover a inclusão social, proporcionar melhoria nas condições urbanas da população e mitigar os custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades (Ministério das Cidades, 2013). Nesse contexto, Pires; Pires (2016) afirmam que a mobilidade é um atributo das cidades e se refere à facilidade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano, ou seja, é o resultado da interação entre os deslocamentos das pessoas e bens. Lopes; Martorelli, Costa (2020) acrescentam que o conceito de mobilidade urbana diz respeito à capacidade de viabilizar com qualidade os deslocamentos diários pela cidade para fins de trabalho, estudo, lazer e serviços.

Diante do cenário de crescimento populacional e aumento das demandas logísticas e de transporte, surgiu o conceito de mobilidade urbana a partir da popularidade das cidades inteligentes e alinhado com os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela ONU (Paiva *et al.*, 2021). Com isso, a mobilidade inteligente surge como uma alternativa promissora que utiliza tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e *Big Data*, para criar sistemas de transporte mais eficientes, sustentáveis e acessíveis (Fachinelli, 2023). A mobilidade inteligente visa não apenas melhorar a gestão do tráfego, mas também integrar diferentes modais de transporte, permitindo que as cidades se adaptem às necessidades de seus habitantes (Azevedo; Oliveira, 2020).

Recentemente, a pesquisa em mobilidade urbana inteligente tem se concentrado em tecnologias emergentes que prometem revolucionar ainda mais o setor. Entre as inovações mais promissoras estão os veículos elétricos autônomos, que já estão em fase de testes em países como Estados Unidos e China (Santos; Pereira, Castañon, 2022). Além disso, plataformas de mobilidade compartilhada, como bicicletas e *scooters* elétricas, estão se popularizando como alternativas de micromobilidade, especialmente em centros urbanos densamente povoados (Cerutti *et al.*, 2019). No campo da análise de dados, o uso de *Big Data*

tem permitido prever e evitar congestionamentos em tempo real, otimizando rotas de transporte público e reduzindo o tempo de deslocamento (Paiva *et al.*, 2021). Cidades como Cingapura e Barcelona lideram essa transformação, investindo em redes de transporte público automatizadas e veículos autônomos, mostrando o potencial dessas inovações para reduzir congestionamentos e emissões de carbono (Santos; Pereira, Castañon, 2022).

No Brasil, a implementação de soluções de mobilidade inteligente ainda é desigual, mas avanços importantes têm sido observados em cidades como São Paulo e Curitiba, que já estão adotando sistemas integrados de transporte público e investindo em soluções tecnológicas para a gestão de tráfego. No entanto, os desafios são numerosos: a infraestrutura urbana ainda é insuficiente para suportar inovações tecnológicas em larga escala e a falta de políticas públicas unificadas limita a adoção dessas soluções em todo o país. Ainda assim, o potencial da mobilidade inteligente para transformar a vida urbana no Brasil é imenso, principalmente no que diz respeito à redução de emissões de carbono e à melhoria da acessibilidade para populações marginalizadas (Fryszman; Carstens, Cunha, 2019).

Diante disso, o objetivo desse artigo é analisar o estado atual da mobilidade urbana inteligente no Brasil, identificando desafios, inovações e oportunidades para o desenvolvimento de soluções tecnológicas no setor. Serão discutidos os principais obstáculos à implementação dessas soluções, as iniciativas já em andamento, bem como as possíveis estratégias para tornar a mobilidade urbana brasileira mais inteligente e sustentável. Na presente pesquisa, adotou-se uma abordagem qualitativa, fundamentada em uma revisão bibliográfica. Foram analisados artigos científicos focados em estudos sobre o conceito de mobilidade urbana inteligente e suas aplicações no contexto nacional. A seleção dos artigos foi realizada partir de bases de dados como Scopus, Scielo e Google Acadêmico, utilizando-se descritores como “mobilidade inteligente”, “cidades inteligentes” e “transporte urbano”.

Além da contextualização sobre mobilidade urbana presente nesta seção, o restante do artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 disserta sobre infraestruturas e tecnologias para mobilidade inteligente considerando a integração de modais e possíveis soluções inovadoras. A seção 3 aborda os principais desafios socioeconômicos e sustentáveis na implementação de mobilidade inteligente. Por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

INFRAESTRUTURAS E TECNOLOGIAS PARA MOBILIDADE INTELIGENTE: INTEGRAÇÃO DE MODAIS E SOLUÇÕES INOVADORAS

Santos; Pereira, Castañon, (2022) destacaram diversas soluções como infraestruturas cicloviárias e transporte público integrado para enfrentar os desafios de mobilidade urbana em países asiáticos, europeus e sul-americanos, observando que a eficácia dessas iniciativas está diretamente relacionada a fatores como o tamanho da população, a cultura local e as possibilidades de investimentos. Ao se pensar em soluções para serem adotadas no Brasil,

deve-se considerar as especificidades territoriais, econômicas, sociais e culturais vividas pelos brasileiros.

O Brasil é caracterizado por uma grande diversidade geográfica e desigualdades regionais, que influenciam diretamente a viabilidade e a eficácia de diferentes soluções de mobilidade. Em grandes centros urbanos brasileiros, existe uma necessidade urgente de expansão e modernização do transporte público, enquanto em cidades de porte médio, o investimento em infraestruturas como ciclovias ou sistemas de transporte coletivo integrados pode ser mais apropriado (Sa; Júnior, Bandeira, 2022). Enquanto cidades como São Paulo e Rio de Janeiro possuem desafios semelhantes aos enfrentados por cidades europeias ou asiáticas, cidades menores e regiões menos desenvolvidas enfrentam dificuldades relacionadas à falta de recursos, infraestrutura e investimentos. Nessas áreas, o transporte público, por exemplo, esbarra em problemas como a precariedade das vias, falta de incentivos econômicos e a limitada capacidade de investimento público. Desconsiderar essas particularidades dos espaços urbanos pode inviabilizar ou levar ao fracasso de projetos que visam a mobilidade urbana inteligente e, além disso, reforçar crenças negativas sobre essa temática, perpetuando a ideia de que essas iniciativas são ineficazes ou elitistas (Santos; Pereira, Castañon, 2022).

Cruz; Paulino (2019) abordam a questão da mobilidade urbana, ressaltando que, especialmente nas megacidades, aspectos relacionados ao uso e ocupação dos solos, problemas ambientais e socioeconômicos precisam estar presentes nas discussões. Para os autores, a integração do transporte ativo (para a micromobilidade) com o transporte público além de procurar atenuar esses problemas deve promover o acesso universal de toda a população à cidade. No estudo analisado, os autores observaram que as ações realizadas ocorreram no tratamento da infraestrutura viária para pedestres, tais como alteração do limite de velocidade dos veículos e sinalização horizontal, contudo não foram introduzidos serviços de tratamento cicloviário. Os autores destacaram ainda as potencialidades para inovações para o aprimoramento de serviços públicos, porém verificaram certa resistência política e em parte da população para projetos que priorizem a mobilidade ativa em detrimento do espaço do automóvel (principalmente vagas de estacionamento).

A questão da resistência para a mobilidade ativa apontada por Cruz; Paulino (2019) é complementada por Santos; Pereira, Castañon, (2022) quando estes ressaltam a existência de uma cultura do uso do automóvel profundamente enraizada em muitos centros urbanos. O que torna a aceitação de soluções alternativas como o uso da bicicleta ou a integração de modais algo difícil de ser implementado em larga escala. Por isso, políticas que promovam o transporte ativo ou até mesmo o transporte público, como observado na Europa, podem encontrar resistência em áreas onde o carro é visto como símbolo de status.

Diversas pesquisas convergem que a integração de modais é um ponto crucial para a mobilidade urbana inteligente. Cerutti *et al.* (2019), apontam que o sistema de bicicletas compartilhadas é uma alternativa de transporte com menor impacto ambiental comparado a

veículos motorizados contribuindo para a mobilidade sustentável. Contudo, enfrenta desafios significativos em termos de desigualdade de acesso, haja vista, a utilização majoritária dos grupos de maior renda, infraestrutura limitada e impactos ambientais indiretos. A análise revelou que a adoção do sistema foi positiva, mas o uso das bicicletas está limitado a determinadas áreas da cidade, fazendo com que regiões periféricas ou mais distantes do centro sofram com uma infraestrutura cicloviária precária ou inexistente, o que restringe o acesso e a eficácia do sistema. Para maximizar seu potencial, a pesquisa sugere que são necessárias políticas públicas para melhorar a integração com outros modais, aumentar a segurança e reduzir as emissões associadas à operação do sistema.

Lerman *et al.* (2020) apontam que a escolha dos meios de transporte utilizados pode ser afetada tanto pela situação financeira como pelas preferências pessoais, tais como, aptidão por exercício físico ou por tecnologia, mobilidade pessoal, estilo de vida, acesso ao transporte público e consciência ambiental. O estudo também mostrou que, frente aos problemas que o excesso de trânsito provoca, os cidadãos criam suas próprias soluções alternativas, incluindo, por exemplo, o uso da bicicleta que é um meio de transporte muito conveniente em relação à sustentabilidade, contudo, apresenta problemas como maiores tempos de deslocamentos e exposição direta à altas temperaturas solares em extensos períodos do dia.

Santos; Pereira, Castañon, (2022) expuseram um panorama sobre possíveis soluções para problemas de mobilidade urbana no Brasil e que já são adotados ao redor do mundo. Dentre elas, tem-se o uso do *Bus Rapid Transit* (BRT) com vias exclusivas para ônibus biarticulados e patinetes elétricas, utilizados em algumas cidades brasileiras. E, ainda, outras soluções encontradas no cenário internacional e que poderiam, mediante estudos de viabilidade de eventuais adaptações, serem implementados no Brasil. Dentre elas, estão o pedágio urbano cujo objetivo é estimular a o transporte coletivo; uso de teleféricos aproveitando a presença de relevo montanhoso; ciclovias suspensas oferecendo mais segurança e rapidez para os ciclistas; centros com calçamentos amplos e nivelados, dispensando o uso de veículos motorizados.

Dentre as alternativas inovadoras, os ônibus híbridos, movidos a eletricidade e biodiesel, contribuem para a mitigação das emissões de carbono. Do ponto de vista social e ambiental, a utilização dessa tecnologia contribui para atingir o desenvolvimento sustentável, contudo, em relação à sustentabilidade econômica, ainda não é satisfatória quando comparada aos veículos tradicionais. Na cidade de Curitiba, por exemplo, observa-se que a transição energética ainda é incipiente e representa apenas um potencial de mudança para uma mobilidade urbana inteligente, conforme evidenciado por Fryszman; Carstens, Cunha, (2019).

Conforme relatado por Silva *et al.* (2023), a transição energética no setor de transportes tem sido impulsionada pela necessidade de reduzir as emissões de carbono e combater as mudanças climáticas. Isso envolve a migração dos combustíveis fósseis para fontes renováveis e o aumento do uso de veículos elétricos e híbridos. Governos e cidades ao redor do mundo estão implementando políticas para apoiar essa transição, como subsídios para

veículos limpos, infraestrutura de carregamento para veículos elétricos e a eletrificação de frotas de transporte público. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia e a integração das energias renováveis nos sistemas de transporte são aspectos essenciais para garantir uma mobilidade sustentável no longo prazo.

Os veículos autônomos estão transformando o planejamento e a operação do transporte urbano. Com tecnologias avançadas, como IA, sensores, e sistemas de visão computacional, esses veículos são capazes de navegar sem a necessidade de intervenção humana, o que representa um salto significativo em direção à criação de sistemas de transporte mais inteligentes. Uma das principais vantagens dessas inovações é a capacidade de otimização de rotas, utilizando algoritmos para determinar os caminhos mais rápidos e eficientes em tempo real, levando em consideração o tráfego e outros fatores externos. Isso pode resultar em redução de congestionamentos, uma das maiores preocupações nas grandes cidades, e pode ajudar a melhorar significativamente o fluxo de veículos em áreas urbanas densamente povoadas (Santos; Pereira, Castañon, 2022).

Além disso, os veículos autônomos contribuem para a eficiência energética, uma vez que, ao serem programados para dirigir de maneira mais suave e eficiente, reduzem o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes. Esses veículos também têm potencial para melhorar a segurança viária, já que eliminam erros humanos, que são a principal causa de acidentes (Pereira; Castro, Botelho, 2023). Contudo, a introdução dos veículos autônomos também traz desafios significativos. Questões relacionadas à legislação e regulamentação precisam ser abordadas para garantir que esses veículos operem dentro de padrões éticos e legais, especialmente em termos de responsabilidade em caso de acidentes. Além disso, há preocupações sobre a substituição de empregos no setor de transporte, com o potencial impacto socioeconômico sobre os motoristas profissionais. Outro ponto de atenção é a segurança cibernética, já que esses sistemas dependem fortemente de softwares e conexões de rede, tornando-os suscetíveis a ataques que poderiam comprometer não apenas os veículos, mas também a segurança de seus passageiros (Santos; Pereira, Castañon, 2022).

Os avanços tecnológicos estão revolucionando a mobilidade urbana por meio do uso de tecnologias como a conectividade (IoT) e a *Big Data*. Ramalho *et al.* (2020) trazem um contraponto interessante sobre o uso de tecnologias no contexto das cidades inteligentes e que influencia a mobilidade urbana, haja vista, o potencial de redução de veículos de grande porte nos centros urbanos. Os autores propuseram uma solução inovadora para a coleta de resíduos urbanos baseada em IoT para monitorar em tempo real o nível de preenchimento das lixeiras espalhadas pela cidade. Por meio de algoritmos de machine learning, as rotas de coleta são otimizadas, direcionando os caminhões apenas para os locais onde o lixo realmente precisa ser recolhido. Um dos resultados mais notáveis foi a redução dos custos operacionais na coleta de lixo e a promoção da sustentabilidade, ao reduzir as emissões de gases poluentes devido ao menor uso de caminhões de coleta.

Além disso, o desenvolvimento de plataformas digitais para serviços de transporte sob demanda, como aplicativos de carona e compartilhamento de veículos, está facilitando a mobilidade, especialmente em áreas urbanas densas. Essa prática pode gerar benefícios econômicos ao reduzir os custos de transporte para os usuários e ao diminuir a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura de transporte público. Em locais com recursos limitados, essa prática pode ser uma solução de curto a médio prazo para melhorar a mobilidade urbana (Gandia *et al.*, 2021).

Fryszman; Carstens, Cunha, (2019) argumentam que para avançar em direção à mobilidade inteligente, é essencial que as políticas públicas abordem tanto os aspectos técnicos quanto os sociais, criando incentivos econômicos e sociais que estimulem a aceitação de novas tecnologias e a mudança de comportamento da população. Os aspectos técnicos referem-se à implementação de infraestruturas inteligentes, como sensores, sistemas de transporte automatizados e redes de informação interconectadas, que permitem a coleta de dados em tempo real para otimizar o fluxo de veículos e melhorar a segurança. No entanto, apenas a adoção de tecnologia não é suficiente.

Outro fator importante é a necessidade de governança colaborativa. Stuchi *et al.* (2024) destacam que a governança da mobilidade urbana no contexto brasileiro precisa envolver várias camadas de governo, além da participação da comunidade e coordenação entre diferentes atores para tomar decisões, planejar e implementar políticas e projetos relacionados à mobilidade nas cidades. Ou seja, deve abranger não apenas os gestores públicos, mas também a participação ativa da sociedade civil e do setor privado na formulação e execução dessas políticas, a fim de criar soluções integradas e inclusivas que levem em consideração as diferentes realidades e necessidades locais. Esse contexto exige não apenas infraestrutura tecnológica, mas também campanhas de conscientização que promovam os benefícios e a importância da mobilidade inteligente.

A transição para a mobilidade inteligente envolve uma combinação complexa de tecnologia, infraestrutura e aceitação social. A participação cidadã é fundamental para o sucesso das políticas de mobilidade inteligente, no entanto, existem fatores culturais que impactam a aceitação de novas tecnologias e soluções de mobilidade, como a dependência histórica de veículos privados e a resistência a mudanças em práticas tradicionais de transporte. Dada a diversidade de demandas da mobilidade urbana, não é possível indicar um modo de transporte que seja essencialmente melhor, é preciso consolidar modelos que integrem efetivamente as diferentes possibilidades, adaptadas as suas realidades (Fryszman; Carstens, Cunha, 2019).

É essencial que políticas públicas criem incentivos econômicos que favoreçam a aceitação e o uso de tecnologias emergentes, como subsídios para veículos elétricos e investimentos em infraestrutura de carregamento. Além disso, políticas de preço dinâmico e tarifas justas para transporte público podem facilitar a adesão da população a modais de transporte mais sustentáveis (Santos; Vasconcelos, 2024). Do ponto de vista social, é crucial promover a

educação e conscientização sobre a importância da mobilidade inteligente. Incentivos sociais, como campanhas para fomentar o uso de transporte público e a adoção de modais de transporte não motorizados, são ferramentas eficazes para a mudança de comportamento da população. O sucesso de uma política de mobilidade inteligente também depende da inclusão social, garantindo que todas as camadas da população tenham acesso igualitário às tecnologias e infraestruturas implementadas (Duarte *et al.*, 2024).

DESAFIOS SOCIOECONÔMICOS E SUSTENTÁVEIS NA IMPLEMENTAÇÃO DE MOBILIDADE INTELIGENTE

Um dos maiores desafios da mobilidade inteligente é o descompasso entre o uso da tecnologia e as inovações sociais necessárias para que haja uma melhoria da qualidade de vida. Fryszman; Carstens, Cunha (2019) discutem a partir de um estudo de caso sobre a mobilidade elétrica e uso de combustíveis alternativos, propostos no Projeto *Híbrido*, a transição para um regime de sustentabilidade. Suas conclusões enfatizam que o uso de tecnologias, estando associadas à operabilidade e organização das cidades inteligentes, precisa levar em conta também o lado humano fornecendo novos produtos de mobilidade aos usuários. Nesse sentido, os autores sintetizam que as tecnologias sozinhas são incapazes de criar um sistema inteligente e que a mobilidade só se torna realmente inteligente se, de fato, proporcionar uma melhor qualidade de vida para a sociedade.

Outro aspecto relevante sobre o uso de tecnologias refere-se à privacidade de dados no uso de plataformas para a gestão de mobilidade urbana. Apesar de os dados gerados oferecerem diversas informações sobre o tráfego em tempo real, permitindo otimizações no planejamento urbano, existem preocupações sobre como esses dados são tratados. Uma questão importante envolve a anonimização dos dados. Nem sempre, o processo de tornar anônimos os dados dos usuários garante total privacidade, especialmente quando são combinados com outras bases de dados ou quando há falhas nos processos de criptografia. Além disso, as políticas de uso de dados pelos gestores públicos precisam ser claras e regulamentadas, pois há o risco de que o uso de dados não monitorados viole direitos fundamentais, como a privacidade e a liberdade de movimento (Hiroki, 2021).

A aceitação pública do uso dessas tecnologias depende, portanto, de normas éticas e transparentes, que garantam que os dados coletados sejam utilizados de maneira responsável respeitando a privacidade e os direitos dos usuários. Outro ponto de preocupação é a segurança cibernética. Com o aumento no volume de dados gerados e transmitidos por plataformas de mobilidade urbana como o *Waze*, o risco de ataques cibernéticos aumenta consideravelmente. Os sistemas de mobilidade urbana tornam-se mais vulneráveis a ataques, que podem comprometer os serviços de transporte ou mesmo resultar em manipulações perigosas do tráfego urbano (Hiroki, 2021).

Kraus; Maciel, Almeida (2023) destacam outro desafio importante. Trata-se da criação de políticas públicas inclusivas que promovam a equidade no acesso às novas tecnologias,

evitando a exclusão digital/social e garantindo que todas as camadas da população possam usufruir dos avanços na mobilidade. Nesse sentido, os autores enfatizam que, historicamente, há uma limitação de acesso à tecnologia em regiões periféricas e de baixa renda, conseqüentemente, a falta de conectividade e acesso às ferramentas tecnológicas nessas áreas pode impedir que grande parte da população usufrua dos benefícios da mobilidade inteligente. Outro desafio apontado é o de garantir que as políticas possam realmente reduzir as disparidades socioeconômicas, e não as ampliar. Se tecnologias como aplicativos de transporte compartilhado, por exemplo, se tornarem acessíveis apenas para as classes mais favorecidas, as populações mais vulneráveis ficarão fora desse sistema. Paralelamente, a falta de letramento digital também é um entrave, haja vista, em muitos casos, as populações mais vulneráveis carecem de conhecimentos técnicos para utilizar aplicativos e dispositivos móveis que facilitam o acesso a esses sistemas (Marino, 2024).

Além desses desafios, alguns autores têm enfatizado tendências que impactam a mobilidade urbana. Lee *et al.* (2021) citam o envelhecimento da população, a rápida urbanização e a expansão do comércio eletrônico. O envelhecimento da população representa um desafio crescente para as políticas de transporte, haja vista, as necessidades de mobilidade dos idosos diferirem de outros grupos etários. Com o aumento da expectativa de vida, a demanda por transportes acessíveis e inclusivos para pessoas com mobilidade reduzida, como sistemas de transporte público com mais acessibilidade e programas de transporte especializado, torna-se crucial. Além disso, o envelhecimento populacional requer que as cidades adaptem suas infraestruturas, para garantir que o transporte seja seguro e confortável a fim de promover autonomia e qualidade de vida para esse grupo.

A urbanização acelerada, por sua vez, tem impactado diretamente as políticas de transporte, especialmente nas grandes cidades, onde o crescimento populacional acentua os problemas de congestionamento e poluição. O aumento da densidade populacional nas áreas urbanas exige um planejamento eficiente para a expansão dos sistemas de transporte público. Sem políticas adequadas, a rápida urbanização pode resultar em cidades com problemas crônicos de transporte, como desigualdade no acesso aos transportes, impactos ambientais negativos e redução da qualidade de vida da população (Lee *et al.*, 2021).

A expansão do comércio eletrônico também está alterando a logística urbana e impactando tanto o transporte de mercadorias como o de pessoas. Com o crescimento exponencial das compras *online*, houve um aumento na demanda por serviços de entrega de última milha, o que pressionou os sistemas de transporte, particularmente nas áreas urbanas. O volume crescente de entregas resulta em um maior número de veículos de cargas nas ruas, o que contribui para o aumento dos congestionamentos e dos níveis de emissões de gases poluentes. Essa situação levanta críticas sobre a forma como as cidades estão se adaptando a essa nova realidade. Muitas cidades parecem estar despreparadas para lidar com o aumento do tráfego de veículos de carga, que incluem caminhões, vans e incontáveis motocicletas. A sobrecarga no trânsito, a falta de planejamento urbano e a ausência de uma

estratégia integrada para o transporte de mercadorias resultam em um quadro caótico. Essa situação é exacerbada pela falta de regulamentação sobre as operações das empresas de entrega que, frequentemente, não consideram o impacto ambiental e social de suas atividades. Adicionalmente, as soluções atuais para mitigar esses problemas são, muitas vezes, superficiais pois se resumem à implementação de restrições de circulação em determinadas vias e horários ou à criação de zonas de carga e descarga. É urgente que os gestores adotem uma abordagem mais holística e proativa para integrar a logística urbana no planejamento da mobilidade, priorizando soluções que não apenas atendam à demanda imediata mas também garantam um desenvolvimento sustentável equitativo para todos os cidadãos (Nogueira; Rangel, Shimoda, 2021).

Outro ponto de destaque exposto por Rebelo *et al.* (2023) com implicações desafiadoras para a implementação de mobilidade inteligente consiste na questão da incipiente municipalização do trânsito no Brasil. Os autores apontam que apenas um terço dos municípios brasileiros possuem essa condição. Desta forma, a formação de equipe multiprofissional imparcial e engajada com os problemas locais, além do cumprimento de requisitos importantes como educação, fiscalização, engenharia e junta administrativa de recursos e infrações, estão ausentes da maioria dos municípios. Dentre as interferências causadas pela municipalização do trânsito destacam-se a implantação de sinalização, fiscalização de estacionamentos públicos, dimensionamento de vias, calçadas e praças, acompanhamento das ações dos pedestres e incentivo à mobilidade ativa.

Se, por um lado, a mobilidade ativa é vista como uma forte aliada para mitigar as emissões de carbono, reduzir ruídos nas vias e promover a saúde da população, por outro lado, ela está associada a sérios problemas de segurança nas ciclovias e calçadas em más condições e sem acessibilidade. A falta de investimento em infraestrutura para pedestres e ciclistas em áreas mais pobres é uma questão recorrente e aponta para uma barreira socioeconômica, limitando o acesso a essas formas de mobilidade para alguns grupos sociais (Nixon; Schwanen, 2024). Sobre esse assunto, Rebelo *et al.* (2023) enfatizam que, em muitas ocasiões, diversos direitos fundamentais são negados, tais como, o direito à vida, à liberdade e a segurança, dependendo da forma como as interações entre pedestres e veículos ocorrem nas vias. Cruz; Paulino, (2019) ressaltam que a resistência para ampliação da mobilidade ativa decorre no medo do desconhecido e pela complexidade de implementar esse modelo ajustado às diferentes realidades.

Enquanto países do norte global desenvolvem indicadores para monitoramento e avaliação da mobilidade urbana em grandes cidades, em países emergentes e/ou recentemente industrializados, como o Brasil, a discussão sobre a mobilidade urbana gira em torno das preocupações sobre o crescimento populacional e a insustentabilidade do transporte urbano, majoritariamente orientado para o transporte por automóveis, conforme reportado por Lerman *et al.* (2020). Além disso, a resistência cultural à adoção de novas formas de mobilidade, como o uso de bicicletas compartilhadas ou veículos elétricos, pode ser um

obstáculo significativo. Em muitas comunidades, especialmente em países em desenvolvimento, o uso de modais tradicionais de transporte, como carros particulares e ônibus, é visto como uma norma social, dificultando a aceitação de inovações.

Especificamente sobre o uso de veículos elétricos, o aspecto econômico é ainda mais decisivo que o aspecto cultural. Um dos pontos mais críticos apontados por Rosa *et al.* (2023) é a falta de incentivos fiscais consistentes para a compra de veículos elétricos. Diferente de outros países que oferecem isenções fiscais e subsídios diretos, o Brasil ainda não tem uma política nacional integrada que beneficie significativamente consumidores e empresas. Embora o Brasil tenha feito alguns progressos na regulamentação de mobilidade elétrica, ainda existem lacunas significativas, especialmente em comparação com países que lideram a adoção de veículos elétricos, como Noruega e Alemanha. Essas lacunas incluem a ausência de um quadro regulatório robusto para incentivar o uso de veículos elétricos e a falta de políticas de subsídios amplas.

Outro ponto relevante é a integração de diferentes modais de transporte, facilitando não só a conectividade entre regiões urbanas e periféricas, mas também contribuindo para a redução da dependência dos automóveis e, conseqüentemente, diminuindo congestionamentos e emissões de carbono. Ainda que seja uma solução eficaz para melhorar a mobilidade urbana, essa estratégia apresenta alguns desafios para ser implementada. Primeiramente, a infraestrutura necessária para essa integração exige altos investimentos em áreas urbanas que, em muitos casos, já estão saturadas. O que gera desafios técnicos e financeiros para os governos, especialmente em países em desenvolvimento, onde os recursos são mais limitados. Além disso, a mudança de hábitos da população é um processo lento que demanda campanhas de conscientização e políticas públicas consistentes (Boff, 2024).

Além disso, a questão dos preços acessíveis e justos é crucial para garantir que a mobilidade seja economicamente viável para toda a população, promovendo a inclusão social e econômica (Silva; Figueiredo, 2018). Apesar de se tratar de uma importante premissa, a prática revela desafios substanciais. Em muitas cidades, os custos do transporte público continuam a subir, pressionados por fatores como a manutenção da infraestrutura e o aumento dos combustíveis, tornando o transporte inacessível para as populações de baixa renda. Mesmo quando subsídios são aplicados para tornar o transporte público mais acessível eles frequentemente não atingem de forma eficiente os mais necessitados ou não são sustentáveis a longo prazo, prejudicando a qualidade dos serviços oferecidos (Negri, 2024).

A expansão e modernização da infraestrutura de transporte, como ciclovias, calçadas acessíveis e redes de transporte público de qualidade, são pilares essenciais para assegurar que a mobilidade urbana seja realmente sustentável e alinhada aos princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, promovendo cidades mais humanas e resilientes (Kraus; Maciel, Almeida, 2023). A execução dessas melhorias depende de um comprometimento orçamentário robusto por parte dos governos, algo que nem sempre está disponível, especialmente em países com grandes desigualdades sociais e econômicas. Além disso, a

priorização de investimentos em infraestrutura de transporte muitas vezes não leva em consideração a equidade regional. Como resultado, áreas periféricas ou menos desenvolvidas frequentemente recebem menos atenção, o que perpetua desigualdades espaciais e dificulta a mobilidade inclusiva. Outro aspecto crítico é a adaptação da infraestrutura no contexto local. No Brasil, por exemplo, muitas cidades não possuem um planejamento urbano integrado que facilite a implementação de ciclovias e calçados acessíveis de maneira eficiente. Em vez disso, há uma tendência de adoção de soluções pontuais que não consideram o uso diário e real da população. A falta de conectividade entre os diferentes modais e a falta de manutenção regular também são problemas recorrentes que prejudicam o uso efetivo desses meios de transporte e comprometem o direito social do transporte (Chaves, 2024).

De acordo com Fryszman; Carstens, Cunha (2019) a transição sociotécnica para a mobilidade inteligente urbana é um processo de longo prazo que requer uma governança eficaz na qual o Estado seja capaz de responder adequadamente e em tempo hábil as demandas dos cidadãos ponderando objetivos econômicos, sociais e ambientais. Nesse aspecto, Kraus; Maciel, Almeida (2023) ao examinarem a relação entre a implantação da mobilidade urbana inteligente e o poder corporativo no Brasil, questionam a centralização do discurso das inovações tecnológicas e a exclusão de aspectos fundamentais como a equidade e a inclusão social. Para os autores, o conceito tal como é aplicado reforça as desigualdades urbanas especialmente nas regiões brasileiras mais vulneráveis.

É necessário, ainda, considerar o nível de maturidade das cidades ao implementar soluções de mobilidade urbana inteligente. Cada cidade possui uma realidade distinta, com diferentes níveis de desenvolvimento urbano, econômico e social. Isso significa que pacotes-padrão de mobilidade inteligente não podem ser operacionalizados de maneira uniforme ou de cima para baixo. Uma abordagem padronizada pode resultar em soluções desalinhadas com as necessidades locais e com os recursos disponíveis, o que, em lugar de promover avanços, pode potencializar problemas já existentes. A própria questão da insuficiência de infraestrutura ressaltada por Lee *et al.* (2021), reflete a complexidade dos desafios enfrentados pelos centros urbanos, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Essa deficiência está associada, muitas vezes, ao surgimento de problemas crônicos e complexos como aumento do custo de vida, as desigualdades sociais e à retração econômica. A título de exemplo, se, por um lado, o aumento do número de automóveis particulares no Brasil indica crescimento social e econômico, por outro lado, tais padrões e tendências não são sustentáveis.

Uma das metas do ODS11 que versa sobre “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, visa promover uma mobilidade urbana mais eficiente e acessível, abrangendo não apenas a ampliação da oferta de transporte público, mas também uma abordagem mais holística sobre o tema. Essa meta reflete a necessidade de reestruturar os sistemas de transporte urbano para torná-los mais inclusivos e sustentáveis. É fundamental considerar a segurança viária como um aspecto central, haja vista a redução de acidentes e a proteção dos usuários,

especialmente os pedestres e ciclistas, estão no cerne das políticas de mobilidade segura. A acessibilidade também requer destaque, especialmente pela atenção que precisa ser destinada para os grupos de pessoas mais vulneráveis como idosos, pessoas com deficiência e aqueles com mobilidade reduzida, garantindo que todos tenham acesso aos serviços urbanos de forma equitativa (Cerutti *et al.*, 2019).

A superação de todos esses desafios para a mobilidade urbana exige um esforço coordenado entre governos, empresas e sociedade civil, com o objetivo de criar um ambiente inclusivo, acessível e tecnologicamente integrado, capaz de beneficiar a todos e reduzir as desigualdades existentes no acesso à mobilidade inteligente. Todos os aspectos abordados devem servir de norte para o desenvolvimento de políticas que atendam à criação de um ambiente propício ao desenvolvimento do setor de transporte, com melhorias na segurança, integração, conectividade e acessibilidade a fim de promover um ecossistema de transporte sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo buscou analisar o estado atual da mobilidade inteligente no Brasil, identificando desafios, inovações e oportunidades para o desenvolvimento de soluções tecnológicas no setor. A partir da revisão bibliográfica foi possível concluir que, apesar de avanços importantes, a implementação de soluções de mobilidade inteligente no Brasil ainda enfrenta obstáculos significativos. Fatores como a falta de infraestrutura adequada, a fragmentação das políticas públicas e a resistência cultural em relação à mobilidade ativa limitam o progresso em direção à implementação de um sistema de mobilidade urbana inteligente. Contudo, o potencial para melhorar a qualidade de vida urbana, reduzir os impactos ambientais e promover a inclusão social por meio da mobilidade inteligente é evidente.

Entre as principais conclusões, destaca-se a necessidade urgente de políticas integradas que incentivem a adoção de tecnologias inovadoras, como o uso de IoT, *Big Data* e IA para otimizar o tráfego e aumentar a eficiência do transporte público. Torna-se fundamental promover uma cultura de mobilidade sustentável, que priorize a mobilidade ativa, como o uso de bicicletas e a caminhada, e que garanta o acesso universal aos meios de transporte. Além disso, é fundamental considerar o aspecto humano para atender as reais necessidades da população, especialmente os mais vulneráveis. Inevitavelmente, é preciso uma adequada destinação do orçamento público para investimentos em infraestrutura e outras ações de médio e longo prazo.

O presente trabalho, no entanto, apresenta algumas limitações. A pesquisa se baseou exclusivamente em uma revisão bibliográfica, o que restringe a análise a estudos e dados já publicados, sem a possibilidade de coleta de dados primários. Além disso, a diversidade de realidades regionais no Brasil não foi explorada em profundidade, o que pode gerar limitações na aplicabilidade das soluções discutidas a diferentes contextos urbanos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos empíricos que envolvam a coleta de dados primários em diferentes cidades brasileiras, a fim de analisar de forma mais detalhada as especificidades locais e as adaptações necessárias para a implementação de soluções de mobilidade inteligente. Além disso, investigações sobre o impacto socioeconômico de tais inovações podem enriquecer o debate, contribuindo para a formulação de políticas públicas mais eficazes e inclusivas. Por fim, pesquisas sobre o comportamento e a aceitação da população em relação às novas tecnologias de transporte podem fornecer *insights* valiosos para superar a resistência cultural e política que ainda persiste no país.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Ana Laura Bagini; DE OLIVEIRA, João Paulo Leonardo. Smart city e mobilidade: análise do estudo do plano de mobilidade da Smart city cidade de Votuporanga—um estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 80393-80409, 2020.

BOFF, Sirlei Salete. Desafios e políticas de mobilidade urbana no Distrito Federal: uma análise contemporânea dos modais de transporte. **Revista Processus de Estudos de Gestão, Jurídicos e Financeiros**, v. 15, n. 49, p. e491233-e491233, 2024.

CERUTTI, Priscila Sardi et al. "Green, but not as green as that": An analysis of a Brazilian bike-sharing system. **Journal of Cleaner Production**, v. 217, p. 185-193, 2019.

CHAVES, Gustavo Vinicius Delmondes. As políticas públicas de transporte no contexto institucional e a promoção do direito à cidade no Brasil. **Negócios em Projeção**, v. 15, n. 1, p. e1524NE06-e1524NE06, 2024.

CRUZ, Silvia Stuchi; PAULINO, Sonia Regina. Desafios da mobilidade ativa na perspectiva dos serviços públicos: experiências na cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. 20190026, 2019.

DUARTE, Kamila de Aguiar et al. Avaliação da infraestrutura cicloviária: uma proposta voltada à mobilidade urbana inteligente e sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 13, n. 1, p. e25174-e25174, 2024.

FACHINELLI, Ana Cristina et al. Urban smartness and city performance: identifying Brazilian smart cities through a novel approach. **Sustainability**, v. 15, n. 13, p. 10323, 2023.

FRYSZMAN, Flavia; CARSTENS, Danielle Denes dos Santos; CUNHA, Sieglinde Kindl da. Smart mobility transition: a socio-technical analysis in the city of Curitiba. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 11, n. 2, p. 141-153, 2019.

GANDIA, Rodrigo et al. Casual carpooling: A strategy to support implementation of Mobility-as-a-Service in a developing country. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2774, 2021.

HIROKI, Stella Marina Yuri. Mobility, participation and data: the case study of Waze for Cities Data in Joinville (SC). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, p. e20200030, 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/>. Acesso em: 28 maio 2024.

IPSOS. Pesquisa sobre comportamento e percepção do brasileiro em relação à mobilidade urbana. São Paulo: 99, 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-05/76-dos-brasileiros-nao-planejam-gastos-com-transporte-diz-pesquisa>. Acesso em: 11 out. 2024.

KRAUS, Lalita; MACIEL, Tainá Farias da Silva; ALMEIDA, Alexandre Henrique. Discourse, power and mobility of the smart city agenda in Brazil. **Contribuciones A Las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 12, p. 32065-32091, 2023.

LEE, Chien-Sing; KARJANTO, Natanael; DREW, David E. Perceptions towards sustainable transportation and recommendations: A survey case study in Jakarta, Indonesia. **International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications**, v. 13, p. 13-13, 2021.

LERMAN, Laura Visintainer et al. Comparative analysis between transportation modes for sustainability perspective in one metropolitan region of southern Brazil. **Production**, v. 30, p. 20190038, 2020.

LOPES, D.R.; Martorelli, M.; Costa, A. G. V. Mobilidade Urbana: conceito e planejamento no ambiente brasileiro. 1ª ed. Curitiba. Apris, 2020.

MARINO, Filipe Ungaro. Mobilidade, cidadania e desigualdade: analisando a infraestrutura cicloviária do Rio de Janeiro. **Cadernos Metrôpole**, v. 26, n. 60, p. 663-684, 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Política nacional de mobilidade urbana. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha_lei_12587.pdf. Acesso em: 18 out. 2024.

NEGRI, Silvio. Mobilidade e acessibilidade urbana: análise, compreensão e perspectivas para Rondonópolis/MT. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 5, 2024.

NIXON, Denver V.; SCHWANEN, Tim. Community Smarts in Grassroots Initiatives to Support Cycling and Walking in Large Urban Areas. **Journal of Urban Technology**, p. 1-20, 2024.

- NOGUEIRA, Geísa Pereira Marcilio; DE ASSIS RANGEL, João José; SHIMODA, Eduardo. Sustainable last-mile distribution in B2C e-commerce: do consumers really care? **Cleaner and Responsible Consumption**, v. 3, p. 100021, 2021.
- PAIVA, Sara et al. Enabling technologies for urban smart mobility: Recent trends, opportunities and challenges. **Sensors**, v. 21, n. 6, p. 2143, 2021.
- PEREIRA, Sandor Banyai; CASTRO, Iara Sousa; BOTELHO, Róber Dias. Obstáculos para a uma mobilidade urbana autônoma: Uma análise a partir da perspectiva humana. **Revista da UFMG**, v. 30, 2023.
- PIRES, Antonio Cecilio Moreira; PIRES, Lilian Regina Gabriel Moreira Pires. Estado e Mobilidade Urbana. In: Mobilidade Urbana: Desafios e Sustentabilidade. São Paulo: Ponto e Linha, p. 06-15, 2016.
- RAMALHO, Miguel Sozinho et al. SmartGC: a software architecture for garbage collection in smart cities. **International Journal of Bio-Inspired Computation**, v. 16, n. 2, p. 79-93, 2020.
- REBELO, Marcos Cesar de Oliveira et al. Panorama da municipalização do trânsito e sua relação com o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela ONU. **Peer Review**, v. 5, n. 16, p. 184-196, 2023.
- ROSA, Carmen Brum et al. Regulatory analysis of E-mobility for Brazil: A comparative review and outlook. **Utilities Policy**, v. 84, p. 101638, 2023.
- SA, Tiago Esteves Terra de; JÚNIOR, Orivalde Soares da Silva; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello. Mobilidade urbana: uma análise sobre as políticas públicas de transporte da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 11, n. 2, p. 458-475, 2022.
- SANTOS, Raniely Martins dos; VASCONCELOS, Rafael Oliveira. A atuação dos sistemas de transportes inteligentes no transporte público via ônibus impulsionado pelo 5G: uma revisão sistemática. **P2P e Inovação**, v. 10, n. 2, 2024.
- SANTOS, Rosana Campos; PEREIRA, Emmanuelle Pedroso; CASTAÑON, José Alberto Barroso. Smart cities: worldwide smart urban transportation's scenario and importance. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.10, n. 75, p. 1-15, 2022.
- SILVA, Evelyn Tânia Carniatto et al. A Transição Energética de Baixo Carbono nas Cidades para Mobilidade Urbana Sustentável: estratégias tecno energéticas no setor de transporte. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 5, n. 2, p. 1-24, 2023.

SILVA, Flavio Matioli Veríssimo; FIGUEIREDO, Eduardo Henrique Lopes. Direito social ao transporte: nova diretriz e velhas premissas na mobilidade urbana. **Revista da AGU**, v. 17, n. 1, p. 153-168, 2018.

STUCHI, Silvia et al. Desafios e oportunidades para a viabilização da mobilidade urbana sustentável: uma análise com método de grupo focal. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 46, p. 69-90, 2024.