



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

IURY RIBEIRO DE MELO

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE (IMI) NO
RECIFE**

RECIFE
2025

IURY RIBEIRO DE MELO

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE (IMI) NO
RECIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira

RECIFE

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Melo, Iury Ribeiro de.

Aplicação do índice de mobilidade urbana inteligente (IMI) no Recife / Iury Ribeiro de Melo. - Recife, 2025.

114 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2025.

Orientação: Leonardo Herszon Meira.

Inclui referências e apêndices.

1. Mobilidade urbana inteligente; 2. Índice de mobilidade urbana; 3. Objetivos de desenvolvimento sustentável; 4. Cidades inteligentes. I. Meira, Leonardo Herszon. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

IURY RIBEIRO DE MELO

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE (IMI) NO
RECIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em: 19/02/2025.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira – UFPE

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ligia Rabay Mangueira Araújo (examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Daniela Antunes Lessa (examinadora externa)
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Pablo Brilhante de Sousa (examinador externo)
Universidade Federal da Paraíba

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a espiritualidade pela minha vida e saúde.

Agradeço profundamente aos meus familiares por todo apoio e compreensão ao longo desta jornada. Em especial, agradeço aos meus pais, Waléria Costa e Derlir Guimarães, pelos ensinamentos, pela educação que me proporcionaram e por terem feito tudo ao seu alcance para me dar suporte, sempre incentivando a continuidade dos meus estudos. Ao meu irmão, Yan Melo, expresse minha gratidão pelo apoio constante e pelos conselhos. Por fim, sou grato ao meu companheiro, Emil Syvertsen, por toda a escuta, apoio e carinho.

Agradeço também aos meus amigos, que foram minha rede de apoio ao longo desta jornada. Obrigado por tornarem os desafios mais leves, por compartilharem comigo todas as conquistas e frustrações, e por estarem presentes em cada etapa do meu desenvolvimento pessoal, sempre me incentivando.

Agradeço ao meu orientador, Leonardo Meira, por todo o suporte, dedicação e disponibilidade. Sou grato por ter sido bem orientado ao longo deste trabalho, o que foi essencial para o seu desenvolvimento.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pelos conhecimentos transmitidos, tanto dentro quanto fora da sala de aula.

Por fim, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa de Pernambuco (FACEPE) pelo incentivo financeiro concedido para o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

O rápido crescimento da população urbana, aliado à falta de planejamento urbano e ao incentivo ao uso do automóvel, impactou diretamente as condições de deslocamento nos centros urbanos brasileiros. Nesse contexto, a mobilidade urbana inteligente ganha relevância, visando enfrentar os desafios relacionados à mobilidade, utilizando a tecnologia e promovendo um desenvolvimento urbano sustentável. Dessa forma, a proposta dessa dissertação é desenvolver um índice que meça a inserção dos conceitos de mobilidade urbana inteligente nas cidades brasileiras. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura em busca de indicadores, que foram filtrados utilizando a técnica S.M.A.R.T., resultando em 24 indicadores distribuídos em seis dimensões. Além disso, foi realizada uma consulta a especialistas para a distribuição de pesos entre os indicadores e dimensões. Paralelamente, os indicadores selecionados foram relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para validar a metodologia, o índice foi aplicado no município de Recife-PE. Os resultados indicam que a ferramenta desenvolvida oferece subsídios para que gestores avaliem o nível de mobilidade urbana inteligente nos diferentes contextos urbanos, evidenciando os aspectos positivos e negativos da mobilidade urbana local e contribuindo para o cumprimento dos ODS.

Palavras-chave: mobilidade urbana inteligente; índice de mobilidade urbana; objetivos de desenvolvimento sustentável; cidades inteligentes.

ABSTRACT

The rapid growth of the urban population, combined with a lack of urban planning and the encouragement of car use, has directly impacted travel conditions in Brazilian urban centers. In this context, smart urban mobility gains relevance as it aims to address mobility-related challenges by leveraging technology and promoting sustainable urban development. Thus, the objective of this dissertation is to develop an index that measures the integration of smart urban mobility concepts in Brazilian cities. To achieve this, a literature review was conducted to identify relevant indicators, which were then filtered using the S.M.A.R.T. technique, resulting in 24 indicators distributed across six dimensions. Additionally, expert consultation was carried out to assign weights to the indicators and dimensions. In parallel, the selected indicators were aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). To validate the methodology, the index was applied to the city of Recife, PE. The results indicate that the developed tool provides support for policymakers to assess the level of smart urban mobility in different urban contexts, highlighting both the positive and negative aspects of local urban mobility and contributing to the achievement of the SDGs.

Keywords: smart urban mobility; urban mobility index; sustainable development goals; smart cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos fundamentais de cidades inteligentes.	24
Figura 2 – Eixos de uma cidade inteligente.....	25
Figura 3 – Eixos temáticos do <i>Ranking Connected Smart Cities</i>	26
Figura 4 – De dados a informações.	32
Figura 5 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	35
Figura 6 – Representação da Bicipolitana.....	42
Figura 7 – Pavimentos modificados	43
Figura 8 – Representação do TransMilenio	45
Figura 9 – Pórtico de cobrança de pedágio.....	47
Figura 10 – Informações de tráfego no AnachB	49
Figura 11 – Malha cicloviária da Cracóvia.....	51
Figura 12 – Localização do Município do Recife, Pernambuco, Brasil.....	53
Figura 13 – Corredor Norte/Sul	56
Figura 14 – Corredor Leste/Oeste.....	56
Figura 15 – Mapa da linha férrea do Recife	57
Figura 16 – Mapa da malha cicloviária do Recife.....	59
Figura 17 – Terminal Integrado CDU	60
Figura 18 – Critérios de exclusão dos artigos	61
Figura 19 – Critério de exclusão dos indicadores.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da mobilidade urbana	14
Tabela 2 – Definições das diferentes categorias de cidades	21
Tabela 3 – Definições de cidades inteligentes	23
Tabela 4 – Critérios para mobilidade urbana inteligente	28
Tabela 5 – Dados da Pesquisa OD do Recife	54
Tabela 6 – Tarifas do Transporte Público Coletivo na RMR	58
Tabela 7 – Descrição dos especialistas	63
Tabela 8 – Representação do questionário enviado aos especialistas	64
Tabela 9 – Interpretação do IMI	65
Tabela 10 – Apresentação dos indicadores do IMI	67
Tabela 11 – Média aritmética dos pesos atribuídos pelos especialistas	70
Tabela 12 – Relação dos indicadores com os ODS	73
Tabela 13 – Frequência de relação dos indicadores com os ODS.....	74
Tabela 14 – Dados para cálculo dos indicadores.....	75
Tabela 15 – Valor dos indicadores no Recife e normalização.....	77
Tabela 16 – Aplicação dos pesos nos indicadores e dimensões para o Recife	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
CTTU	Autorarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife
GRCT	Grande Recife Consórcio de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICPS	Instituto da Cidade Pelópidas Silveira
IMI	Índice de Mobilidade Urbana Inteligente
ITDP	<i>Institute for Transportation and Development Policy</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OECD	<i>Organisation for Economic Co-Operation and Development</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
RMR	Região Metropolitana do Recife
SEI	Sistema Estrutural Integrado
SIC	Sistema Complementar
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
WOS	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	13
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	MOBILIDADE URBANA	14
2.2	CIDADES INTELIGENTES	20
2.3	MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE.....	27
2.4	INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE E OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	31
3	BOAS PRÁTICAS DE MOBILIDADE URBANA	39
3.1	MOBILIDADE ATIVA	40
3.2	TRANSPORTE PÚBLICO.....	43
3.3	GESTÃO DO TRÁFEGO	46
3.4	GESTÃO DA DEMANDA DE VIAGENS	47
3.5	ENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE	50
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	53
5	METODOLOGIA	61
6	RESULTADOS	67
6.1	ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE (IMI)	67
6.2	APLICAÇÃO DO IMI NO RECIFE.....	75
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE A – INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE NA LITERATURA	102
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA OBTENÇÃO DOS PESOS	110
	APÊNDICE C – PLANILHA DE CÁLCULO DO IMI NO RECIFE	114

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 56% da população mundial reside em áreas urbanas, conforme dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), com previsão de que esse número aumente para aproximadamente 68% até o ano de 2050. No contexto brasileiro, de acordo com Carvalho (2016), os centros urbanos do país experimentaram um crescimento populacional intenso e acelerado desde meados do século XX, resultando em uma transição rápida de uma nação predominantemente rural para uma nação predominantemente urbana, o que impactou diretamente nas condições de mobilidade da população.

Nesse cenário, o conceito de cidade inteligente tem ganhado destaque, sendo definido pela Comissão Europeia (2018) como um ambiente no qual as redes e os serviços tradicionais são aprimorados por meio do uso de soluções digitais, visando beneficiar tanto os habitantes quanto as empresas. A concepção de cidade inteligente transcende a simples aplicação de tecnologias digitais para a otimização de recursos e a redução de emissões, abrangendo também a implementação de sistemas de transporte urbano mais eficientes e o desenvolvimento de uma gestão municipal mais interativa e ágil.

Com a ascensão desse conceito, se tem debatido a ideia de que, em vez de classificar cidades como "inteligentes" ou não, é mais interessante considerar as atividades e fatores que podem contribuir com sua "inteligência". Nesse sentido, a mobilidade urbana emerge como um aspecto importante da vida nas cidades, cuja melhoria impacta positivamente a qualidade de vida dos cidadãos e contribui para tornar uma cidade mais inteligente.

Segundo a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), Lei Federal nº. 12.587/2012 (Brasil, 2012), o conceito de mobilidade se refere às condições em que ocorrem os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano, podendo, então, ser entendido como a facilidade de deslocamento. A mobilidade urbana, responsável pela interligação de diversos elementos, pode ser caracterizada como um sistema complexo de infraestrutura que visa garantir a locomoção da população, proporcionando a interação dos diversos meios que compõem a cidade.

Silva (2021) destaca que a mobilidade urbana em cidades inteligentes é resultado de políticas que promovem o amplo e democrático acesso ao espaço urbano, priorizam os modos de transporte não motorizados e coletivos, combatem a

segregação socioespacial e contribuem para a inclusão social e a sustentabilidade ambiental. Então, a mobilidade inteligente contribui para o desenvolvimento sustentável ao integrar tecnologia e planejamento urbano com aspectos sociais, econômicos e ambientais (Allam *et al.*, 2022).

Diante disso, este projeto propõe a seguinte pergunta norteadora para a pesquisa: em que medida a aplicação do Índice de Mobilidade Urbana Inteligente (IMI) contribui para identificação de principais problemas relacionados a mobilidade nas cidades brasileiras?

Parte-se da hipótese de que a aplicação de índices que proporcionem diagnósticos sobre as condições de mobilidade é eficiente para o planejamento e gestão da mobilidade urbana, sendo capazes de monitorar e apontar quais dos aspectos observados devem ser melhorados ou mantidos. Nesse sentido, o IMI se destaca no sentido de ir além de propor uma mobilidade sustentável, buscando alcançar, formas mais inteligentes de mobilidade urbana. Com isso, este trabalho apresenta contribuições técnica, científica e social.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A motivação central desta pesquisa consiste na necessidade de considerar as cidades como sistemas integrados, reconhecendo que a qualidade de vida nos espaços urbanos está ligada às condições de deslocamento (Gomide, 2003). O Recife é estrategicamente importante para a região Nordeste, que abriga sedes de instituições importantes como Eletrobras, Chesf e o Comando Militar do Nordeste (Recife, 2021), além de ter o maior parque tecnológico da América Latina, que está em constante crescimento (Porto Digital, 2024). A importância do município para a região Nordeste, aliada à sua conexão com a tecnologia por meio do Porto Digital, torna-o uma localidade de grande relevância para abordar a questão da mobilidade urbana inteligente. O objetivo é identificar os problemas existentes relacionados à mobilidade urbana e prevenir o surgimento de novos desafios, evitando que a cidade siga o padrão de crescimento desordenado observado em muitas metrópoles.

Portanto, considerando que a mobilidade urbana se refere à condição em que pessoas e cargas realizam os deslocamentos pela cidade (Brasil, 2012), é

fundamental aplicar ferramentas que auxiliem no diagnóstico das condições atuais dessa temática. A partir desse processo de diagnóstico, será possível desenvolver estratégias de planejamento urbano mais viáveis e objetivas, com o propósito de transformar o Recife em um local que ofereça uma melhor qualidade de vida aos seus cidadãos.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

A dissertação tem como objetivo geral elaborar um índice que considere a inserção dos conceitos de mobilidade urbana inteligente nas cidades brasileiras.

Para atingir esse objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão abordados:

- Sistematizar os principais indicadores de mobilidade urbana inteligente a partir da literatura científica;
- Analisar de que forma os indicadores selecionados dialogam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), evidenciando possíveis contribuições para a sustentabilidade urbana;
- Investigar soluções adotadas em diferentes contextos urbanos e sua relação com a mobilidade urbana inteligente;
- Validar o índice desenvolvido por meio de sua aplicação no Recife, avaliando seus resultados e limitações.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em sete capítulos. O primeiro apresenta a introdução, abordando a problemática, justificativa e objetivos. O segundo traz a revisão da literatura sobre mobilidade urbana, cidades inteligentes, indicadores e ODS. O terceiro trata das boas práticas de mobilidade urbana, enquanto o quarto caracteriza a área de estudo. O quinto detalha o método para a elaboração e aplicação do índice, e o sexto analisa os resultados obtidos. Por fim, o sétimo capítulo apresenta as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de subsidiar o estudo, neste capítulo será apresentado o estado da arte acerca das temáticas centrais dessa pesquisa (mobilidade urbana, cidades inteligentes, mobilidade inteligente, indicadores de mobilidade urbana inteligente e objetivos de desenvolvimento sustentável).

2.1 MOBILIDADE URBANA

De acordo com a PNMU, a mobilidade urbana refere-se à condição em que pessoas e cargas realizam os deslocamentos pela cidade, incluindo os diversos modos de transportes, motorizados ou não motorizados (Brasil, 2012). Considerando que a pesquisa se propõe a desenvolver um índice para as cidades brasileiras, essa definição será adotada como referência neste estudo.

As dinâmicas de mobilidade são importantes para o funcionamento das cidades, influenciando diretamente a qualidade de vida dos cidadãos e o desenvolvimento econômico. Uma infraestrutura de transporte adequada, que inclui estradas bem planejadas, sistemas de transporte público eficientes e que ofereça espaço para pedestres e ciclistas, é fundamental para uma mobilidade sustentável, contribuindo para a redução das emissões de CO₂ e, conseqüentemente, para a sustentabilidade ambiental (Damidavičius; Burinskienė; Antuchevičienė, 2020; Melkonyan *et al.*, 2020).

De acordo com El-Sherif (2021), devido à implementação de várias tecnologias e infraestruturas de transporte, a evolução da mobilidade urbana está associada à evolução do sistema de transportes. Como resultado, o desenvolvimento da mobilidade urbana passou por quatro eras principais, e atualmente existe uma quinta fase em curso, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Evolução da mobilidade urbana

Período	Era	Descrição
1800 - 1890	Era das caminhadas e carros puxados a cavalo	O meio de transporte dominante nas cidades era a caminhada. As cidades eram compactas, com alta densidade e uso misto do solo. A revolução industrial levou à migração rural para as cidades, aumentando assim a população urbana. O desenvolvimento dos

		sistemas de transporte público, como ônibus e trens, ampliou o diâmetro das cidades. A introdução das ferrovias e das carruagens puxadas por cavalos alterou a morfologia urbana, criando subúrbios ligados por linhas ferroviárias. Esta época foi marcada pelo crescimento da população urbana e pela expansão dos sistemas de transporte público.
1890 - 1920	Era do bonde elétrico	Houve uma revolução no transporte urbano com a introdução do motor de tração elétrica. Os primeiros bondes elétricos permitiram viajar três vezes mais rápido que os veículos puxados por cavalos, ao mesmo tempo que eram mais limpos. Isto levou a um aumento do espaço das cidades ao longo das linhas de bonde. Os subúrbios urbanos cresceram rapidamente ao longo das linhas de bonde, tornando-se áreas de desenvolvimento residencial. Os corredores do bonde tornaram-se as principais áreas comerciais. No entanto, o aumento do congestionamento do tráfego devido ao uso generalizado de automóveis levou a uma deterioração na eficiência dos sistemas de bonde. Muitas cidades experimentaram o declínio dos sistemas de bondes no final do século XX.
1930 - 1950	Era do automóvel	Os carros tornaram-se mais acessíveis e populares, levando a mudanças nos padrões de desenvolvimento urbano. Com o aumento da posse de automóveis, houve uma mudança para áreas suburbanas, longe dos centros urbanos. Isto levou a um aumento da dependência dos automóveis e a uma diminuição na participação do transporte público. O desenvolvimento de rodovias e redes viárias conectou as áreas urbanas centrais às regiões periféricas, facilitando a expansão urbana. A era do automóvel representou um pico na participação do transporte público na mobilidade urbana, antes dos subúrbios se tornarem dominantes e a dependência do automóvel aumentar.
1950 – 2010	Era das rodovias	Na segunda metade do século XX, a utilização generalizada do automóvel e a construção de redes rodoviárias transformaram significativamente a mobilidade urbana. As rodovias conectavam os centros comerciais às periferias e criavam vias de contorno. A mobilidade pessoal proporcionada pelo automóvel levou à expansão urbana e ao surgimento de subúrbios, onde o transporte público era ineficiente. As atividades comerciais também se deslocaram para os subúrbios, aumentando a mobilidade de passageiros e mercadorias. Na década de 1970, o automóvel tornou-se o principal meio de

		transporte em muitos países, levando a uma diminuição da participação do transporte público na mobilidade urbana.
2010 – Atual	Era da mobilidade integrada	Os modos de transporte urbano permaneceram historicamente desconectados, operados por entidades separadas. A difusão das tecnologias de informação está alterando esta dinâmica, favorecendo uma maior integração e uma melhor utilização dos recursos. Os exemplos incluem serviços de veículos sob demanda, que ligam condutores e consumidores através de plataformas digitais, e veículos autônomos, que podem expandir as opções de mobilidade. Além disso, a expansão do comércio eletrônico e da entrega em domicílio destaca a importância da logística urbana e da entrega de mercadorias na última milha.

Fonte: Elaboração própria a partir de El-Sherif (2021).

Santos (2006) define o espaço como a interação entre sistemas de objetos (edifícios, ruas...) e sistemas de ação (trânsito das pessoas). Desta forma, percebe-se que a mobilidade urbana tem um papel significativo na dinâmica das cidades, garantindo o acesso da população a serviços básicos, oportunidades de emprego, educação e lazer. O planejamento eficaz da mobilidade urbana pode reduzir o congestionamento do tráfego e a poluição do ar. Investimentos em transporte público, ciclovias, calçadas acessíveis e políticas que incentivem o uso de transportes não motorizados são essenciais para promover uma mobilidade urbana eficiente e inclusiva, atendendo às necessidades da população e fomentando o desenvolvimento urbano sustentável (Maropo *et al.*, 2020; Costa; Alcantara, 2020; Câmara; Fernandes, 2022).

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam que o Brasil passou por um rápido processo de urbanização nas últimas décadas, onde a população residente em áreas urbanas passou de 55% em 1970 para 84% em 2010 (IBGE, 1970, 2010). No entanto, esse processo não foi acompanhado pelo desenvolvimento adequado das infraestruturas urbanas para garantir o bem-estar e a qualidade de vida dos cidadãos. Como resultado do crescimento urbano irregular, muitas cidades de países em desenvolvimento enfrentam problemas de mobilidade (Vazquez *et al.*, 2022). Esse processo também contribuiu para o aumento da degradação ambiental, impactando negativamente a saúde e o bem-estar da

população urbana, estando associado ao acesso inadequado a serviços básicos, como saúde, educação e transportes públicos eficientes, intensificando as desigualdades sociais e econômicas (Ali; Bakhsh; Yasin, 2019; AbouBakr; ElSerafi, 2023).

O modelo atual de mobilidade urbana enfrenta diversos desafios e apresenta várias ineficiências. Um dos principais aspectos negativos é o privilégio ao transporte individual motorizado, que contribui para o aumento do congestionamento do tráfego, a poluição do ar e sonora, além de impactos negativos na saúde da população e no meio ambiente. Tal privilégio ocasiona um transporte público coletivo de qualidade baixa, com cobertura insuficiente e frequência inadequada. Além disso, a falta de integração entre os diferentes modos de transporte e a ausência de políticas eficazes de gestão da mobilidade urbana também são aspectos que contribuem para a ineficiência da modelo atual (Canitez; Alpkokin; Kiremitci, 2020; Meira *et al.*, 2020; Guzman *et al.*, 2021; Hou *et al.*, 2022).

Para enfrentar esses desafios, é fundamental a implementação de políticas públicas que combinem diferentes estratégias, como promover um planejamento urbano integrado ao uso racional do solo, o acesso equitativo aos serviços básicos e a proteção das áreas verdes, investimentos em transporte público e promoção de modos de transportes não motorizados (Foltýnová *et al.*, 2020). A integração entre os diferentes modos de transporte, garantindo a facilidade de transferência entre o transporte público e o transporte privado, também tem potencial de resolver alguns problemas da mobilidade urbana (Spickermann; Grienitz; Gracht, 2013). Políticas de gestão da área urbana, como pedágios urbanos e precificação de estacionamentos, também podem contribuir na redução da emissão de CO₂ como consequência da redução do uso do transporte individual motorizado (Bel; Rosell, 2017). Além disso, é importante promover a participação popular no planejamento e na implementação de políticas de mobilidade urbana, garantindo que estas reflitam as demandas e necessidades locais (Valença e Santos, 2018). Por fim, a integração de políticas também pode envolver a implementação de tecnologias inovadoras, como sistemas de transporte inteligentes e veículos elétricos. Ao articular políticas de transporte, planejamento urbano, meio ambiente e desenvolvimento econômico, as cidades

podem criar um ambiente propício para o desenvolvimento sustentável (Aba; Esztergár-Kiss, 2023; Koman *et al.*, 2024).

Contudo, a implementação de planos de mobilidade urbana sustentáveis também enfrenta desafios, especialmente em contextos urbanos já consolidados. Um dos principais desafios é a resistência à mudança por parte da população que já está acostumada ao uso do transporte individual motorizado (Lattarulo; Masucci; Pazienza, 2019). Além disso, a falta de governança horizontal, a ausência de recursos financeiros, estrutura e capacidade técnica adequada também dificultam a implementação efetiva de planos de mobilidade urbana mais inteligentes. Para superar esses desafios, é fundamental promover uma cultura de mobilidade urbana, envolvendo a sociedade civil e o setor público no planejamento e na implementação de políticas e medidas que incentivem uma mobilidade urbana mais sustentável (Ramirez-Rubio *et al.*, 2019; Munhoz *et al.*, 2020; Nemoto *et al.*, 2021).

A consolidação dos movimentos sociais provocou uma mudança significativa na forma como a sociedade brasileira enxergava e abordava as questões urbanas. A partir da redemocratização do país, os movimentos sociais passaram a ter um papel mais ativo na defesa dos direitos dos cidadãos urbanos, lutando pela reforma urbana. A inclusão da questão urbana na Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) com a Lei nº 10.257/2001 (Brasil, 2001) representou um marco nesse processo, reconhecendo a cidade como um espaço de direitos e garantindo a todos os cidadãos o direito a uma cidade sustentável, inclusiva e democrática. Essa mudança de paradigma trouxe avanços importantes, reinserindo o governo federal na discussão sobre política urbana. A criação do Ministério das Cidades, em 2003, reforçou a importância da mobilidade urbana no contexto nacional, centralizando ações e políticas relacionadas à infraestrutura urbana e ao transporte público (Brasil, 2001; Maricato, 2005). Esses avanços legislativos e institucionais são basais para o melhoramento da mobilidade urbana no Brasil.

Aprovada em 2012, a PNMU, instituída pela Lei Federal nº 12.587/2012, estabelece diretrizes e instrumentos para o planejamento e a gestão da mobilidade urbana no Brasil, tornando obrigatória a elaboração do plano de mobilidade urbana para municípios com mais de 20.000 habitantes. A lei define princípios como acessibilidade universal; sustentabilidade das redes de transporte público coletivo;

equidade no acesso aos serviços de mobilidade; eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte urbano; segurança e mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade. A PNMU prevê a integração entre os diferentes modos de transporte e a priorização de formas mais sustentáveis, como o transporte público coletivo, os modos não motorizados e o transporte de carga por meios não poluentes (Brasil, 2012).

Na esfera municipal, foi sancionada a Política de Mobilidade Urbana do Recife, através da Lei Municipal nº 18.887/2021 (Recife, 2021), que institui o Plano de Mobilidade Urbana do Recife. A lei foi desenvolvida com o objetivo de promover uma cidade mais acessível, segura, eficiente e sustentável, atendendo às diretrizes da PNMU. O processo de elaboração do plano envolveu a participação ativa da comunidade, por meio de oficinas participativas, consultas populares e debates, garantindo a representatividade dos diversos segmentos da população. Scerri e Attard (2023) enfatizam a desconexão entre os diferentes *stakeholders* na esfera dos transportes. Assim, a participação da sociedade é fundamental para a melhoria da mobilidade urbana, pois os cidadãos são os principais usuários e afetados pelas políticas e infraestruturas de transporte. A partir de mecanismos participativos os cidadãos podem contribuir com ideias, demandas e críticas, guiando as decisões dos gestores públicos para atender as suas necessidades. O plano incorpora uma visão integrada dos diferentes modos de transporte, priorizando o transporte público coletivo, os modos não motorizados e a integração entre eles. Além disso, o plano prevê a criação de infraestrutura cicloviária, a promoção da acessibilidade universal e a promoção da inovação tecnológica, visando a melhora e modernização da mobilidade urbana e a transformação para uma mobilidade urbana sustentável (Recife, 2021).

Em resumo, a ausência de uma política de mobilidade urbana trouxe diversos problemas, sendo uma das principais a infraestrutura inadequada para atender à crescente demanda por transporte nas cidades. Isso se reflete em congestionamentos frequentes, baixa qualidade dos serviços de transportes públicos e falta de segurança para os usuários de modos não motorizados (Born, 2011). Além disso, a falta de integração entre os diferentes modos de transporte e a ausência de políticas eficazes de gestão da mobilidade urbana dificultam ainda mais a oferta de um sistema de

transporte eficiente e acessível para todos (Chatziioannou *et al.*, 2023). A necessidade de reduzir as emissões de poluentes e promover modos de transporte mais sustentáveis, como o transporte público e a mobilidade ativa é outro desafio (Böcker *et al.*, 2020). Enfrentar essas dificuldades requer a adoção de políticas públicas integradas e o envolvimento da população na busca por soluções que garantam uma mobilidade urbana mais eficiente, segura e sustentável (Scerri e Attard, 2023).

A mobilidade urbana exige uma abordagem que integre as dinâmicas sociais, econômicas e ambientais das cidades, com o objetivo de promover equidade, inclusão social e sustentabilidade. Para Banister (2008) o planejamento de transportes deve adotar estratégias participativas que envolvam as pessoas da comunidade, além de buscar soluções inovadoras e tecnológicas para melhorar a eficiência e qualidade dos sistemas de transporte. Paralelamente, deve-se adotar medidas que reduzam a necessidade de viagem, mudança modal, reduzindo o uso de carros e políticas de uso do solo, reduzindo as distâncias físicas por meio do aumento da densidade demográfica.

Novas abordagens e conceitos relacionados à mobilidade urbana estão surgindo para enfrentar os desafios contemporâneos das cidades. Perspectivas recentes destacam a importância da integração entre diferentes modos de transporte, promovendo a mobilidade multimodal. Esse conceito, aliado ao redesenho urbano e à inclusão das comunidades nas decisões, visa garantir que todos os cidadãos tenham acesso equitativo aos serviços de transporte, exemplificado pelo conceito de ruas completas (Valença e Santos, 2020). A tecnologia, cada vez mais presente no cotidiano, introduz o conceito de cidades inteligentes, onde soluções como transporte compartilhado e sistemas de transporte público integrados são adotadas para melhorar a eficiência e a produtividade dos espaços urbanos (Moraci *et al.*, 2020).

2.2 CIDADES INTELIGENTES

À medida que as cidades se expandem rapidamente, com a infraestrutura, muitas vezes inadequada para suportar o rápido crescimento populacional, diversos problemas são desencadeados, como: habitação inadequada e desenvolvimento de favelas; saneamento precário; poluição ambiental; aumento do índice de desemprego

e crimes. Para enfrentar essas questões, é essencial repensar o planejamento urbano de maneira inteligente e sustentável, incorporando soluções inovadoras que promovam a qualidade de vida, a eficiência energética e a proteção ambiental (Bodo, 2019; Li, 2022).

Com o objetivo de promover um planejamento urbano estratégico para garantir o funcionamento das cidades enquanto preservam o meio ambiente e a qualidade de vida de seus habitantes, algumas soluções foram idealizadas, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Definições das diferentes categorias de cidades

Categoria	Definição
Cidades Sustentáveis	Cidades que visam equilibrar indicadores econômicos, sociais e ambientais para atender às necessidades das gerações atuais e futuras. Cidades sustentáveis focam na eficiência dos recursos, proteção ambiental, equidade social e prosperidade econômica, promovendo ao mesmo tempo uma alta qualidade de vida para os residentes.
Cidades Resilientes	Cidades com a capacidade de resistir, se adaptar e se recuperar de diversas perturbações, incluindo desastres naturais, crises econômicas e desafios sociais. Cidades resilientes focam em manter funções e estruturas essenciais, promovendo o desenvolvimento sustentável, o bem-estar dos cidadãos e o crescimento inclusivo.
Cidades Verdes	Cidades que priorizam a sustentabilidade ambiental ao implementar infraestrutura verde, como parques, telhados verdes e ruas arborizadas. Cidades verdes melhoram o ambiente urbano, melhoram o bem-estar dos residentes e abordam dimensões ecológicas, econômicas e sociais para criar harmonia entre humanos e natureza.
Cidades de Baixo Carbono	Cidades que buscam reduzir as emissões de carbono e minimizar sua pegada de carbono ao implementar práticas sustentáveis, fontes de energia renovável e tecnologias eficientes em energia. Cidades de baixo carbono focam na mitigação das mudanças climáticas e na promoção da sustentabilidade ambiental através da redução das emissões de gases de efeito estufa.
EcoCidades	Áreas urbanas projetadas para alcançar a sustentabilidade urbana ao promover agendas ecológicas, gestão ambiental e eficiência de recursos. EcoCidades visam oferecer um alto padrão de vida para os residentes sem

	esgotar os recursos ou ecossistemas, enfatizando práticas sustentáveis e a recuperação de energia e nutrientes de materiais de resíduos.
Cidades Inclusivas	Cidades que priorizam a equidade social, a diversidade e a inclusão ao garantir acesso igualitário a recursos, oportunidades e serviços para todos os residentes. Cidades inclusivas focam em criar um senso de pertencimento, promover a coesão social e abordar disparidades para construir uma comunidade urbana mais equitativa e coesa.
Cidades do Conhecimento	Cidades que enfatizam a geração, disseminação e aplicação do conhecimento e da inovação para impulsionar o crescimento econômico, o desenvolvimento social e a sustentabilidade. Cidades do conhecimento promovem uma cultura de aprendizado, pesquisa e criatividade, alavancando o capital intelectual e os avanços tecnológicos para melhorar a competitividade e a prosperidade.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Crippa *et al.* (2023).

Outro conceito que tem se destacado é o de cidades inteligentes. Sua definição tem evoluído significativamente ao longo do tempo, refletindo avanços tecnológicos e mudanças nas prioridades urbanas. Inicialmente, as cidades inteligentes eram vistas principalmente como centros urbanos que focavam na importância das tecnologias da informação e comunicação (TIC) no desenvolvimento de uma infraestrutura moderna nas cidades. As TIC referem-se à integração de telecomunicações, computadores, softwares, sistemas de armazenamento e audiovisuais, permitindo o acesso, armazenamento, transmissão e manipulação de informações. No entanto, com o tempo, a definição expandiu-se para incluir aspectos de sustentabilidade, qualidade de vida e participação cidadã. Logo, o desenvolvimento de cidades inteligentes requer uma cooperação estreita entre o Estado, a sociedade e a iniciativa privada. (Albino; Berardi; Dangelico, 2015; Bieser; Hilty, 2018; Chourabi *et al.*, 2012; Giffinger *et al.*, 2007; Lai *et al.*, 2020).

Ainda não se há um consenso claro acerca do conceito de cidades inteligentes, uma das dificuldades em se firmar tal conceito está na característica única de cada cidade, sendo a definição dependente do contexto político, econômico e social do local. Contudo, apesar das diferentes interpretações entre os autores percebe-se que os conceitos se interconectam, podendo então se entender como *smart city* aquela

que utiliza de maneira estratégica a TIC para promover a participação ativa dos cidadãos, impulsionar a inovação, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade urbana (Afonso *et al.*, 2015; Rocha, 2018; Kitchin, 2019; Belli *et al.*, 2020; Zapolskytė *et al.* 2022). Dessa forma, a Tabela 3 apresenta algumas definições de cidades inteligentes por diferentes autores.

Tabela 3 – Definições de cidades inteligentes

Autor	Definição
Caragliu; Del Bo; Nijkamp, 2011	Uma cidade é considerada inteligente quando investimentos em capital humano, social e em infraestrutura de comunicação, tanto tradicional (transporte) quanto moderna (TIC), promovem o crescimento econômico sustentável e melhoram a qualidade de vida, com uma gestão responsável dos recursos naturais, por meio de uma governança participativa.
Giffinger <i>et al.</i> , 2007	Uma cidade que desempenha bem de forma prospectiva nos aspectos de economia, pessoas, governança, mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida, construída com base na combinação inteligente de recursos e atividades de cidadãos autônomos, independentes e conscientes. Cidade inteligente geralmente se refere à busca e identificação de soluções inteligentes que permitem às cidades modernas melhorarem a qualidade dos serviços prestados aos cidadãos.
Hall <i>et al.</i> , 2000	Uma cidade que monitora e integra as condições de todas as suas infraestruturas críticas, incluindo estradas, pontes, túneis, trilhos, metrô, aeroportos, portos, comunicações, água, energia e até grandes edifícios, pode otimizar melhor seus recursos, planejar suas atividades de manutenção preventiva e monitorar aspectos de segurança, ao mesmo tempo em que maximiza os serviços prestados aos seus cidadãos.
Harrison <i>et al.</i> , 2010	Uma cidade que conecta a infraestrutura física, a infraestrutura de TI, a infraestrutura social e a infraestrutura empresarial para aproveitar a inteligência coletiva da cidade.
Tekouabou <i>et al.</i> , 2020	Uma cidade que promove a integração das novas TICs na gestão urbana para atender de forma eficaz às necessidades dos cidadãos.

Fonte: O autor (2024).

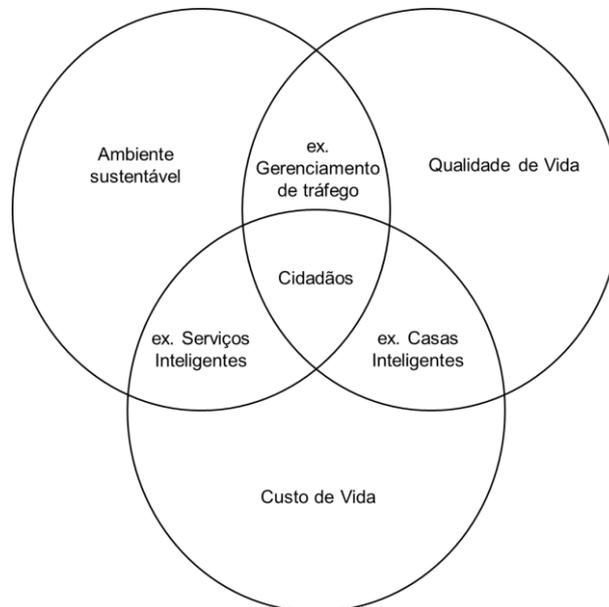
Contudo, no Brasil, o Ministério das Cidades (2021), antenado na nova tendência, elaborou a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, com objetivo de estruturar uma estratégia nacional para desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis no país.

São cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental e sociocultural, que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar

oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação. (Brasil, 2021, p. 28).

A sustentabilidade é um pilar fundamental nas discussões atuais e deve ser considerado no desenvolvimento das cidades inteligentes, sendo importante ressaltar que as cidades inteligentes não se limitam apenas à tecnologia, mas também consideram aspectos sociais, econômicos e ambientais (Tura, 2022; Allam *et al.*, 2022). Daoudagh *et al.* (2021) mostram que a segurança, a privacidade e a proteção dos dados dos cidadãos são aspectos que devem ser abordados nas estratégias de uma cidade inteligente, uma vez que se, por um ataque hacker, a base de dados for acessada, a segurança dos cidadãos pode ser afetada. Portanto, segundo Gharaibeh *et al.* (2017), espera-se que uma cidade inteligente utilize os recursos de forma racional, integrando aspectos sociais, econômicos e ambientais, melhorando a segurança, eficiência, produtividade e qualidade de vida dos munícipes. Beneficiando tanto os cidadãos quanto o ambiente, como ilustrado na Figura 1.

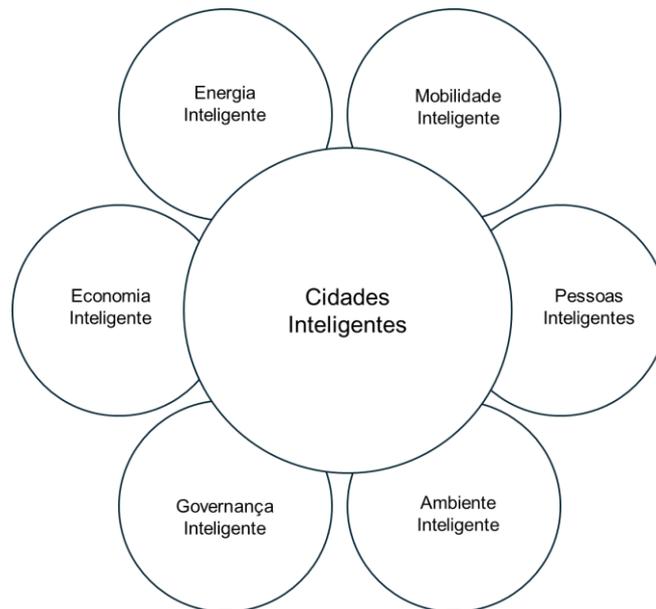
Figura 1 – Objetivos fundamentais de cidades inteligentes.



Fonte: Adaptado de Gharaibeh *et al.* (2017, p. 1) e tradução própria.

Para Oliveira; Manera e Luz (2021), as cidades inteligentes são compostas por seis eixos fundamentais que trabalham juntos para melhoria do ambiente urbano, mostrados na Figura 2. A mobilidade, em particular, é considerada um dos setores mais complexos devido à necessidade de integrar diversos modos de transporte, otimizar a infraestrutura existente e reduzir os impactos ambientais (Benevolo, Dameri; D'Auria, 2016).

Figura 2 – Eixos de uma cidade inteligente



Fonte: Adaptado de Oliveira; Manera e Luz (2021, p. 3384) e tradução própria.

Isto posto, pode-se dizer que as cidades inteligentes são uma das formas de se lidar com os desafios da urbanização, buscando melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promover a sustentabilidade e impulsionar a inovação.

Com o objetivo de avaliar o nível de desenvolvimento dos municípios brasileiros no que diz respeito ao seu desenvolvimento econômico e urbano inteligente, a *Urban Systems*, em colaboração com a *Necta*, elaborou o *Ranking Connected Smart Cities*, conduzindo estudos desde 2015. A metodologia empregada mapeou as principais publicações internacionais e nacionais sobre cidades inteligentes, conectadas, sustentáveis e humanas. A partir dessa análise, os indicadores foram adaptados para aplicação no contexto brasileiro. Atualmente, o ranking é composto por 74 indicadores

distribuídos em 11 eixos temáticos, conforme ilustrado na Figura 3. A classificação dos centros urbanos baseia-se em seu desempenho nos indicadores, levando em consideração também as movimentações das localidades vizinhas e as alterações realizadas na pesquisa. A plataforma online oferece permite consultar os resultados gerais, segmentados por região, porte do município e eixo temático. Além disso, permite a visualização dos indicadores coletados para cada localidade analisada.

Figura 3 – Eixos temáticos do *Ranking Connected Smart Cities*



Fonte: *Urban Systems* (2024).

Ainda, a NBR ISO 37122 (ABNT, 2021), intitulada "Cidades e Comunidades Sustentáveis - Indicadores para Cidades Inteligentes" estabelece definições e metodologias para um conjunto de indicadores voltados para cidades inteligentes, com o objetivo de fornecer uma estrutura completa para medir o progresso em direção a uma cidade inteligente. A NBR ISO 37122 abrange 19 eixos temáticos: economia; educação; energia; meio ambiente e mudanças climáticas; finanças; governança; saúde; habitação; população e condições sociais; recreação; segurança; resíduos sólidos; esporte e cultura; telecomunicação; transporte; agricultura local/urbana e segurança alimentar; planejamento urbano; esgotos; água. A norma define cidade inteligente como aquela que aumenta o ritmo em que proporciona resultados de sustentabilidade social, econômica e ambiental. Além disso, também deve ser capaz de enfrentar desafios como as mudanças climáticas, o rápido crescimento populacional e as instabilidades políticas e econômicas. Aprimorando a forma de engajamento da sociedade, bem como o uso de dados e tecnologias modernas.

Sendo capaz de oferecer serviços mais eficientes e contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

A implementação da norma permite que as cidades avaliem e meçam seu progresso em direção à inteligência e sustentabilidade, identifiquem lacunas e oportunidades de melhoria, e tomem decisões baseadas em dados para o desenvolvimento de infraestrutura e serviços. Esta faz parte de um sistema de certificação que inclui níveis como Bronze, Prata, Ouro e Platina, dependendo do número de indicadores alcançados.

2.3 MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE

A mobilidade em áreas urbanas é uma das maiores dificuldades enfrentadas pelas metrópoles na atualidade. Ainda que a PNMU estabeleça que é necessário contribuir para o acesso universal à cidade por meio do uso igualitário do espaço público, o aumento do fluxo de automóveis, a ausência de planejamento urbano apropriado e o desenvolvimento desarranjado das cidades têm colaborado para tornar o tráfego cada vez mais desordenado e perigoso, afetando diretamente a qualidade de vida das pessoas (Brasil, 2012; Camperstini, 2022; Mota, 2020).

Dentre as seis características para se identificar uma cidade inteligente, por Giffinger e Haindl (2010), destaca-se a mobilidade inteligente. Que tem como princípio usar a tecnologia para gerar e compartilhar dados, informações e conhecimento que influenciam decisões (Lyons, 2018; Paiva *et al.*, 2021).

Assim como as cidades inteligentes apresentam diferentes conceitos, a depender da área de atuação do autor, a mobilidade inteligente apresenta a mesma contrariedade. Porém, segundo Papa e Lauwers (2015), o termo mobilidade inteligente surgiu no início dos anos 1990 e estava atrelado à uma mobilidade dependente de um sistema de tecnologia. Contudo, atualmente é possível observar duas vertentes: uma com abordagem “tecnocêntrica”, baseada na aplicação da TIC na infraestrutura de transporte, e outra com abordagem “centrada no consumidor”, baseada na ideia de fornecer novos produtos de mobilidade para os usuários de transporte.

A mobilidade urbana inteligente pode trazer muitos benefícios para as cidades e seus residentes. Com os dados coletados, é possível desenvolver opções de transporte mais eficientes, sustentáveis e acessíveis para os moradores urbanos, como por exemplo, reduzindo congestionamentos através da coordenação semafórica (Belbachir *et al.*, 2019; Ahsan Waqar *et al.*, 2023). Percebe-se a possibilidade de soluções inteligentes que permitem a melhoria do gerenciamento do fluxo de veículos e pessoas.

A tendência de uma mobilidade urbana inteligente não se restringe a reduzir trânsito. É necessário que se criem sistemas integrados de transporte público, compartilhamento de carros e infraestrutura para ciclistas e pedestres (Wolniak, 2023; Tarek; Nasreldin, 2022; Porru *et al.*, 2020), a fim de atingir a definição de mobilidade urbana inteligente proposta por Lyons (2018) “conectividade em cidades que seja acessível, eficiente, atraente e sustentável”. Explicados na Tabela 4.

Tabela 4 – Critérios para mobilidade urbana inteligente

Critério	Descrição
Conectividade	Refere-se à capacidade de conectar pessoas, bens, serviços e oportunidades dentro das áreas urbanas por meio de várias formas, como mobilidade física (transporte) e conectividade digital (telecomunicações).
Acessibilidade e Eficiência	Envolve a provisão de soluções de mobilidade urbana que sejam acessíveis e eficientes para uma população urbana diversificada, considerando fatores como custo, conveniência e atendimento às necessidades e objetivos específicos de usuários e provedores.
Atraente	Foca na criação de sistemas de mobilidade urbana que melhorem a experiência geral de vida urbana para indivíduos, moradores e empresas, garantindo que o sistema seja atraente e proporcione um retorno positivo sobre o investimento.
Sustentável	Abrange a viabilidade econômica, social e ambiental a longo prazo das soluções de mobilidade urbana, assegurando que a acessibilidade, a eficiência e a atratividade possam ser mantidas diante de incertezas futuras.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Lyons (2018).

De acordo com Melo e Meira (2024), a mobilidade urbana inteligente busca desenvolver sistemas de transporte eficientes, sustentáveis e centrados no usuário,

visando melhorar a qualidade de vida nas cidades e reduzir os impactos ambientais. A adoção dessas tecnologias não apenas soluciona desafios urbanos, mas também promove uma cultura de mobilidade sustentável, baseada no compartilhamento e na otimização de recursos. Soluções inteligentes podem transformar a forma como nos deslocamos, proporcionando uma experiência de transporte mais integrada e eficiente, contribuindo, assim, para a construção de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

Para Müller-Eie; Kosmidis (2023), os objetivos da mobilidade inteligente incluem acesso multimodal, priorização de opções limpas e não motorizadas, além da integração das TICs. Buscam também reduzir congestionamentos, custos de transferência, poluição do ar e sonora, aumentar a velocidade dos deslocamentos e garantir mais segurança. De forma mais ampla, o transporte inteligente contribui para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos em cidades inteligentes, alinhando-se parcialmente com os objetivos convencionais de mobilidade urbana sustentável.

Assim, a sustentabilidade é um aspecto importante das iniciativas de mobilidade inteligente. Muitos projetos de mobilidade inteligente focam em promover opções de transporte mais sustentáveis, como veículos elétricos, transporte compartilhado, semáforos inteligentes e plataformas de *Mobility as a Service* (Melo; Meira, 2024). Essas iniciativas visam reduzir as emissões de carbono, aliviar a congestão do tráfego e melhorar a qualidade geral do ar em áreas urbanas. Além disso, os conceitos de mobilidade inteligente frequentemente enfatizam a mudança de hábitos de viagem, incentivando modos ativos de transporte, como caminhar e andar de bicicleta, e transformando a mentalidade da gestão tradicional do tráfego para soluções de mobilidade que consideram todo o ecossistema de transporte (Müller-Eie; Kosmidis, 2023; Szpilko *et al.*, 2023).

Os avanços em mobilidade urbana trouxeram consigo novos desafios. Embora as inovações tenham contribuído para a redução da densidade urbana, também levaram a um aumento das distâncias percorridas e da complexidade das rotas. Este impacto é percebido principalmente pela população mais pobre, que muitas vezes dependem de opções de transporte público, que acabaram se tornando menos eficientes e mais lotados, tornando a sua viagem diária ainda mais difícil e limitando o acesso a oportunidades (Siragusa *et al.*, 2018; Tomanek, 2016).

Contudo, Christidis *et al.* (2024) mostram que a maioria das cidades candidatas a Cidades Climáticas Neutras e Inteligentes, incluem transporte urbano como setor-chave em suas estratégias, combinando tecnologia com a promoção do transporte público e mobilidade ativa. O transporte público é essencial para as urbes, Gomide (2003) mostra que o transporte urbano acessível e de qualidade é capaz de contribuir para a competitividade das cidades, melhorar a acessibilidade e a mobilidade urbana que resulta na redução da pobreza e promoção da inclusão social.

A mobilidade urbana inteligente é um conceito que se apoia na participação ativa dos cidadãos para aprimorar o funcionamento das cidades. Como indicam Benevolo, Dameria e D'Auria (2016), a integração dos cidadãos é fundamental na implantação de sistemas de mobilidade inteligentes, o que pode resultar em soluções mais eficientes e adaptadas às necessidades locais.

A coleta de dados desempenha um papel importante nesse cenário. Pois, conforme sugerido por Zapolskte *et al.* (2023), a capacidade de acessar informações em tempo real, economizar tempo e melhorar viagens são aspectos da mobilidade inteligente. Nesse sentido, a mobilidade urbana inteligente se mostra como um sistema de rede caracterizado por conexões físicas e digitais e que o uso de smartphones é imprescindível no que diz respeito a cidades inteligentes (Bouskela *et al.*, 2016). Nesse sentido destacam-se os aplicativos *Waze*, *Cittamobi* e *Moovit*, que fornecem informações em tempo real sobre padrões de tráfego, uso de transporte público e condições das vias, facilitando o deslocamento urbano e contribuindo para a melhoria da mobilidade.

Assim, pode-se dizer que a mobilidade urbana inteligente é um conceito que pode auxiliar a tornar as cidades mais sustentáveis, produtivas e equitativas. Ainda, que cabe ao Estado, juntamente às empresas privadas e habitantes, respaldar e estimular a aplicação dessas alternativas para prover o desenvolvimento de forma inteligente e sustentável. Com ressalva ao ainda incerto aspecto do uso de dados e privacidade (Mattos *et al.*, 2022).

Isto posto, este estudo compreende a mobilidade urbana inteligente como um conceito voltado ao aprimoramento da eficiência e sustentabilidade dos sistemas de transporte, por meio da utilização de tecnologias para coleta, compartilhamento de

dados e suporte à tomada de decisões, promovendo uma mobilidade acessível, eficiente, atrativa e sustentável.

2.4 INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE E OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com Costa (2008), os indicadores são ferramentas que sintetizam grandes volumes de informação, transformando-os em um número adequado de parâmetros que facilitam a análise e a tomada de decisões. Eles são úteis para uma compreensão mais profunda das cidades, fornecendo informações sobre suas características e peculiaridades. Dada a complexidade dos problemas presentes nos centros urbanos, a cidade é um ambiente promissor para o desenvolvimento e aplicação de indicadores, que podem embasar a formulação de políticas públicas e planos voltados para melhorar a qualidade de vida da população (Costa, 2008).

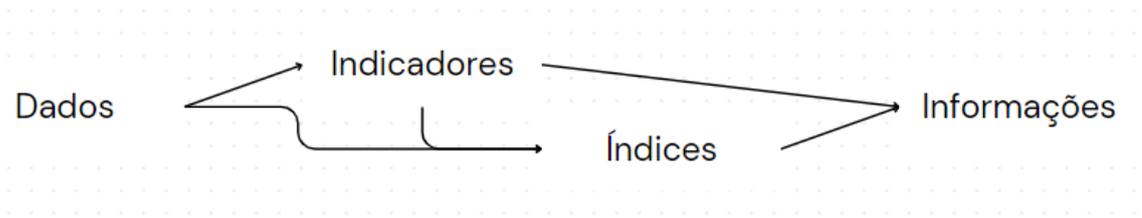
Segundo Guy e Kibert (1998), indicadores são parâmetros ou valores que oferecem informações sobre um fenômeno, e sua importância vai além da relação direta entre o parâmetro e seu valor, pois permitem uma compreensão mais completa da situação.

Por outro lado, o índice geralmente se refere a um indicador composto, que combina diversos indicadores ou parâmetros para uma aplicação específica (Gudmundsson *et al.*, 2016). De acordo com Antolín *et al.* (2020), seu principal objetivo é garantir a mensurabilidade, direcionando-se para metas mais específicas e de fácil avaliação. Normalmente, os índices estão ligados a questões globais ou a aspectos que agrupam categorias centrais, o que facilita a organização dos indicadores obtidos a partir de dados ou calculados. Que são utilizados para na avaliação de características específicas, no diagnóstico de problemas e na identificação de padrões.

Logo, indicadores e índices são fundamentais no planejamento e na gestão, pois permitem que diversos atores entendam uma situação e, com base nisso, tomem decisões informadas. Suas principais qualidades incluem a capacidade de sintetizar informações e o forte poder de representação, algo que nem sempre pode ser alcançado com a simples análise de dados brutos (Magalhães, 2004).

Para ilustrar a relação entre dados, indicadores, índices e informações, Segnestan (2002) elaborou o fluxograma mostrado na Figura 4.

Figura 4 – De dados a informações.



Fonte: traduzido de Segnestan (2022, p. 3).

No Brasil, utiliza-se indicadores para auxiliar na formulação de políticas de mobilidade urbana, especialmente em cidades de médio e grande porte. Esses indicadores são aplicados tanto no planejamento quanto no monitoramento das políticas públicas, sendo parte dos planos de mobilidade urbana, a exemplo do Plano de Mobilidade de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2013). Isso se dá devido às diretrizes para o planejamento e gestão da mobilidade urbana da PNMU, onde é estabelecida a necessidade de formulação e implantação de mecanismos de monitoramento e avaliação sistemáticos e permanentes dos objetivos estabelecidos a curto, médio e longo prazo (Brasil, 2012).

Conforme Costa (2003), os indicadores são capazes de transformar grandes volumes de informação em parâmetros mensuráveis, auxiliando na análise de fenômenos complexos. Eles traduzem conceitos abstratos em dados operacionais, oferecendo uma visão sintética da situação. Sua aplicação revela condições atuais e tendências futuras, indicando aspectos que necessitam de intervenção. Entre os benefícios dos indicadores estão a redução da quantidade de medições necessárias para avaliar o desempenho de um sistema e a identificação de condições que exigem intervenção (Guy; Kibert, 1998).

Conclui-se que os indicadores de mobilidade são fundamentais para o planejamento e gestão urbana. Os indicadores permitem que os gestores identifiquem as deficiências na mobilidade urbana, apoiam a tomada de decisões e monitoram os resultados, possibilitando ajustes nas ações quando necessário (Labri; Baziz, 2022).

Contudo, no âmbito da mobilidade urbana inteligente os estudos se concentram em aplicações específicas desse conceito, então é necessário que se desenvolva um índice de mobilidade urbana inteligente, para mensurar a aplicação desse conceito nas cidades (Melo; Meira, 2024).

A construção de índices envolve uma série de considerações metodológicas essenciais para garantir sua utilidade, confiabilidade e adequação ao objetivo proposto. O “*Handbook on Constructing Composite Indicators*” (Organisation for Economic Co-Operation and Development – OECD, 2008) e o “Guia Referencial: Construindo e Analisando Indicadores” (Bahia, 2021) oferecem diretrizes sobre como projetar, desenvolver e divulgar esses indicadores de forma transparente, para evitar manipulação de dados e distorções nas análises. A seguir, são destacadas as principais recomendações, integradas aos atributos desejáveis para um índice eficiente, que devem ser considerados durante a sua construção:

- Base teórica: a primeira etapa do processo de construção envolve o desenvolvimento de uma base teórica sólida, que guiará a seleção e combinação dos indicadores individuais;
- Utilidade: a utilidade de um indicador composto está diretamente relacionada à clareza com que ele comunica seu objetivo e à sua capacidade de auxiliar na tomada de decisões. Deve ser projetado para atender à finalidade para a qual foi concebido, facilitando a ação dos gestores;
- Representatividade e Seleção de Dados: indicadores devem ser escolhidos com base na sua relevância, abrangência geográfica e relação entre si, sempre com foco na representação fiel do fenômeno que se deseja medir. A representatividade e a confiabilidade da fonte de dados também são aspectos fundamentais para garantir que o indicador reflita a realidade de forma precisa e exata;
- Confiabilidade Metodológica e Imputação de Dados: a confiança metodológica é garantida quando são adotados métodos robustos de coleta e processamento de dados, assegurando a precisão do indicador. A imputação de dados ausentes deve ser feita com cuidado, considerando abordagens adequadas e analisando valores extremos que possam distorcer a interpretação;

- **Simplicidade de Comunicação e Normalização:** a comunicação clara e o fácil entendimento do indicador são fundamentais para garantir que ele seja acessível ao público-alvo. Além disso, é essencial normalizar os indicadores para torná-los comparáveis, levando em conta possíveis distorções causadas por dados assimétricos ou valores extremos.
- **Estabilidade e Sensibilidade:** a estabilidade do indicador requer que ele tenha mínima interferência de variáveis externas ou adversidades, mantendo sua capacidade de mensurar com precisão o fenômeno ao longo do tempo. Já a sensibilidade está relacionada a capacidade do indicador de minimizar riscos e garantir que ele seja eficiente e confiável em diferentes contextos e condições.
- **Tempestividade e Agregação de Indicadores:** o índice deve ser projetado para ser utilizado rapidamente, sempre que o gestor precisar tomar decisões baseadas nas informações que ele fornece. A agregação e ponderação dos indicadores devem ser feitas conforme o referencial teórico, considerando problemas de correlação entre os dados.
- **Robustez e Apresentação:** a robustez do indicador pode ser avaliada por meio de análises de sensibilidade e verificações de como as escolhas metodológicas influenciam os resultados. Finalmente, a apresentação e visualização do indicador devem ser feitas de maneira a facilitar a interpretação dos dados, influenciando positivamente a compreensão e aplicação dos resultados.

Algumas pesquisas foram conduzidas com o objetivo de desenvolver índices para avaliar e melhorar os sistemas de mobilidade urbana, promovendo a sustentabilidade, como o Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (Costa, 2008) e o Índice de Mobilidade Sustentável (Machado, 2010). Projetados para avaliar aspectos como acessibilidade, eficiência, segurança e impacto ambiental, os índices de mobilidade estão diretamente alinhados com vários ODS. Esses índices possibilitam a tomada de decisões orientada por dados, fornecendo informações quantificáveis para o planejamento urbano, identificando áreas para melhoria, monitorando o progresso ao longo do tempo, facilitando análises comparativas entre cidades e promovendo a elaboração de políticas voltadas a sustentabilidade. No entanto, desafios como a qualidade e a disponibilidade de dados, especialmente em regiões

em desenvolvimento, ressaltam a necessidade de enfrentar essas lacunas. Além disso, à medida que a mobilidade urbana evolui, conceitos novos surgem, como a mobilidade urbana inteligente, com novas tecnologias e necessidades sociais, demandando uma adaptação dos índices, incorporando as tendências (Costa, 2008; Machado, 2010; Segnestan, 2022).

Os ODS visam abordar uma ampla gama de desafios globais, para isso foram estabelecidos 17 objetivos globais (Figura 5) em 2015 como parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Os ODS surgiram como uma evolução dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, que vigoraram de 2000 a 2015. O processo de criação dos ODS teve início na Conferência Rio+20, realizada no Rio de Janeiro em 2012. Após um extenso processo de consulta e negociação, que envolveu os 193 estados-membros da ONU e a sociedade civil global, os ODS foram oficialmente adotados em setembro de 2015 (*United Nations Development Programme, 2016*).

Figura 5 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2020).

Uma gama de metodologias podem ser utilizadas no processo de avaliação da sustentabilidade. Nesse contexto, os indicadores são utilizados para realizar uma medição padronizada, construir cenários e realizar comparações entre o cenário atual e as metas a serem alcançadas, além de serem utilizados para apoiar o processo de tomada de decisão (Sala; Ciuffo; Nijkamp, 2015).

Segundo a ONU (2024), os transportes sustentáveis e a tecnologia são tópicos-chave para o desenvolvimento global sustentável. A importância dos transportes é reconhecida desde a Cúpula da Terra da ONU em 1992 e tem sido constantemente reafirmada em fóruns internacionais. O setor é visto como um dos elementos cruciais para o crescimento econômico, melhoria da acessibilidade e integração da economia, ao mesmo tempo em que respeitam o meio ambiente e promovem a equidade social. Já o desenvolvimento e a disseminação de tecnologias ambientalmente corretas são fundamentais para enfrentar desafios como a erradicação da pobreza e a reorientação de trajetórias de desenvolvimento insustentáveis.

Reconhecendo essa importância, iniciativas como o Grupo Consultivo de Alto Nível sobre Transporte Sustentável e o mecanismo de facilitação de tecnologia estabelecido pela Agenda de Ação de Addis Abeba foram criados para apoiar os objetivos de desenvolvimento sustentável. A integração dos transportes sustentáveis e da tecnologia nas políticas e estratégias de desenvolvimento é essencial para enfrentar os desafios ambientais, sociais e econômicos do século XXI.

Diversos trabalhos fazem análises de aspectos da mobilidade urbana de maneira isolada, apresentando contribuições para diversos elementos como transporte público, ciclismo, compartilhamento de bicicletas e veículos elétricos. Assim, é possível traçar um paralelo entre os indicadores e os objetivos de desenvolvimento sustentável, levando em consideração as metas a serem atingidas dentro de cada objetivo.

Um dos principais elementos da mobilidade urbana é o transporte público. Conforme apontado por Gomide, Leite e Rebelo (2006), o transporte público inadequado pode se tornar uma barreira à inclusão social, impedindo o acesso da população, especialmente a mais pobre, às oportunidades e atividades sociais. Um exemplo disso é o estudo Fried *et al.* (2020), que destacou a importância da acessibilidade ao transporte coletivo. O caso do sistema informal de transporte Matatus, em Nairobi, revela que 79% da população vive próxima a uma parada. No entanto, embora seja mais utilizado pelas classes mais pobres, são justamente essas pessoas que enfrentam os maiores deslocamentos para acessar o serviço. Logo, pode-se relacionar o transporte público com os ODS 1 e 10.

O transporte público, em destaque os veículos de baixa emissão, também pode ser responsável pela redução das emissões de gases de efeito estufa e no combate às mudanças climáticas, alinhando-se aos ODS 3, 7, 11, 12 e 13. Hasan *et al.* (2023) avaliaram o potencial do transporte público para mitigar congestionamentos e reduzir a dependência de carros, mostrando que melhorias nas redes de ônibus podem promover uma mudança modal significativa, reduzindo o congestionamento e as emissões associadas (Insani; Purnomo; Sadayi, 2023). Ainda, Wang e Liu (2022) apresentam que um incremento de 10 minutos no tempo de viagem está associado à maiores chances de depressão e que viagens feita por moto tem maior associação com depressão devido ao estresse causado pela menor segurança.

Estudos recentes têm explorado abordagens para integrar o transporte público com outras soluções de mobilidade sustentável. A integração de serviços sob demanda com sistemas de transporte público, por exemplo, demonstra potencial para aumentar a eficiência e acessibilidade da mobilidade urbana, contribuindo para o ODS 9. Nesse sentido, se destacam os sistemas de compartilhamento de bicicletas com elemento para a promoção de um transporte urbano mais sustentável (Park *et al.*, 2022).

A mobilidade ativa, especialmente o uso de bicicletas, promove estilos de vida saudáveis e reduz a poluição do ar. A atividade física associada ao ciclismo contribui para a diminuição de doenças e de outros impactos negativos de um estilo de vida sedentário (Frank *et al.*, 2022). Além disso, Babu Saheer, Ahmadpoor e Maroli (2024) mostram que a concentração de gases tóxicos em rotas para carros é maior que em rotas cicláveis e destacam o potencial da estrutura cicloviária para um planejamento urbano sustentável. Logo, iniciativas de mobilidade ativa podem contribuir para os ODS 3, 7, 9, 10, 11 e 13.

As bicicletas são símbolo da descarbonização do transporte. Porém, o *Institute for Transportation and Development Policy* (ITDP) aponta que, na verdade, a combinação da eletrificação de veículos com o desenvolvimento de cidades compactas e de uso misto do solo, projetadas para caminhadas, ciclismo e transporte público, é essencial para prevenir os efeitos das mudanças climáticas (ITDP, 2022).

Logo, os veículos elétricos fazem parte do conjunto de medidas a serem tomadas na mitigação dos problemas relacionados às emissões de carbono (Esteves; Alonso-

Martínez; de Haro, 2021). O setor de transporte é responsável por aproximadamente 24% das emissões de CO₂ e a adoção de veículos elétricos pode auxiliar as nações a modificarem esse quadro, principalmente se utilizar de uma solução energética verde (Sambo; Garba, 2023). Nesse sentido, Nanaki (2021) indica que as políticas de transporte de baixo carbono devem integrar a disponibilidade de combustíveis e fontes de energia produzidos a partir de fontes renováveis. Assim, entende-se que o desenvolvimento de tecnologia de veículos elétricos está estreitamente alinhado com os ODS 3, 7, 11 e 13.

Além disso, o uso da tecnologia faz parte do dia a dia da população. Segundo o IBGE 87,6% das pessoas com 10 anos ou mais de idade tinha telefone celular em 2023 (IBGE, 2024). Assim, é possível pensar em sistemas que utilizem da tecnologia para trazer melhorias para a mobilidade urbana, como sistemas de pagamento eletrônico e cartões inteligentes, semáforos inteligentes, e informações em tempo real sobre o transporte público para os usuários. Nesse sentido, Naizabayeva, Zaitov e Seilova (2024) mostram que o uso de sistemas inteligentes de gerenciamento de tráfego pode contribuir com a redução da poluição do ar. Já Barbosa *et al.* (2021) apontam que tecnologias como sistemas de localização de veículos em tempo real por GPS, painéis digitais que exibem horários de chegada de ônibus em tempo real em paradas e terminais, sistemas de informações de tráfego em tempo real e plataformas online com atualizações instantâneas sobre o transporte público aprimoram a eficiência e a qualidade do transporte público. Então, essas soluções tecnológicas contribuem para o alcance dos ODS 3, 9, 11 e 17.

Por fim, os planos de mobilidade urbana sustentável são fundamentais para melhorar a qualidade de vida no ambiente urbano, pois fornecem um guia para o desenvolvimento de sistemas de transporte sustentáveis nas cidades (Militaru *et al.* 2021), estando diretamente alinhados com os ODS 11, 13, 16 e 17.

3 BOAS PRÁTICAS DE MOBILIDADE URBANA

O desenvolvimento urbano, impulsionado pela rápida urbanização e pela crescente demanda por soluções inovadoras, exige melhorias contínuas nas infraestruturas e nos serviços públicos. Nesse contexto, as cidades inteligentes buscam utilizar da tecnologia para promover ambientes urbanos mais sustentáveis. A mobilidade é um aspecto importante para se alcançar essa meta, visto que a rede de transportes garante a conectividade da cidade (Bianchi; Schmidt, 2023; Gulk; Budna, 2024).

Para isso, é essencial implementar sistemas de transporte inteligentes, Papadakis *et al.* (2024) apontam cinco categorias estratégicas para o desenvolvimento de boas práticas de mobilidade: mobilidade ativa, transporte público, gestão do tráfego, gestão da demanda de viagens e envolvimento da sociedade. Ações estratégicas não apenas melhoram a mobilidade urbana e reduzem os congestionamentos, mas também transformam a forma como as pessoas se deslocam, aumentando a eficiência e promovendo um futuro mais sustentável (Bianchi; Schmidt, 2023).

É verdade que cada cidade possui suas particularidades, o que torna as soluções de mobilidade difíceis de serem diretamente replicadas. No entanto, gestores podem se inspirar em boas práticas de outras localidades e adaptá-las às suas realidades específicas. Uma forma eficaz de testar essas soluções é por meio de projetos-piloto, que permitem experimentá-las em áreas selecionadas antes de aplicá-las em larga escala (Tsavachidis; Le Petit, 2022).

Projetos-piloto permitem avaliar a viabilidade, os impactos e os desafios de novas tecnologias e abordagens de mobilidade. Quando bem planejados, oferecem soluções concretas para problemas urbanos. Contudo, para gerar impactos significativos, é essencial expandir os resultados positivos além da fase inicial, transformando soluções temporárias em benefícios permanentes. Assim, esses projetos ajudam gestores e planejadores urbanos a validarem e aprimorarem estratégias, facilitando sua implementação em larga escala e promovendo uma transição eficiente e sustentável para cidades mais inteligentes (Bianchi; Schmidt, 2023; Tsavachidis; Le Petit, 2022).

Os Planos de Mobilidade Urbana alinham as melhores práticas às políticas para promover a mobilidade inteligente e sustentável por meio de um planejamento estratégico e centrado nas pessoas. Eles buscam atender às necessidades de mobilidade dos cidadãos, melhorando a qualidade de vida. A implementação dos planos pode enfrentar diversos desafios, mas incentivar a participação pública e comunicar claramente os benefícios das medidas pode reduzir a resistência e aumentar o engajamento (Papadakis *et al.*, 2024). Para uma mudança modal eficaz, são necessárias medidas de incentivo ao transporte público e ativo, e medidas restritivas ao uso do carro particular (Batty; Palacin; González-Gil, 2015). Contudo, são necessários marcos legais flexíveis para se adaptar a inovações e novas soluções de mobilidade. Além disso, o acesso aberto a dados de alta qualidade é essencial para decisões informadas, otimização de veículos conectados e desenvolvimento de estratégias de mobilidade urbana (Tsavachidis; Le Petit, 2022).

3.1 MOBILIDADE ATIVA

Incentivar a mobilidade ativa é fundamental para enfrentar desafios contemporâneos relacionados à urbanização e saúde pública. Ao priorizar o deslocamento ativo, as cidades reduzem a dependência de veículos motorizados e, conseqüentemente, minimizam as emissões de gases poluentes e os congestionamentos (Carnevale *et al.*, 2018). Além disso, a promoção de uma mobilidade ativa está associada a redução nas taxas de obesidade e diabetes (Frank *et al.*, 2022).

A interação entre mobilidade ativa e mobilidade inteligente é fundamental para o desenvolvimento de cidades inteligentes. Esta associação se dá através da integração de TICs para melhorar a experiência de pedestres e ciclistas, e da promoção de formas urbanas mais compactas.

No Brasil, o sistema de compartilhamento de bicicletas tem ganhado relevância nos últimos anos, tornando-se uma opção para a mobilidade urbana nas grandes cidades e colocado o país como líder na oferta de serviço na América Latina (Pacete, 2022). O principal serviço no país é o Bike Itaú, presente em cinco capitais (São Paulo, Rio de Janeiro, Pernambuco, Porto Alegre e Salvador). Porém, Callil, Constanzo e

Shiraishi (2024), mostram que em cidades como São Paulo e Rio de Janeiro o sistema ainda enfrenta desafios relacionados à inclusão de pessoas de baixa renda e moradores das periferias.

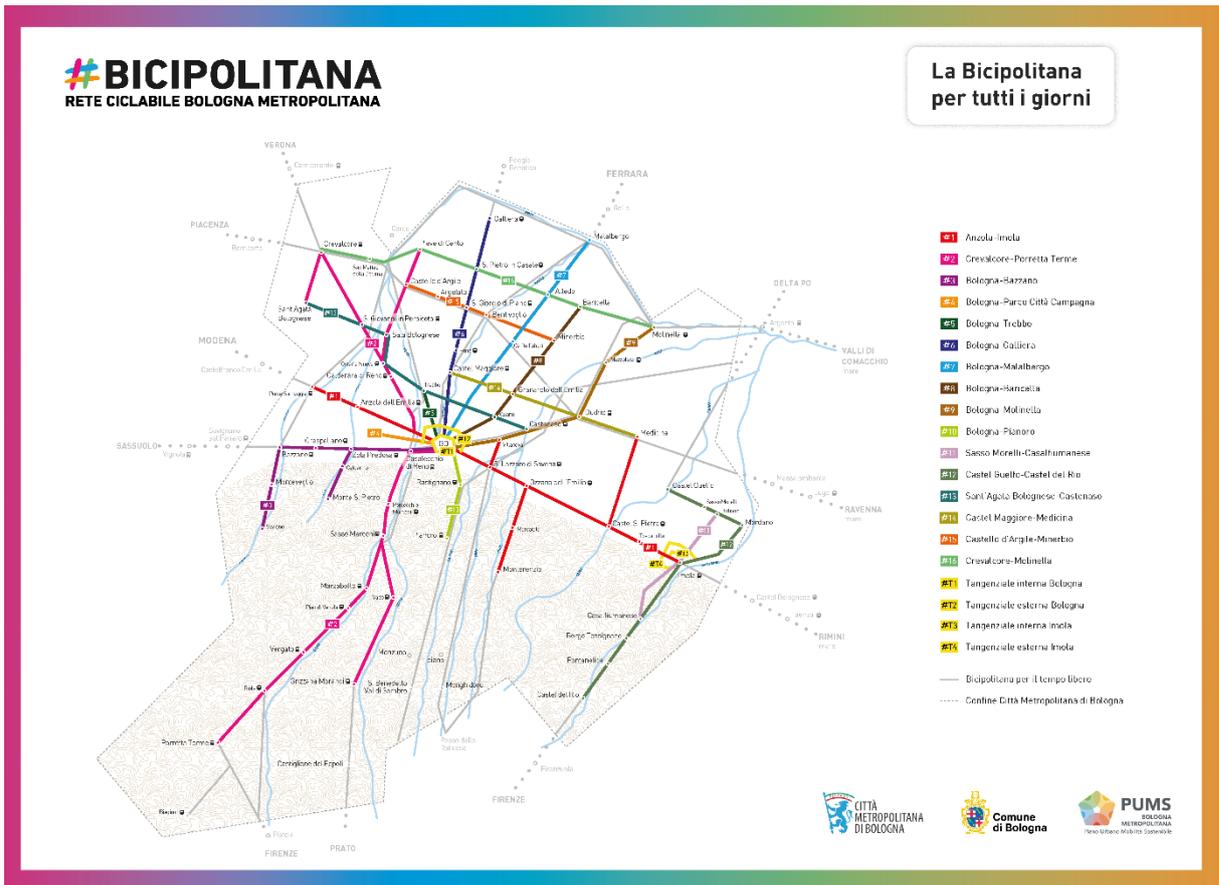
Apesar dos avanços, a mobilidade ativa no Brasil ainda tem obstáculos a serem superados. É necessário expandir e melhorar a infraestrutura para pedestres e ciclistas a fim de garantir segurança e acessibilidade. A educação para o trânsito também é essencial para promover uma cultura de respeito e segurança. Além disso, políticas públicas devem focar em tornar o sistema mais acessível para todas as classes sociais (Almeida, 2023; Callil; Constanzo; Shiraishi, 2024; Sabino; Canêdo, 2017).

Promover a mobilidade ativa em uma sociedade dominada pelo automóvel exige uma mudança no comportamento das pessoas. Embora seja difícil realizar uma transformação cultural, algumas iniciativas já demonstram eficácia na promoção de caminhadas e do uso da bicicleta. É o caso da iniciativa *Bike Bus*, que consiste em grupos organizados de ciclistas que percorrem uma rota específica, semelhante ao funcionamento de um ônibus. Esse grupo segue um itinerário predefinido, com horários e pontos de parada estabelecidos, onde outros ciclistas podem se juntar ao percurso. A *Bike Bus* é uma iniciativa predominante entre crianças que se deslocam para a escola, mas que também é aplicada em contextos de deslocamento de adultos (Simón-i-Mas; Honey-Rosés, 2024).

Diversos estudos e experiências em cidades brasileiras e internacionais demonstram que investimentos em infraestrutura adequada para pedestres e ciclistas resultam em um aumento no uso desses modos de transporte (Maltese; Gatta; Marcucci, 2021; Félix; Cambra; Moura, 2020). Além disso, Dédelé; Miškinytė (2021) mostram que melhor infraestrutura e segurança são fatores significantes para que os usuários de transporte motorizado passem a utilizar o transporte ativo.

Nesse sentido se destaca a Bicipolitana, em Bolonha, Itália. A cidade criou uma rede ciclável semelhante às redes de metrô, dividida em linhas com cores e números diferentes, a rede conta com mais de 1.000 km de percurso. Esta é projetada para estimular o uso da bicicleta, garantindo trajetos seguros e contínuos, facilitando assim a escolha do transporte ativo (Figura 6).

Figura 6 – Representação da Bicipolitana



Fonte: Bicipolitana (2024).

Para promover uma transição modal, é necessário adotar medidas de *push* e *pull*. De modo geral, os mecanismos de *pull* envolvem tornar o sistema de transporte público e mobilidade ativa mais atraentes, enquanto os mecanismos de *push* buscam romper hábitos de uso do carro particular (Batty; Palacin; González-Gil, 2014). Um bom exemplo dessas medidas vem da cidade de Fortaleza, onde em uma alteração feita pela Lei Ordinária nº. 10.752, de 12 de junho de 2018, dispõe que os recursos provenientes da Zona Azul (estacionamento rotativo), devem ser empregados na política ciclovária do município (Fortaleza, 2018).

Turón, Czech e Juzek (2017) apresentam soluções aplicadas em cidades polonesas para melhorar a caminhabilidade. Uma delas é a implementação das *woonerfs*, ruas onde pedestres e ciclistas têm prioridade. Nessas vias, a separação tradicional entre calçada e rua é eliminada, restringindo o trânsito de passagem, mas permitindo o transporte público, a iniciativa se mostrou eficaz por meio do aumento do

fluxo de pedestres. Outra solução destacada são os pavimentos *szpilkostrada*, apresentados na Figura 7, que facilitam o caminhar em áreas com paralelepípedos, beneficiando especialmente mulheres de salto alto e cadeirantes. Essas intervenções são comuns em centros históricos. Além disso, o controle de semáforos em favor dos pedestres, conhecido como “*all-green*”, permite que todos os cruzamentos exibam luz verde simultaneamente para pedestres quando não há veículos na via. Por fim, foram implementados pontos de parada de bonde com o nível da via elevado à altura da calçada, facilitando o embarque, aumentando o conforto e obrigando os carros a reduzirem a velocidade, o que promove maior segurança.

Figura 7 – Pavimentos modificados



Fonte: Turón; Czech; Juzek (2017).

3.2 TRANSPORTE PÚBLICO

Papadakis *et al.* (2024) destacam soluções para tornar o transporte público mais atrativo e eficiente, oferecendo alternativas viáveis ao uso do carro particular. Isso inclui a oferta de serviços de alta frequência, confiabilidade e fácil acesso por meio de análises de dados de mobilidade. Parcerias para coleta e gestão de dados são fundamentais para melhorar esses serviços.

A mobilidade inteligente no transporte público utiliza TICs para melhorar a qualidade do serviço, a acessibilidade e a sustentabilidade. Isso inclui o fornecimento de informações em tempo real por meio de aplicativos móveis e painéis digitais, mantendo os passageiros atualizados sobre horários de chegada, atrasos e alterações de rota. Sistemas de pagamento integrados, como métodos de pagamento por aproximação e cartões inteligentes, que permitem transações sem complicações em diferentes modos de transporte. A gestão inteligente do tráfego, utilizando semáforos inteligentes e sensores para priorizar veículos de transporte público e reduzir a congestão. Por fim, a integração multimodal conecta os diferentes modos de transporte, criando uma rede mais eficiente (Dudycz; Piątkowski, 2018; Carvalho *et al.*, 2021; Mitięka *et al.*, 2023).

Nesse sentido, faixas exclusivas de transporte público são essenciais para otimizar o desempenho e reduzir os tempos de viagem, além de desestimular o uso de carros. Melo, Souza Júnior e Meira (2024), mostram que, no Recife, as faixas exclusivas de ônibus são responsáveis por manter uma velocidade operacional acima das faixas de tráfego misto em horários de pico.

Curitiba, no Brasil, é considerada a “mãe de todos os sistemas BRT” devido à visão de longo prazo do arquiteto e prefeito Jaime Lerner. Devido a restrições financeiras e ao rápido crescimento urbano nos anos 1960, Curitiba implementou corredores exclusivos de ônibus, projetados para futura conversão em VLT. O sucesso desse sistema provou que operações eficientes de ônibus podiam atender às necessidades da cidade de forma prolongada. Outras cidades brasileiras adotaram sistemas similares, no entanto, o exemplo de aplicação do sistema veio com o “TransMilenio” em Bogotá. O TransMilenio foi implementado na cidade para suprir a demanda por transporte público, porém para o prefeito a construção de um metrô teria custos elevados. O sistema se destaca pelos seguintes elementos: corredores exclusivos de ônibus (Figura 8); plataformas em nível; bilhetagem pré-embarque; ônibus articulados com portas adaptadas e acessibilidade universal; prioridade semaforica; terminais de integração. O TransMilenio é considerado um modelo global de BRT eficiente e sustentável (Matrisch; Weiss, 2008).

Figura 8 – Representação do TransMilenio



Fonte: TransMilenio (2024).

Quanto aos sistemas de bilhetagem inteligente, tem-se como exemplo o “Jaé” (substituto do RioCard) no Rio de Janeiro, que permite o uso de um único cartão para diversos modos de transporte. O novo sistema dispensa o uso do cartão, pois pelo aplicativo do Jaé é possível gerar um *qr code* para realizar o pagamento da tarifa, simplificando viagens multimodais e incentivando o uso do transporte público (Jaé, 2024). Já em Nova Iorque, além do cartão de transporte, os usuários têm a opção de utilizar seus cartões de crédito ou débito para pagar as tarifas. Com esse sistema é possível pagar apenas pelas viagens realizadas, até que o limite de \$34 (valor do passe semanal) em um período de 7 dias seja atingido, desde que utilizem o mesmo cartão ou dispositivo para os pagamentos (MTA, 2025).

Outros exemplos de aplicativos que facilitam o uso do transporte público são o *CittaMobi*, desenvolvido no Recife, que fornece informações em tempo real sobre localização e horários dos ônibus, auxiliando no planejamento de viagens (CittaMobi,

2024). E o Ruter, app da empresa responsável pelo transporte público em Oslo, que permite a compra de bilhetes e acesso a itinerários e rotas dos diferentes meios de transporte público da cidade (Ruter, 2024).

Essas soluções integradas promovem a eficiência, a sustentabilidade e a atratividade dos sistemas de transporte público, incentivando o deslocamento multimodal e reduzindo a dependência de veículos privados.

3.3 GESTÃO DO TRÁFEGO

Papadakis *et al.* (2024) destacam várias medidas de moderação de tráfego para promover ambientes seguros e sustentáveis, incentivando modos ativos de transporte. Cidades como Viena, Larissa, Karditsa e Londres implementaram com sucesso essas práticas. Em Londres, por exemplo, a criação de zonas livres de carros, como em *London Bridge*, reduziu o tempo de viagem, valorizou propriedades e incentivou a mobilidade sustentável. Wawer, Grzesiuk e Jegorow (2022) apontam que, no âmbito da mobilidade inteligente, autoridades municipais adotam medidas para fomentar uma economia de baixo carbono, como zonas de emissões limitadas que restringem a entrada de veículos fora dos padrões ambientais. Outras iniciativas incluem a promoção do transporte público, da mobilidade ativa, restrições ao uso de carros (como redução de velocidade e cobrança de taxas) em certas áreas e a instalação de carregadores gratuitos para veículos elétricos.

Destaca-se então, a criação de zonas 30, que são áreas urbanas com limite de velocidade máximo de 30 km/h, implementadas com o objetivo de melhorar a segurança viária e a qualidade de vida nas cidades. Esse conceito começou a ser debatido na Holanda na década de 1980 e desde então tem se difundido por diversos países da Europa e do mundo (Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, 2019). Em Salvador, determinadas localidades tiveram a velocidade máxima readequada para 30 km/h como parte de uma iniciativa integrada de readequação viária e paisagismo urbano. Os resultados indicam um impacto positivo, com uma redução de 50,5% nas infrações por excesso de velocidade (Salvador, 2021).

Ainda, a cobrança de pedágios por congestionamento é eficaz para reduzir o tráfego em áreas centrais, o principal exemplo de implementação dessa medida é

Singapura, onde foi implantado o sistema eletrônico de cobrança de pedágio, que cobra automaticamente uma tarifa dos veículos que passam pelos pórticos (Figura 9) que delimitam a zona restrita. Para lidar com o aumento da demanda por transporte público gerado por essa medida, o governo adotou uma política integrada com cinco pontos: gestão de tráfego coordenada com impostos sobre propriedade e uso de veículos; expansão da rede rodoviária para garantir acesso a todas as regiões do país; desenvolvimento da rede ferroviária de transporte coletivo; melhoria da qualidade dos ônibus e dos serviços oferecidos; e integração dos serviços de ônibus, trens e táxis (Santos; Li; Koh, 2004).

Figura 9 – Pórtico de cobrança de pedágio



Fonte: Ministério dos Transportes de Singapura (2024).

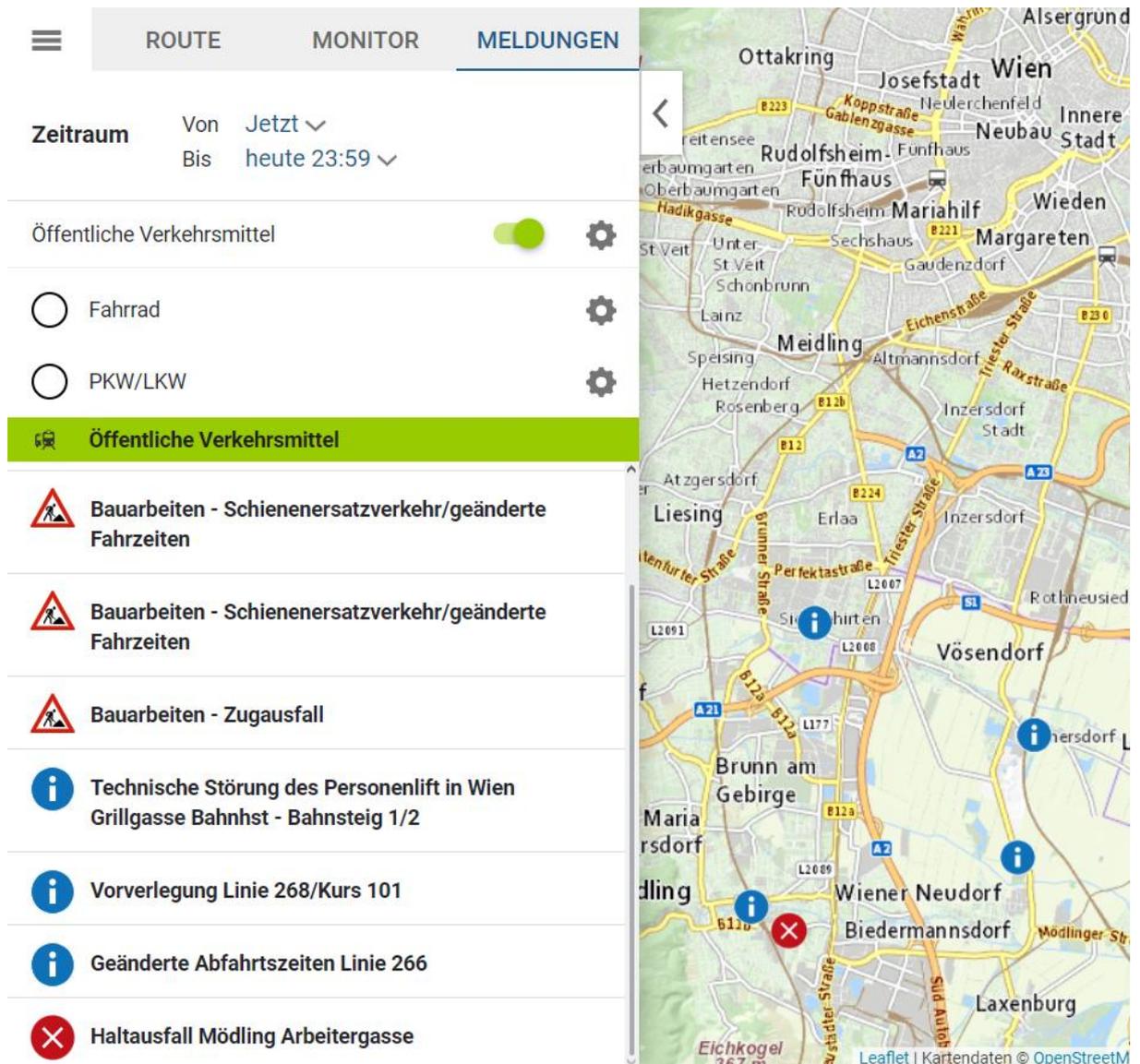
3.4 GESTÃO DA DEMANDA DE VIAGENS

Os sistemas de compartilhamento de bicicletas são uma solução eficaz de mobilidade urbana, permitindo aluguel e devolução de bicicletas por meio de aplicativos e tecnologia de rastreamento. Essas bicicletas são projetadas para uso intensivo e podem ser elétricas ou convencionais, operando com ou sem estações

fixas. Exemplos bem-sucedidos incluem La Rochelle, na França, que lançou o pioneiro sistema “*Vélos Jaunes*” em 1974. Ao longo dos anos, o sistema evoluiu com a adição de tecnologia inteligente, expansão da rede de ciclovias para 150 km e a introdução de cartões integrados ao transporte público e ao compartilhamento de carros elétricos. Financiado por publicidade, taxas de uso e subsídios, o compartilhamento de bicicletas, quando integrado ao transporte público, reduz a dependência de automóveis e incentiva a mobilidade sustentável (Papadakis *et al.*, 2024; Midgley, 2009).

Na Áustria, o AnachB é um sistema de planejamento de rotas, disponível gratuitamente como site (Figura 10) e aplicativo. Ele oferece comparações objetivas de trajetos e tempos de viagem para diversas opções de transporte, incluindo transporte público, bicicleta, caminhada, carro e combinações desses modos. Utilizando dados em tempo real, o AnachB fornece informações atualizadas sobre condições de tráfego, câmeras de trânsito, obras, desvios e notícias relevantes. Essa integração facilita a mobilidade urbana ao permitir que os usuários escolham a melhor rota de acordo com suas necessidades e promove o uso de modais sustentáveis ao disponibilizar opções detalhadas e acessíveis de transporte (ITS Vienna Region, 2024).

Figura 10 – Informações de tráfego no AnachB



Fonte: ITS Vienna Region (2024).

Já em Antuérpia, na Bélgica, o controlador de tráfego inteligente substituiu sistemas antigos de coordenação de sinalização. A nova tecnologia organiza o fluxo dos bondes com mais precisão e segurança, ajustando a velocidade e acionando frenagens automáticas quando necessário. Além disso, modifica os tempos dos semáforos e a capacidade viária em tempo real, adaptando-se a situações inesperadas. Essa tecnologia pode reduzir o tempo em congestionamentos em 64%, diminuindo perdas econômicas, emissões de gases de efeito estufa e agressividade

no trânsito. A segurança de ciclistas e pedestres também é aumentada (Papa; Lauwers, 2015).

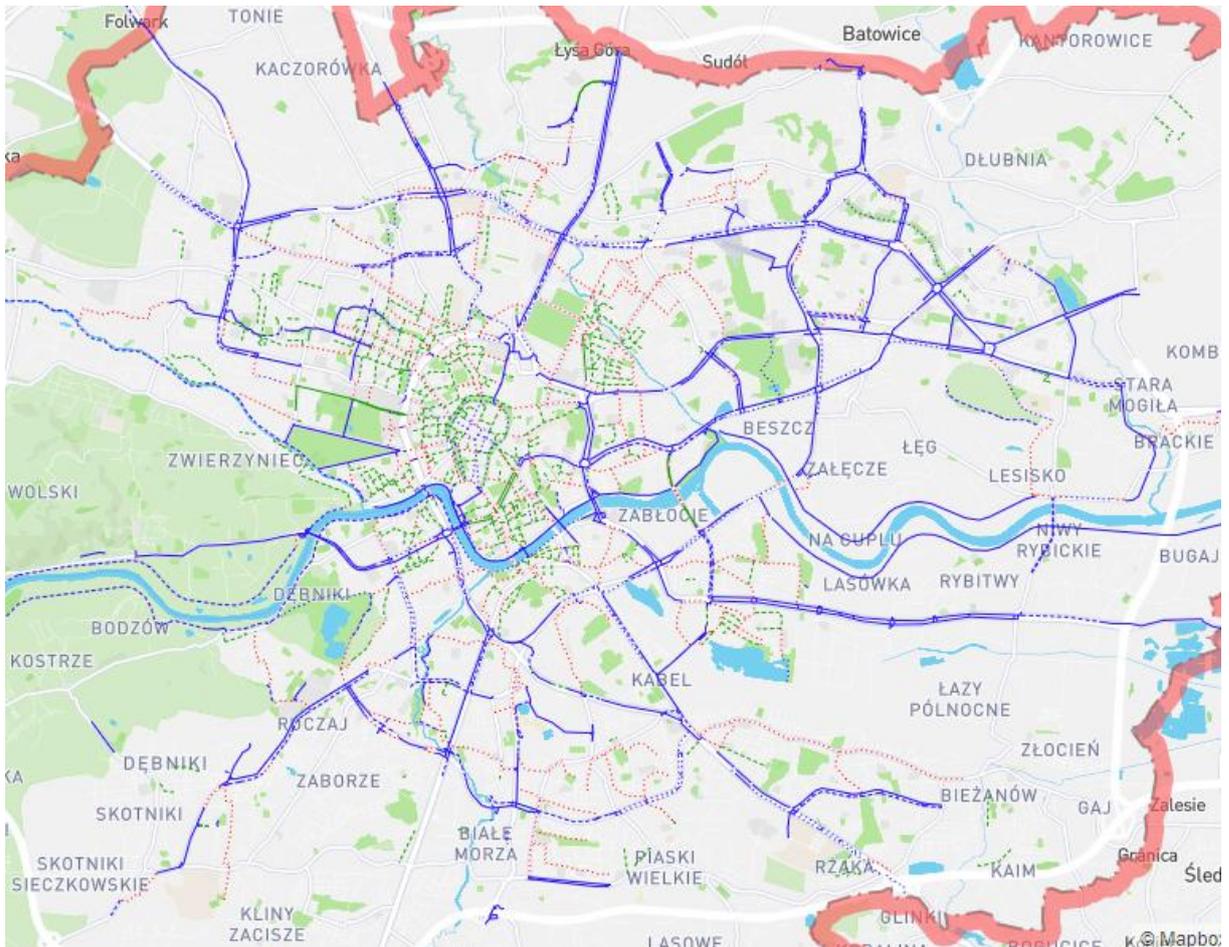
3.5 ENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE

Para implementar iniciativas de mobilidade é preciso haver um engajamento da sociedade. A participação pública baseia-se no princípio de que aqueles afetados por uma decisão têm o direito de se envolver no processo de tomada de decisão. Ela garante que as contribuições do público influenciem o resultado e promove decisões sustentáveis ao reconhecer e comunicar as necessidades e interesses de todos os envolvidos, incluindo os tomadores de decisão. Além disso, busca e facilita a participação de pessoas potencialmente afetadas ou interessadas na decisão e convida os participantes a contribuir no desenho das formas de engajamento. Para garantir uma participação significativa, fornece as informações necessárias e, por fim, comunica aos participantes como suas contribuições impactaram a decisão (*International Association Public Participation, 2023*). Duarte; Sousa e Sousa (2022) propõem diretrizes para um sistema integrado com lógica de serviço-dominante, facilitando o acesso à informação e melhorando a comunicação entre cidadãos e partes interessadas. Para os autores, os avanços tecnológicos atuais permitem redesenhar processos de tomada de decisão e compartilhamento de informações com a participação das diversas partes interessadas.

Nesse sentido se destaca a cidade de Cracóvia, na Polônia. A política cicloviária da cidade, conhecida como Diálogo Cicloviário de Cracóvia, foi elaborada por meio de um processo participativo da sociedade. Organizado pela Associação Cracóvia, a Cidade das Bicicletas, a iniciativa envolveu tanto os moradores quanto os responsáveis pela tomada de decisões, como o Conselho Municipal de Infraestrutura e Transporte, promovendo confiança e engajamento social desde o início. O processo foi estruturado de modo a garantir ampla participação dos residentes por meio de mapeamento de partes interessadas, *workshops* e consultas públicas nos distritos, todos facilitados por mediadores imparciais para melhorar a eficiência e a deliberação. Durante os *workshops*, os moradores propuseram soluções para problemas na infraestrutura cicloviária, como descontinuidades e acessibilidade. O resultado foi o

“Contrato de 100 Soluções”, uma lista de recomendações que inclui desde ajustes menores, como rebaixamento de meios-fios, até melhorias significativas, como a melhor conexão entre o centro da cidade e os distritos. Este foi entregue ao departamento municipal responsável, garantindo a alocação de recursos do orçamento municipal e do Plano Financeiro de Longo Prazo para implementação em até 2-3 anos. Além disso, foi criada uma Seção de Implementação da Política Ciclovária dentro do Conselho Municipal de Infraestrutura e Transporte, com a participação de um representante dos ciclistas, encarregado de garantir a execução das propostas (Nosal, 2015). Como efeito das ações, atualmente a Cracóvia tem uma extensa malha ciclovária, apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Malha ciclovária da Cracóvia



Fonte: *Otwarty Plan* (2024).

Petrea e Ursache (2023) mostram que a participação social é fundamental nas iniciativas de cidade inteligente em Copenhague. A cidade promove o engajamento ativo dos cidadãos em decisões e planejamentos urbanos por meio de plataformas digitais e aplicativos, permitindo acesso em tempo real a dados sobre qualidade do ar, energia e transporte. Isso capacita os moradores a tomarem decisões informadas e contribuir para o desenvolvimento urbano.

Além disso, Copenhague incentiva a cocriação de soluções com consultas públicas e fóruns comunitários, garantindo que políticas e serviços atendam às necessidades da população e fortaleçam o senso de pertencimento. Iniciativas como o *Copenhagen Solutions Lab* envolvem os cidadãos na testagem de soluções sustentáveis, promovendo a colaboração entre governo, moradores, academia e empresas para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras (Petrea; Ursache, 2023).

No Brasil, um exemplo que se destaca é a “Cidadeapé – Associação pela Mobilidade a Pé em São Paulo” que reúne pessoas engajadas em questões relacionadas à mobilidade. Sua atuação ocorre em quatro frentes principais. Na área de pesquisa, a associação realiza levantamentos e análises técnicas sobre mobilidade a pé. Em participação política, atua em conselhos e fóruns de decisão para defender os interesses dos pedestres. A associação também promove a mobilização social por meio de manifestos, cartas abertas e ações públicas. Por fim, investe na difusão de conhecimentos, mantendo um site informativo e realizando apresentações e oficinas (Sabino; Canêdo, 2017).

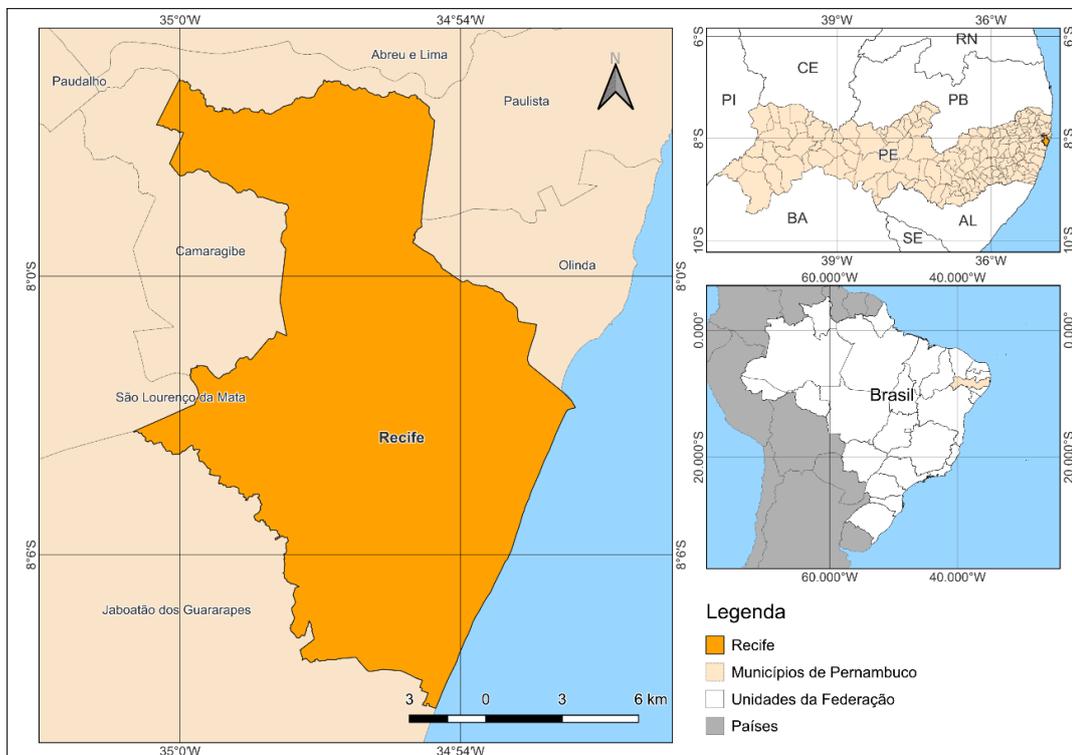
Segundo os autores os entre principais resultados alcançados pela Cidadeapé estão contribuições para legislações sobre mobilidade, a criação da Câmara Temática de Mobilidade a Pé no Conselho Municipal de Trânsito e Transporte, a elaboração de relatórios técnicos e auditorias cidadãs, além de posicionamentos públicos sobre temas relevantes, como a redução de velocidade nas marginais e o apoio às ciclovias.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Recife (Figura 12), capital do estado de Pernambuco, está localizada na região Nordeste do Brasil. O município possui população de 1.488.920 habitantes, distribuídos em um território de 218,843 km². Essas características colocam a cidade na nona posição de cidade mais populosa do Brasil e terceira do Nordeste (IBGE, 2022a; Recife, 2022).

No ano 2000 foi fundado o Porto Digital, que surgiu com o objetivo de ser uma política pública para o desenvolvimento do setor de TIC na região. Atualmente os eixos de economia criativa e tecnologias urbanas também fazem parte da área de atuação do parque. O Porto Digital é considerado um dos principais parques tecnológicos do Brasil e abriga mais de 400 empresas e organizações, incluindo de *startups* a multinacionais. Além disso, o parque modificou o cenário da tecnologia da informação na cidade, colocando Recife na lista das seis cidades que constroem o futuro da indústria global de tecnologia (Porto Digital, 2022, 2024).

Figura 12 – Localização do Município do Recife, Pernambuco, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com dados de IBGE (2021, 2022b).

Para compreender o perfil de deslocamento na cidade, o Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) realizou uma Pesquisa Origem-Destino em 2018, atualizada em 2020, cujos resultados estão sintetizados na Tabela 5. Essa pesquisa constitui uma ferramenta para o planejamento da mobilidade urbana, uma vez que fornece dados quantitativos e direcionais sobre os deslocamentos na região (ICPS, 2020).

Tabela 5 – Dados da Pesquisa OD do Recife

	Trabalho	Educação	Média
A pé	12,73%	45,12%	28,92%
Bicicleta	3,69%	2,60%	3,14%
Transporte público coletivo	61,18%	30,52%	45,85%
Transporte público individual	0,06%	0,03%	0,04%
Carro	10,95%	9,66%	10,30%
Motocicleta	7,55%	1,56%	4,56%
Outros	3,85%	10,51%	7,18%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com dados de ICPS (2020).

Apesar da média de deslocamentos realizados por carros, motocicletas e transporte público individual ser de aproximadamente 15%, de acordo com o *Traffic Index* elaborado pela TOMTOM (2024), a cidade apresenta o pior índice de congestionamento do Brasil e ocupa a 18ª posição no ranking mundial. Os dados apontam que o tempo médio para percorrer 10 km na cidade é de 13 minutos em condições de fluxo livre, mas aumenta para 28 minutos no horário de pico da manhã e 29 minutos no período da tarde. Ainda, o número de veículos privados registrados na cidade é de 748.461, dos quais apenas 5.949 são elétricos ou híbridos (Brasil, 2024).

Além disso, o congestionamento está correlacionado com a taxa de acidentes. González, Bedoya-Maya e Calatayud (2021) indicam que uma redução de 10% no congestionamento pode levar a uma queda de 3,4% nos acidentes, destacando a importância de políticas que minimizem o tráfego para melhorar a segurança viária. Isto pode explicar o número elevado de acidentes fatais no município, que vitimou 144

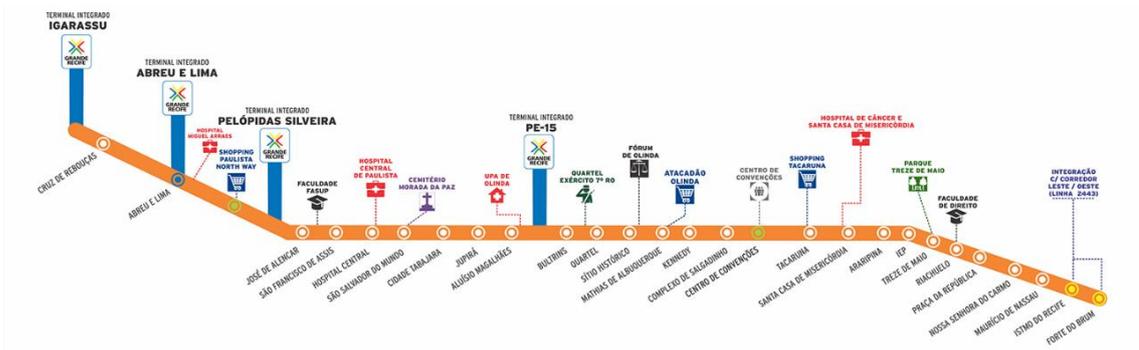
pessoas no ano de 2023 (Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife – CTTU, 2024).

O transporte público coletivo, que representa o maior percentual dos deslocamentos realizados na região, é operado predominantemente pelo Sistema Estrutural Integrado (SEI), que integra ônibus, metrô e BRT (*Bus Rapid Transit*) por meio de terminais, permitindo diversas conexões de origem-destino com o pagamento de uma única tarifa. Paralelamente, funciona o Sistema Complementar (SIC), esse sistema atende principalmente os cidadãos não contemplados pelo SEI deve ter sua participação gradualmente reduzida à medida que o SEI é ampliado. No entanto, não há planos para a completa extinção do SIC, mesmo com a plena implementação do SEI (Grande Recife Consórcio de Transportes - GRCT, 2024).

O GRCT, pioneira na experiência de consórcio de transporte em todo o país, tem como principais funções: planejar e gerir o sistema de transporte público de passageiros por ônibus da Região Metropolitana do Recife (RMR), contratar os serviços de transportes por meio de licitação pública, regulamentar as atividades concedidas e fiscalizar e atualizar os contratos de concessão. Atualmente a empresa conta com mais de 300 funcionários, gerenciando os serviços prestados por 10 operadoras de ônibus (GRCT, 2024).

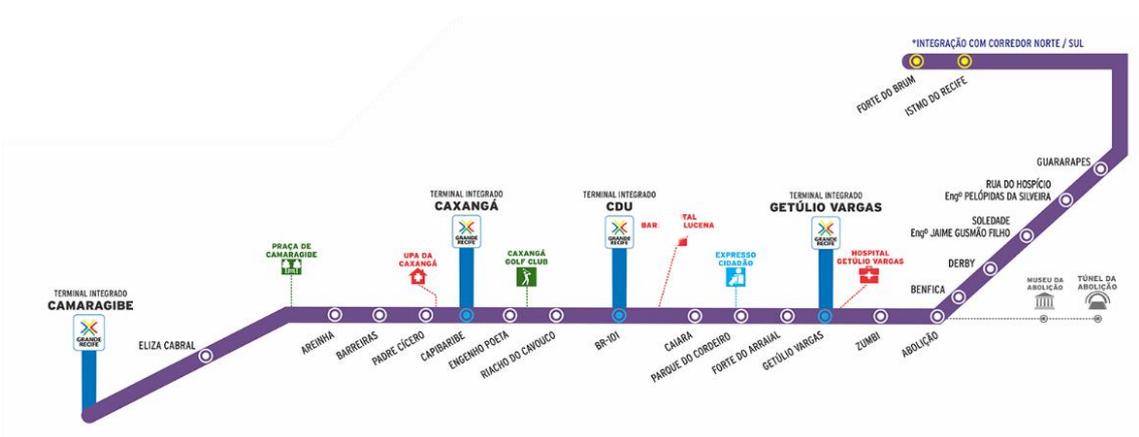
Com o objetivo de melhorar a mobilidade urbana, foi implementado o sistema de BRT denominado Via Livre, composto por dois corredores integrados. O corredor Norte/Sul (Figura 13) conecta os municípios de Igarassu, Abreu e Lima, Paulista e Olinda ao centro do Recife, enquanto o corredor Leste/Oeste (Figura 14) liga os municípios de Camaragibe e Recife ao centro da capital. Para agilizar as viagens, o embarque e desembarque dos passageiros ocorrem em plataformas niveladas, e os ônibus que operam nesses corredores utilizam, na maior parte do trajeto, faixas exclusivas (GRCT, 2022a).

Figura 13 – Corredor Norte/Sul



Fonte: GRCT (2022a).

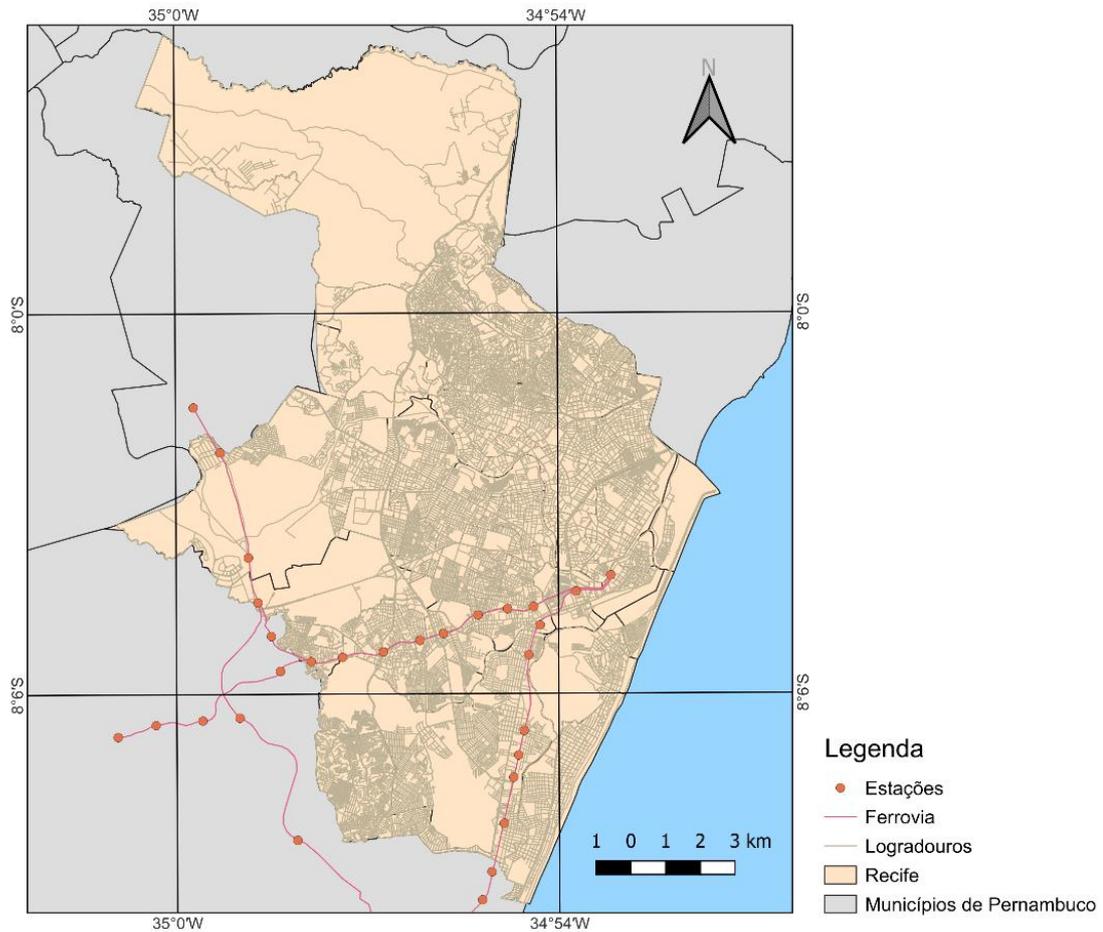
Figura 14 – Corredor Leste/Oeste



Fonte: GRCT (2022a).

Em relação ao transporte ferroviário, a cidade conta com três linhas metroferroviárias, apresentadas na Figura 15. São atendidos apenas quatro municípios da RMR (Recife, Camaragibe, Cabo de Santo Agostinho e Jaboatão dos Guararapes) e a empresa responsável pela gestão do serviço é a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). O Metrô também faz parte do SEI, tendo integração com os terminais de ônibus em 11 dos 14 terminais integrados da cidade (CBTU, 2024; GRCT, 2022b).

Figura 15 – Mapa da linha férrea do Recife



Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com dados de CTTU (2024).

Para os ônibus o valor da tarifa é único, contudo, existem algumas tarifas especiais aplicadas em alguns ônibus, além de ser diferente da tarifa aplicada no transporte metroviário (GRCT, 2025). Os valores referentes as tarifas estão apresentadas na Tabela 6. A cobrança da tarifa é realizada com um sistema eletrônico, o acesso é liberado após a validação do cartão do Vale Eletrônico Metropolitano (VEM). O cartão pode ser adquirido pelo valor de R\$ 4,00 nas máquinas de autoatendimento presentes nos terminais integrados e nas estações do BRT. O uso do cartão permite o usuário utilize mais de um modo de transporte pagando a tarifa apenas uma vez, dentro de um período de duas horas (GRCT, 2022c).

Tabela 6 – Tarifas do Transporte Público Coletivo na RMR

SERVIÇO	TARIFA (R\$)
Bilhete único	4,30
Metrô	4,25
OUTRAS TARIFAS: OPCIONAL E ESPECIAL	
018 – Brasília Teimosa	
155 – Jordão baixo / Boa Viagem	2,90
320 – Curado I / Werneck (Via Totó)	
041 – Setúbal (Opcional)	5,55
064 – Piedade (Opcional)	
072 – Candeias (Opcional)	
160 – Gaibu/Barra de Jangada (Via Paiva)	8,30
229 – Marcos Freire (Opcional)	
342 – Curados (Opcional)	
191 – Recife/Porto de Galinhas (Sem ar condicionado)	14,80
195 – Recife/Porto de Galinhas (Opcional)	21,60

Fonte: GRCT (2025).

Quanto ao transporte por bicicletas, a cidade do Recife tem expandido sua rede cicloviária nos últimos anos. Atualmente, a capital pernambucana conta com 196,5 km de malha cicloviária (Figura 16), incluindo ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas e 543 paraciclos (CTTU, 2024; Recife, 2025).

A expansão da rede cicloviária e instalação de paraciclos fazem parte do Plano Diretor Cicloviário da cidade, que visa criar uma rede integrada que permita deslocamentos seguros e eficientes por bicicleta. O plano prioriza a conexão entre bairros e pontos de interesse público, como parques, praças, mercados e terminais de ônibus (CTTU, 2024).

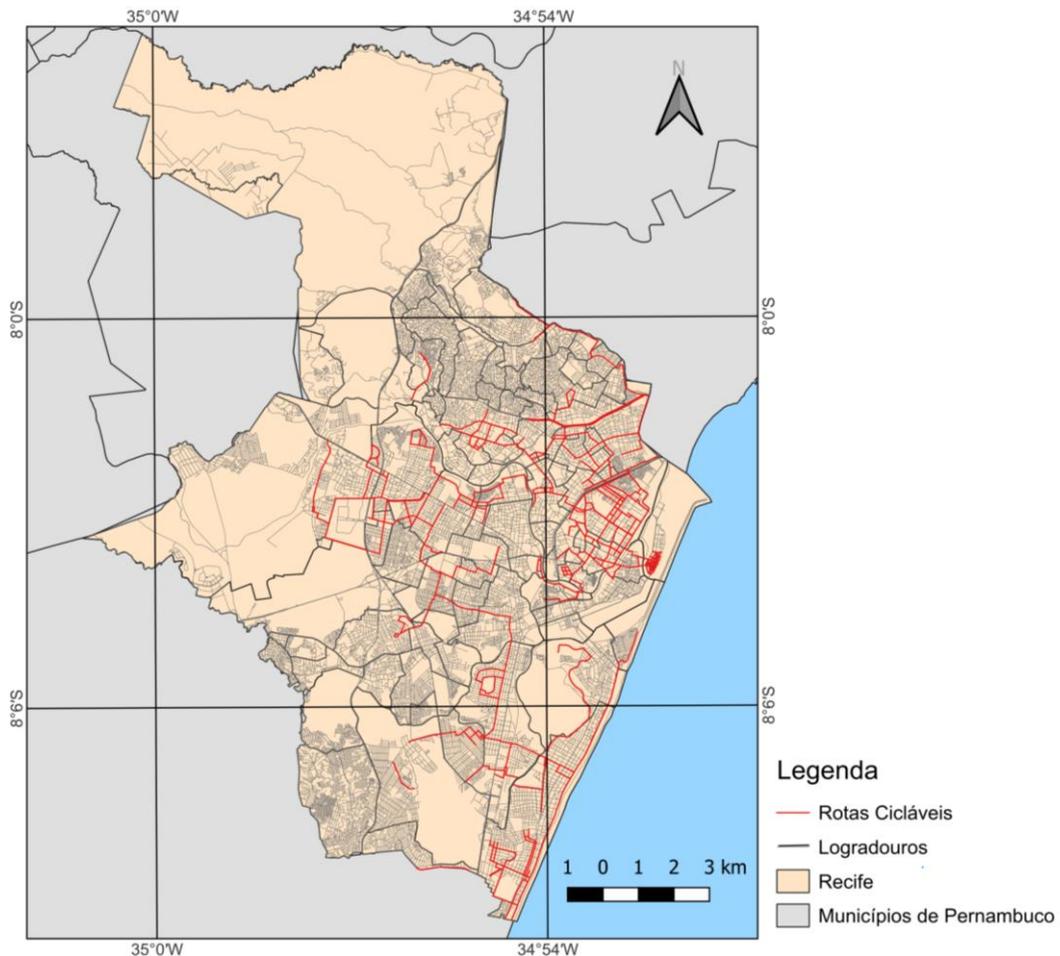
Além da infraestrutura cicloviária, o Recife conta com o sistema de bicicletas compartilhadas Bike PE, que atualmente oferece 900 bicicletas em 90 estações, distribuídas entre Recife, Olinda e Jaboatão. O sistema permite viagens de até 60 minutos de segunda a sábado, e até 120 minutos aos domingos e feriados, que podem ser compradas em planos avulsos, diários, mensais ou anuais (Bike Itaú, 2025).

Recentemente, a Prefeitura do Recife anunciou planos para ampliar e modernizar o sistema Bike PE. A proposta inclui um aumento de 160% no número de

estações, a introdução de bicicletas elétricas e infantis, e a criação de um sistema municipal de bicicletas compartilhadas complementar ao atual (Recife, 2024).

Apesar dos avanços, ainda há desafios a serem superados. A distribuição das rotas cicláveis ainda é desigual, com uma concentração maior no centro da cidade e nos bairros de renda mais alta, deixando lacunas na periferia, onde reside a maioria dos ciclistas. Além disso, o ritmo de implantação de novas infraestruturas tem sido mais lento do que o planejado inicialmente. Nos últimos três anos, menos de 50 km de ciclofaixas foram implantados na cidade (Soares, 2024).

Figura 16 – Mapa da malha cicloviária do Recife



Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com dados de CTTU (2024).

Ainda, em conformidade com as diretrizes da PNMU (Brasil, 2012), que exige a elaboração de Planos de Mobilidade Urbana para cidades com mais de 20 mil

habitantes, Recife iniciou, em 2015, o processo de elaboração de seu Plano. Esse processo resultou na aprovação da Política de Mobilidade Urbana do Recife em 2021 (Recife, 2021). No entanto, apesar da aprovação do Plano, ainda não foram elaborados documentos importantes, como o Manual de Estudo de Tráfego, Modelagens e Classificação Hierárquica. Assim, o Plano de Mobilidade Urbana de Recife carece de metas e indicadores claros.

Contudo, algumas ferramentas estão disponíveis para melhorar a mobilidade urbana na cidade. Um exemplo é a Central de Operações e Trânsito, que utiliza câmeras distribuídas estrategicamente para monitorar as principais vias. As informações coletadas são compartilhadas com a população por meio de teleatendimento ou pelo perfil oficial da CTTU na rede social X (antigo Twitter), facilitando o acesso a dados atualizados sobre o trânsito (CTTU, 2019).

Para o usuário do transporte público, os aplicativos Cittamobi e Moovit disponibilizam informações em tempo real sobre horários, rotas e localização de ônibus e metrô, facilitando o planejamento de viagens para os usuários. O Cittamobi, permite o pagamento da tarifa diretamente pelo aplicativo, mas não oferece essa funcionalidade no Recife, apesar de ter sido desenvolvido no Porto Digital (Cittamobi, 2024). Além disso, os terminais integrados contam com placas informativas para orientar os usuários, e alguns também possuem monitores que exibem a previsão de saída dos veículos de cada linha (Figura 17).

Figura 17 – Terminal Integrado CDU



Fonte: Autor (2024).

5 METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo elaborar um índice capaz de medir a inserção dos conceitos de mobilidade urbana inteligente. Para tanto, foi feita uma seleção de indicadores relacionados ao tema na literatura científica.

Para selecionar os indicadores apropriados para a construção de um índice, Gudmundsson *et al.* (2016) sugerem o uso do método chamado “SMART” (*Specific, Measurable, Attainable, Relevant, and Timely*), o que significa que os indicadores devem ser específicos, mensuráveis, atingíveis, relevantes e oportunos. A técnica foi desenvolvida a priori para definição de metas numa organização, onde os indicadores são utilizados para alcançá-las.

Para a identificação dos indicadores a serem utilizados no índice foi realizada uma revisão sistemática da literatura, que, de acordo com Briner e Denyer (2012), possibilita chegar a conclusões sobre o estado da arte de um tema de estudo. As bases de dados utilizadas foram a *Web of Science (WOS)* e *Scopus*, para a pesquisa, que foi realizada no dia 15 de julho de 2024. Para se obter o maior número de artigos envolvendo indicadores de mobilidade urbana inteligente, foi adotada a *string* (“*smart urban mobility*”) OR (“*smart city*” AND “*urban mobility*”) OR (“*smart cities*” AND “*urban mobility*”) OR (“*smart mobility*”) AND (“*index*” OR “*metric*” OR “*measure*” OR “*indicator*” OR “*parameter*” OR “*evaluation*”). Foram filtrados artigos de revista, artigos de revisão ou artigos de congresso que contivessem as palavras buscadas no título, resumo ou palavras-chave. Após a coleta dos artigos por meio da *string* de busca, procedeu-se à exclusão dos artigos utilizando os critérios apresentados na Figura 18.

Figura 18 – Critérios de exclusão dos artigos

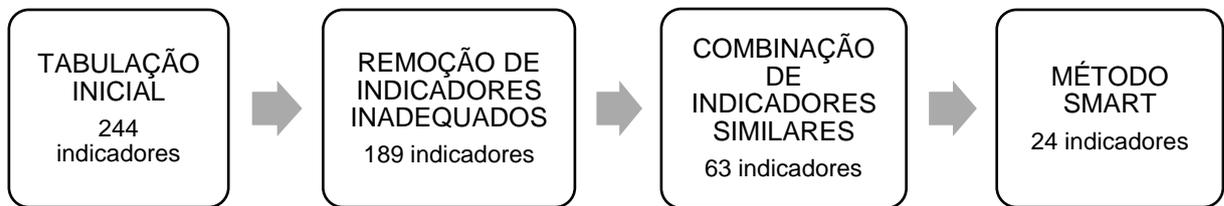


Fonte: Autor (2024).

Posteriormente, foram analisados os indicadores dos 28 artigos identificados inicialmente. Nessa etapa, 17 artigos foram excluídos por não apresentarem descrições ou métricas adequadas para os indicadores sugeridos. Em seguida, os

indicadores dos 11 artigos remanescentes foram compilados em uma planilha Excel, resultando em um total de 244 indicadores. Após essa compilação, foram removidos aqueles que não possuíam relação direta com mobilidade urbana inteligente, como o indicador “consumo de água per capita” sugerido por Biadacz e Biadacz (2021), reduzindo o número para 189. Então, os indicadores foram combinados, restando 63 indicadores. Por fim, foram filtrados utilizando o método SMART, totalizando 24 indicadores que compõem o índice. Essas etapas estão representadas na Figura 19. O Apêndice A apresenta o detalhamento dos indicadores combinados e os trabalhos em que foram utilizados.

Figura 19 – Critério de exclusão dos indicadores



Fonte: Autor (2025).

Foi investigada a existência dos dados referentes aos indicadores para a cidade do Recife, para identificar se os indicadores propostos eram de fato mensuráveis. A ausência de dados confiáveis foi uma limitação na escolha dos indicadores, corroborando com o que aponta Miranda e Silva (2012). Além disso, Erba, Antonelli e Magagnin (2021) enfatizam que a falta de séries contínuas de dados agrava essa dificuldade, tornando mais complexa a aplicação periódica de metodologias para monitorar a evolução da mobilidade nos municípios brasileiros.

Para determinar a importância relativa de cada indicador, foi realizada uma distribuição de pesos com a participação de 10 especialistas, em um processo conduzido virtualmente. A Tabela 7 apresenta uma breve descrição desses especialistas, incluindo suas formações e atuações.

Tabela 7 – Descrição dos especialistas

Especialista	Formação	Atuação
1	Graduação em Arquitetura e Urbanismo	Gestão de projetos de mobilidade urbana na CTTU.
2	Graduação em Engenharia de Produção e Mestrado em Engenharia Civil (área de transportes)	Especialista em modelagem de transportes na TPF e docência em ensino superior.
3	Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Especialização em Engenharia de Tráfego	Coordenação de projetos de segurança viária na Bloomberg
4	Graduação em Engenharia Civil e Doutorado em Engenharia Civil (área de transportes)	Docência em ensino superior.
5	Graduação em Engenharia Civil, Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil (área de transportes)	Docência em ensino superior.
6	Graduação em Arquitetura, Mestrado e Doutorado em Planejamento de Desenvolvimento Urbano	Docência em ensino superior.
7	Graduação em Engenharia Civil e Doutorado em Engenharia Civil (área de transportes)	Docência em ensino superior.
8	Graduação em Engenharia Civil	Estudante de mestrado em Engenharia Civil (área de transportes)
9	Graduação em Engenharia Civil, Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes	Direção da EWS, Gestão no Grupo PTV e Pesquisa em universidade.
10	Graduação, Mestrado e Doutorado em Arquitetura e Urbanismo (área de mobilidade urbana)	Docência em ensino superior.

Fonte: Autor (2025).

O peso final utilizado no índice proposto corresponde à média aritmética dos pontos atribuídos por todos os especialistas. Para facilitar a atribuição dos pontos, os indicadores foram organizados em seis dimensões definidas pelo autor: emissões; acessibilidade; infraestrutura; segurança e viagens; tecnologia; regulação. Os

especialistas foram instruídos a distribuir 1.000 pontos entre as dimensões e outros 1.000 pontos entre os indicadores de cada dimensão, conforme ilustrado na Tabela 8. O questionário completo pode ser visto no Apêndice B.

Tabela 8 – Representação do questionário enviado aos especialistas

Ponderação dos indicadores			
Preencha as células em amarelo para distribuir 1.000 pontos entre os indicadores abaixo para cada dimensão, de forma que o indicador que você considera mais relevante receba a maior quantidade de pontos e o menos relevante a menor quantidade. Não distribua os pontos de forma igualitária entre os indicadores. Todos os indicadores devem receber uma pontuação diferente de zero.			
Somatório: 1.000			
Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Emissões	Transporte de baixa emissão	Percentual de veículos de baixa emissão na frota de ônibus	
	Veículos elétricos	Porcentagem de veículos elétricos ou híbridos	
Σ			

Fonte: Autor (2025).

Devido à diferença na escala dos dados utilizados para calcular o valor de cada indicador, foi necessário normalizá-los para torná-los comparáveis. Para isso, foram definidos valores de referência mínimos e máximos para cada indicador, conforme apresentado no Apêndice C. A normalização foi realizada utilizando a Equação 1 para indicadores com conotação positiva e a Equação 2 para aqueles com conotação negativa, seguindo a metodologia proposta por Huertas *et al.* (2021).

$$\text{Valor do indicador normalizado} = \frac{\text{Valor do indicador} - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}} \quad (1)$$

$$\text{Valor do indicador normalizado} = 1 - \frac{\text{Valor do indicador} - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}} \quad (2)$$

Os valores mínimos e máximos foram estipulados de acordo com os limites extremos, variando entre 0% e 100% para os indicadores que expressam percentuais, e entre 0 e 1 para os indicadores binários. Para os demais indicadores, foram adotados os valores estabelecidos no referencial utilizado.

Tendo os valores dos indicadores normalizados, o cálculo final do Índice de Mobilidade Urbana Inteligente (IMI) proposto segue um processo de agregação dos resultados, conforme descrito abaixo:

1. Cálculo dos valores dos indicadores com pesos: para cada indicador, multiplica-se o valor normalizado pelo respectivo peso atribuído;
2. Cálculo dos valores por dimensão normalizados: somam-se os valores dos indicadores com pesos de cada dimensão e divide-se o total por 1.000, obtendo o valor normalizado da dimensão;
3. Cálculo dos valores das dimensões com pesos: multiplica-se o valor normalizado de cada dimensão pelo peso atribuído à dimensão;
4. Cálculo final do IMI: a soma dos valores das dimensões com pesos resulta no valor final do IMI, representando a mobilidade urbana inteligente na área estudada.

O resultado do Índice de Mobilidade Urbana Inteligente (IMI) é apresentado em uma escala que varia de 0 a 1.000, onde quanto mais próximo de 1.000, mais inteligente é a cidade em termos de mobilidade. Para facilitar a interpretação dos resultados, foram definidos cinco níveis de mobilidade urbana inteligente, conforme apresentado na Tabela 9. Esses níveis permitem uma análise do estágio de desenvolvimento da mobilidade urbana inteligente na cidade analisada, em conformidade com o modelo proposto por Huertas *et al.* (2021), que é inspirado no conceito de nível de serviço.

Tabela 9 – Interpretação do IMI

Valor do IMI	Interpretação
800 a 1.000	Mobilidade inteligente muito alta
600 a 799	Mobilidade inteligente alta
400 a 599	Mobilidade inteligente intermediária
200 a 399	Mobilidade pouco inteligente
100 a 199	Mobilidade muito pouco inteligente
0 a 99	Mobilidade não inteligente

Fonte: Adaptado de Huertas *et al.* (2021).

O conceito de desenvolvimento sustentável busca garantir o equilíbrio entre três dimensões: o crescimento econômico, a preservação ambiental e a promoção do bem-estar social. Esse princípio deve ser considerado na construção de cidades inteligentes, uma vez que suas aplicações precisam beneficiar simultaneamente os cidadãos e o ambiente (Gharaibeh *et al.*, 2017). Assim, ao desenvolver um índice de mobilidade inteligente, torna-se necessário incorporar critérios de sustentabilidade, assegurando que os indicadores propostos estejam alinhados com os ODS. Os indicadores desta pesquisa foram, portanto, associados aos ODS. Essa associação foi realizada com base nos trabalhos discutidos no Capítulo 2, nas metas estabelecidas pelos ODS e nas descrições detalhadas de cada indicador.

Por fim, foi realizada a aplicação do IMI na cidade do Recife, com o objetivo de validar a ferramenta e identificar os pontos críticos que precisam ser melhorados para o desenvolvimento de uma mobilidade urbana inteligente na cidade.

6 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos no estudo, organizados em duas seções. A primeira aborda o desenvolvimento do índice, detalhando suas etapas. Já a segunda apresenta a aplicação do índice na cidade do Recife, destacando os principais achados e análises realizadas.

6.1 ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE (IMI)

A partir da revisão da literatura, foram identificados os indicadores utilizados para medir o progresso em direção à mobilidade urbana inteligente. Esses indicadores, juntamente com suas descrições, foram compilados, servindo como base para a seleção dos que compõem o índice proposto.

Com a previsão de consulta a especialistas para auxiliar na construção do índice, os indicadores foram organizados em dimensões, visando facilitar a compreensão e a distribuição dos pontos entre os indicadores e suas respectivas dimensões. Assim, a Tabela 10 apresenta os indicadores selecionados e as dimensões definidas para compor o índice. Além disso, a tabela apresenta a forma de obtenção de cada indicador e referencia os estudos que apresentam indicadores de mobilidade urbana inteligente semelhantes aos escolhidos.

Tabela 10 – Apresentação dos indicadores do IMI

Dimensões	Indicador	Forma de obtenção	Referências**
Emissões	Transporte de baixa emissão	Percentual da frota de ônibus que utiliza combustíveis de baixa emissão.	4; 11
	Veículos elétricos	Percentual da frota de veículos registrados na cidade que são elétricos ou híbridos.	2; 7
Acessibilidade	Acessibilidade ao transporte público	Percentual da população que reside em um raio de até 1 km de uma estação do sistema de transporte público de média ou alta capacidade.	7; 8; 10; 11
	Compartilhamento de bicicleta	Recebe 1 se há serviço de compartilhamento de bicicletas no município e 0 caso contrário.	4; 8

	Integração tarifária	Recebe 1 se há precificação de passagens integradas no município e 0 caso contrário.	1; 3; 8; 11
	Veículos privados*	Relação entre o número de veículos e o número de habitantes da cidade.	4; 6; 7; 9
Infraestrutura	Bicicletário	Relação entre o número de bicicletários e a área da cidade em quilômetros quadrados.	4; 6
	Rotas cicláveis	Percentual das vias da cidade onde existe ciclorrota, ciclovia ou ciclofaixa.	2; 4; 6; 7; 9; 11
	Densidade urbana	Relação entre o número de habitantes e a área em quilômetros quadrados.	2; 7
	Infraestrutura de transporte público	Relação entre o comprimento da rota de transporte público em quilômetros e a área da cidade a cada 100 quilômetros quadrados.	2; 4; 6; 7; 8; 9; 11
Segurança e Viagens	Número de viagens	Percentual de viagens feitas por transporte público ou ativo anualmente.	2; 4; 5; 6; 7; 11
	Mortes no trânsito*	Relação entre o número de mortos em acidentes de trânsito e o número de habitantes em milhões.	1; 4; 5; 7; 8; 9; 10; 11
	Tempo de viagem*	Percentual de aumento do tempo total de viagem durante os horários de pico em comparação com a situação de fluxo livre.	2; 4; 7; 11
Tecnologia	Monitoramento de tráfego	Recebe 1 se há câmeras de fiscalização de trânsito conectadas a um centro de monitoramento no município e 0 caso contrário.	2; 3; 5; 11
	Semáforos inteligentes	Percentual de semáforos na cidade que são inteligentes.	4; 6; 11
	Informação de tráfego em tempo real	Recebe 1 se há disponibilidade de informações de tráfego em tempo real no município e 0 caso contrário.	2; 6
	Aplicativos	Recebe 1 se há aplicativos com informações em tempo real sobre o transporte público no município e 0 caso contrário.	7; 9
	Informação nas estações	Percentual de estações que contêm painel de informações em tempo real do transporte público.	6; 8

	Informação a bordo	Recebe 1 se há disponibilidade de informações em tempo real para usuários a bordo e 0 caso contrário.	6; 8
	Pagamento eletrônico	Recebe 1 se existe um sistema que permita ao usuário utilizar seu celular ou cartão de crédito para o pagamento de passagens e 0 caso contrário.	3; 6
	Venda de passagem	Percentual de terminais equipados com máquinas automáticas de venda de passagem.	8
	Cartão inteligente	Recebe 1 se existe um sistema de cartão de transporte para pagamento de passagens e 0 caso contrário.	2; 3; 8
Regulação	Plano de mobilidade urbana	Recebe 1 se existe um plano de mobilidade urbana no município e 0 caso contrário.	3; 7; 8
	Regulação de emissões	Recebe 1 se existe um regulamento sobre emissões para novos veículos e 0 caso contrário.	7; 8

*Indicadores com conotação negativa. **1. Ali (2021); 2. Antolín *et al.* (2020); 3. Alonso; Aletà; Arce Ruiz (2016); 4. Biadacz; Biadacz (2021); 5. Choosakun; Yeom (2021); 6. Garau; Massala; Pinna (2016); 7. Huertas *et al.* (2021); 8. Labri; Baziz (2022); 9. Ogrodnik (2020); 10. Pop; Proştean (2019); 11. Vargas-Maldonado *et al.* (2023).

Fonte: Autor (2025).

Sabendo que a mobilidade urbana inteligente é um conceito que busca aprimorar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas de transporte por meio do uso de tecnologias para coleta, compartilhamento de dados e suporte à tomada de decisões (Melo; Meira, 2024; Paiva *et al.*, 2021), contribuindo para a promoção de uma mobilidade acessível, eficiente, atrativa e sustentável (Lyons, 2018). Pode-se dizer que os indicadores selecionados estão em conformidade com o conceito, uma vez que fazem uso de tecnologias para melhorar o desempenho do sistema de transporte, viabilizam o compartilhamento de dados que influenciam decisões estratégicas e/ou promovem uma mobilidade acessível, eficiente, atrativa e sustentável.

Ao analisar a frequência com que os indicadores selecionados aparecem nos estudos, observa-se que “Mortes no trânsito”, “Infraestrutura de transporte público”,

“Número de viagens” e “Rotas cicláveis” são os mais recorrentes. Isso evidencia a relevância desses aspectos para a promoção de uma mobilidade urbana inteligente. Por outro lado, o indicador “Venda de passagens” é mencionado em apenas um dos trabalhos referenciados. Os demais indicadores aparecem em dois, três ou quatro estudos, situando-se próximos à média de três trabalhos por indicador.

Dentre os desafios enfrentados na seleção dos indicadores, destacam-se: a presença de indicadores de difícil mensuração, a ausência de normalização dos indicadores e a indisponibilidade de dados periódicos em bases confiáveis, como apontado por Miranda e Silva (2012) e por Erba, Antonelli e Magagnin (2021). Tendo sido estes os principais motivos de exclusão.

Para a atribuição de pesos aos indicadores e dimensões, foi elaborado um questionário que foi enviado a dez especialistas. Os participantes foram orientados a garantir que a soma dos pesos dos indicadores dentro de cada dimensão totalizasse 1.000, assim como a soma dos pesos das dimensões também totalizasse 1.000. A distribuição final dos pesos foi calculada com base na média das respostas fornecidas pelos especialistas, apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Média aritmética dos pesos atribuídos pelos especialistas

Dimensões	Indicadores	Pesos dos indicadores	Pesos das dimensões
Emissões	Transporte de baixa emissão	543,0	107,5
	Veículos elétricos	457,0	
Acessibilidade	Acessibilidade ao transporte público	435,0	251
	Compartilhamento de bicicleta	176,5	
	Integração tarifária	220,0	
	Veículos privados*	168,5	
Infraestrutura	Bicicletário	210,0	203
	Rotas cicláveis	266,5	
	Densidade urbana	165,5	
	Infraestrutura de transporte público	358,0	
Segurança e Viagens	Número de viagens	366,0	149,7
	Mortes no trânsito*	370,0	
	Tempo de viagem*	264,0	
Tecnologia	Monitoramento de tráfego	99,0	163,8

	Semáforos inteligentes	100,0	
	Informação de tráfego em tempo real	103,5	
	Aplicativos	169,5	
	Informação nas estações	144,0	
	Informação a bordo	89,5	
	Pagamento eletrônico	123,5	
	Venda de passagem	63,5	
	Cartão inteligente	107,5	
Regulação	Plano de mobilidade urbana	635,0	125
	Regulação de emissões	365,0	

*Indicadores com conotação negativa.

Fonte: Autor (2025).

A escolha da média como método para definir os pesos do índice foi adotada para considerar de forma igualitária a opinião de todos os especialistas consultados. Buscando minimizar o viés individual na atribuição dos pesos, especialmente em virtude das divergências de opinião resultantes dos diferentes *backgrounds* dos especialistas.

Ao comparar o peso distribuído entre os indicadores percebe-se a importância dada ao “Plano de mobilidade urbana” e “Transporte de baixa emissão”, que receberam os maiores pesos. No entanto, cabe salientar que os pesos foram distribuídos de forma a somar 1.000 dentro de cada dimensão. Logo, é esperado que os indicadores pertencentes a dimensões com menor número de itens tenham recebido pesos proporcionalmente maiores.

Assim, foi feita análise da distribuição dos pesos atribuídos aos indicadores dentro de cada dimensão. Na dimensão “Emissões”, observou-se um equilíbrio na distribuição, com uma diferença de apenas 86 pontos entre os dois indicadores. Na dimensão “Acessibilidade”, o destaque foi para o indicador “Acessibilidade ao transporte público”, que concentrou cerca de 44% dos pontos distribuídos na dimensão. Já na dimensão “Infraestrutura”, o indicador “Infraestrutura de transporte público” se destacou, recebendo 358 dos 1.000 pontos atribuídos aos quatro indicadores da dimensão. Na dimensão “Segurança e Viagens”, houve um equilíbrio entre os indicadores “Número de viagens” e “Mortes no trânsito”, com cada um recebendo cerca de 37% dos pontos disponíveis. Na dimensão “Tecnologia”, que

possui o maior número de indicadores, o maior peso foi atribuído ao indicador “Aplicativos”. Por fim, na dimensão “Regulação”, o indicador “Plano de mobilidade urbana” foi o mais relevante, recebendo aproximadamente 64% dos pontos totais da dimensão.

Essa análise destaca a importância atribuída ao transporte público na mobilidade urbana inteligente pelos especialistas, dado que cinco dos sete indicadores com maior relevância dentro das dimensões estão diretamente relacionados ao tema. Esse resultado está alinhado com a literatura, conforme apontado por Dudycz e Piątkowski (2018), Carvalho *et al.* (2021) e Koman *et al.* (2024).

Ao relacionar os pesos atribuídos pelos especialistas à frequência de referência dos indicadores na literatura, verifica-se que, de modo geral, os indicadores com maior peso em cada dimensão são aqueles mais frequentemente citados nos estudos analisados. No entanto, algumas exceções são observadas. Na dimensão “Tecnologia”, por exemplo, o indicador “Aplicativos” recebeu o maior peso, enquanto “Monitoramento de tráfego” foi o mais referenciado na literatura. Situação semelhante ocorre entre os indicadores menos referenciados, onde a exceção está na dimensão “Acessibilidade”, onde o indicador “Compartilhamento de bicicleta” foi o menos citado, mas o indicador “Veículos privados” recebeu o menor peso. Ainda, cabe destacar que ambos os indicadores da dimensão “Emissões” aparecem em dois estudos e apresentam pesos equilibrados.

Em relação à distribuição dos pesos atribuídos pelos especialistas entre as dimensões, observa-se que a dimensão “Acessibilidade” recebeu a maior pontuação, enquanto a dimensão “Emissões” obteve o menor peso. Além disso, nota-se que as dimensões “Acessibilidade” e “Infraestrutura” apresentam pesos acima da média (166,7), enquanto as dimensões “Segurança e Viagens” e “Tecnologia” possuem valores mais próximos à média. Por outro lado, as dimensões “Emissões” e “Regulação” se destacam por terem pesos significativamente abaixo da média.

Algumas considerações acerca do índice foram trazidas pelos especialistas, dentre elas destacam-se:

- A falta da inclusão de indicadores que meçam o quanto a cidade é segura e convidativa para a primeira infância, idosos, pessoas com mobilidade reduzida e para mulheres;
- A falta de indicadores relacionados a dados, desde a coleta de dados até a ampla divulgação e acesso a eles; e
- A falta de indicadores que avaliem o impacto dos aplicativos de transporte, como *99pop* e *Uber*, na mobilidade.

Além disso, surgiu a questão acerca da distinção entre os indicadores “pagamento eletrônico” e “cartão inteligente”. Essa diferença se dá pelo fato de o indicador “pagamento eletrônico” se referir à existência de um sistema que permita pagamentos eletrônicos, sem estar restrito a um cartão específico da operadora de transportes, como exemplificado pelos casos de Nova Iorque e Oslo discutidos no Capítulo 3.2. Já o indicador “cartão inteligente” diz respeito ao pagamento da tarifa do transporte público poder ser realizado por meio de um cartão de transporte.

Como o desenvolvimento das cidades inteligentes deve beneficiar tanto para os cidadãos quanto para o meio ambiente (Gharaibeh *et al.*, 2017). Assim, espera-se que os indicadores presentes em um índice de mobilidade urbana inteligente estejam alinhados com os pilares do desenvolvimento sustentável. Então, paralelamente à distribuição de pontos realizada pelos especialistas, foi estabelecida a relação entre os indicadores selecionados para compor o IMI e os ODS, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Relação dos indicadores com os ODS

Indicadores	ODS
Transporte de baixa emissão	1, 3; 7; 9; 10; 11; 12; 13
Veículos elétricos	3; 7; 9; 11; 13
Acessibilidade ao transporte público	1, 3; 7; 10; 11; 12; 13
Compartilhamento de bicicleta	3; 7; 9; 10; 11; 13
Integração tarifária	1, 3; 7; 9; 10; 11; 12; 13
Veículos privados	3; 11; 12; 13
Bicicletário	3; 7; 9; 10; 11; 13
Rotas cicláveis	3; 7; 9; 10; 11; 13
Densidade urbana	9; 11; 15
Infraestrutura de transporte público	1, 3; 7; 9; 10; 11; 12; 13

Número de viagens	1, 3; 7; 10; 11; 12; 13
Mortes no trânsito	3; 11; 13
Tempo de viagem	3; 11
Monitoramento de tráfego	3; 9; 11; 17
Semáforos inteligentes	3; 9; 11; 17
Informação de tráfego em tempo real	3; 9; 11; 17
Aplicativos	3; 9; 11; 17
Informação nas estações	3; 9; 11; 17
Informação a bordo	3; 9; 11; 17
Pagamento eletrônico	3; 9; 11; 17
Venda de passagem	3; 9; 11; 17
Cartão inteligente	3; 9; 11; 17
Plano de mobilidade urbana	11; 13; 16; 17
Regulação de emissões	7; 11; 13; 16

Fonte: Autor (2025).

A análise dos ODS associados aos indicadores revela que os ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) são os mais representados no índice proposto. Por outro lado, os ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 4 (Educação de Qualidade), 5 (Igualdade de Gênero), 6 (Água Potável e Saneamento), 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e 14 (Vida na Água) não foram relacionados a nenhum dos indicadores. Essas ausências evidenciam uma limitação do índice, particularmente em relação ao ODS 5, conforme apontado pelos especialistas sobre a “falta de inclusão de indicadores que meçam o quanto a cidade é segura e convidativa para (...) mulheres”. A partir disso, foi elaborada a Tabela 13, que apresenta a frequência com que cada ODS aparece no índice.

Além disso, observa-se que os indicadores relacionados ao transporte público e à mobilidade ativa possuem o maior número de ODS associados. Também é possível notar que os indicadores da dimensão “Tecnologia” estão vinculados aos mesmos quatro ODS, evidenciando uma concentração temática dentro dessa dimensão.

Tabela 13 – Frequência de relação dos indicadores com os ODS

ODS	Frequência
1 - Erradicação da Pobreza	5
2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável	0
3 - Saúde e Bem-Estar	21
4 - Educação de Qualidade	0
5 - Igualdade de Gênero	0
6 - Água Potável e Saneamento	0

7 - Energia Limpa e Acessível	10
8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico	0
9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura	15
10 - Redução de Desigualdades	8
11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis	24
12 - Consumo e Produção Responsáveis	6
13 - Ações Contra a Mudança Global do Clima	12
14 - Vida na Água	0
15 - Vida Terrestre	1
16 - Paz, Justiça e Instituições Eficazes	2
17 - Parcerias e Meios de Implementação	10

Fonte: Autor (2025).

6.2 APLICAÇÃO DO IMI NO RECIFE

Os dados e fontes utilizados para a aplicação do índice no Recife estão detalhados no Capítulo 4, que apresenta a caracterização da área de estudo, com exceção do dado referente ao indicador “Regulação de emissões”. Embora não exista um projeto municipal específico para a regulação de emissões, a Lei Federal nº. 8.723/1993 estabelece diretrizes para a redução gradual de emissões de poluentes por veículos automotores (Brasil, 1993), aplicando-se a todos os municípios por ser uma lei federal. Dessa forma, considerou-se que há uma regulação para emissões, e o indicador recebeu o valor “1”. Para facilitar a aplicação do IMI, os dados necessários para os cálculos dos indicadores foram agrupados na Tabela 14.

Tabela 14 – Dados para cálculo dos indicadores

Dados	Valores	Fontes	Dados	Valores	Fontes
Frota de ônibus com combustível de baixa emissão	0	Autor (2025)	Tempo de viagem em fluxo livre [min]	13	TOMTOM (2024)
Frota de ônibus	2.604	GRCT (2024)	Tempo de viagem em horário de pico [min]	28,5	TOMTOM (2024)
Frota de veículos elétricos	5.949	Brasil (2024)	Existem câmeras de fiscalização de trânsito conectadas ao centro de monitoramento?	1 (Sim)	CTTU (2019)
Frota de veículos	748.491	Brasil (2024)	Número de semáforos inteligentes	560	CTTU (2024)
População que reside em um raio de até 1 km de uma estação do sistema de transporte público	17%	ITDP (2021)	Número total de semáforos	712	CTTU (2024)

Existe serviço de compartilhamento de bicicletas?	1 (Sim)	Bike Itaú (2025)	Existe informações de tráfego em tempo real?	1 (Sim)	CTTU (2019)
Existe precificação de passagens integradas?	1 (Sim)	GRCT (2024)	Existe aplicativos com informações sobre o transporte público?	1 (Sim)	Cittamobi (2024)
Número de habitantes	1.488.920	IBGE (2022)	Número de estações equipadas com painel de informações em tempo real do transporte público	6	Autor (2024)
Número de bicicletários	543	Recife (2025)	Total de estações	14	GRCT (2022b)
Área do município [km²]	218,843	IBGE (2022)	Há disponibilidade informações em tempo real para usuários a bordo do transporte público?	0 (Não)	Autor (2025)
Extensão de rede cicloviária [km]	196,5	CTTU (2024)	O sistema permite que o usuário utilize seu celular ou cartão de crédito para o pagamento de passagens?	0 (Não)	Autor (2025)
Extensão de rede viária [km]	2.752,4	CTTU (2024)	Número de terminais com máquina de venda automática de passagens	14	Autor (2024)
Comprimento da rota de transporte público [km]	2.713,9	GRCT (2024)	O sistema utiliza um cartão de transporte para pagamento de passagens?	1 (Sim)	GRCT (2022c)
Percentual de viagens feitas por transporte público ou ativo anualmente	77,91%	ICPS (2020)	Existe um plano de mobilidade urbana?	1 (Sim)	Recife (2021)
Número de mortos em acidentes de trânsito	144	CTTU (2024)	Existe um regulamento sobre emissões para novos veículos?	1 (Sim)	Brasil (1993)

Fonte: Autor (2025).

Para o cálculo dos “Valores dos indicadores”, os dados do Recife foram inseridos na planilha como “Dados 1” e “Dados 2”. Essa nomenclatura foi adotada em conformidade com a Tabela 10, que demonstra que o cálculo dos indicadores pode ser realizado de quatro maneiras distintas, conforme exemplificado pelas Equações 3, 4, 5 e 6.

- Porcentagem do “Dado 1” em relação ao “Dado 2”, como no indicador Transporte de baixa emissão:

$$\frac{\text{Frota de veículos elétricos} * 100\%}{\text{Frota de veículos}} = \frac{5.949 * 100\%}{748.461} = 0,79\% \quad (3)$$

- Binário (responde uma pergunta e recebe 1 ou 0), como no indicador Compartilhamento de bicicleta:

$$\text{Existe um serviço de compartilhamento de bicicleta?} \begin{cases} \text{Sim} = 1 \\ \text{Não} = 0 \end{cases} = 1 \quad (4)$$

- Divisão entre o “Dado 1” e o “Dado 2”, como no indicador Veículos privados:

$$\frac{\text{Frota de veículos}}{\text{Número de habitantes}} = \frac{748.461}{1.488.920} = 0,50 \quad (5)$$

- Aumento percentual do “Dado 1” em relação ao “Dado 2” (apenas o indicador “Tempo de viagem” é calculado dessa maneira):

$$\frac{(\text{tempo de viagem no horário de pico} - \text{tempo de viagem em fluxo livre}) * 100\%}{\text{tempo de viagem em fluxo livre}} \quad (6)$$

$$= \frac{(28,5 - 13) * 100\%}{13} = 119,23\%$$

Em seguida, os valores dos indicadores foram normalizados com base nos dados do Apêndice C, gerando os valores apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Valor dos indicadores no Recife e normalização

Indicadores	Dados 1	Dados 2	Valores dos indicadores	Valores dos indicadores normalizados
Transporte de baixa emissão	0	2.604	0%	0,00
Veículos elétricos	5.949	748.461	0,79%	0,01
Acessibilidade ao transporte público	17%	-	17%	0,17
Compartilhamento de bicicleta	1	-	1	1,00
Integração tarifária	1	-	1	1,00
Veículos privados*	748.461	1.488.920	0,50	0,30
Bicicletário	543	218,843	2,48	0,13
Rotas cicláveis	196,5	2.752,4	7,14%	0,07
Densidade urbana	1.488.920	218,843	6.803,60	0,20
Infraestrutura de transporte público	2.713,91	2,18843	1240,12	0,78
Número de viagens	77,91%	-	77,91%	0,78
Mortes no trânsito*	144	1,488920	97	0,00
Tempo de viagem*	13	28,5	119,23%	0,00
Monitoramento de tráfego	1	-	1	1,00
Semáforos inteligentes	560	712	78,65%	0,79
Informação de tráfego em tempo real	1	-	1	1,00
Aplicativos	1	-	1	1,00
Informação nas estações	6	14	42,86%	0,43
Informação a bordo	0	-	0	0,00
Pagamento eletrônico	0	-	0	0,00
Venda de passagem	14	14	100%	1,00
Cartão inteligente	1	-	1	1,00

Plano de mobilidade urbana	1	-	1	1,00
Regulação de emissões	1	-	1	1,00

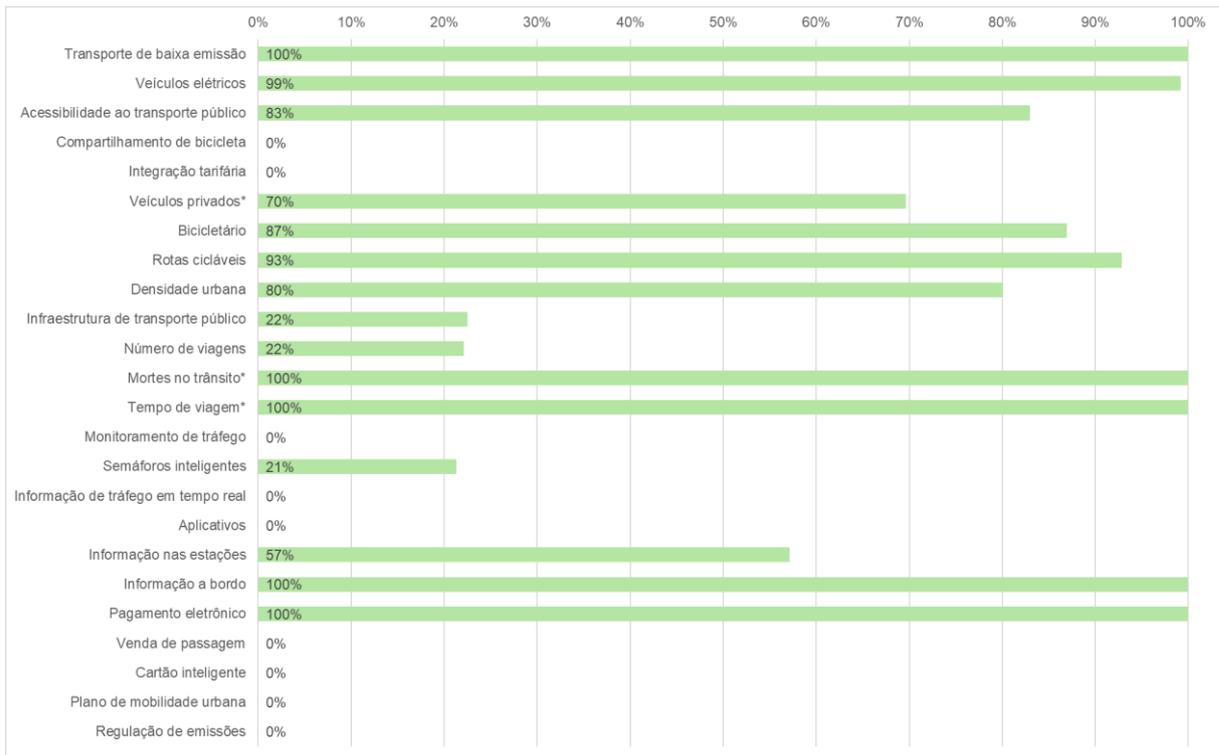
*Indicadores com conotação negativa.

Fonte: Autor (2025).

Entre os dados apresentados, o indicador “Mortes no trânsito” se destaca negativamente. Onde o valor apresentado pela cidade supera o limite máximo estabelecido para a normalização. Então foi considerada uma pontuação de 0, para garantir que os indicadores permaneçam no intervalo normalizado entre 0 e 1. Além disso, os indicadores “Transporte de baixa emissão”, “Tempo de viagem”, “Informações a bordo” e “Pagamento eletrônico” também obtiveram pontuação zero. Já os indicadores “Veículos elétricos”, “Acessibilidade ao transporte público”, “Veículos privados”, “Bicicletário”, “Rotas cicláveis” e “Densidade urbana” receberam pontuações abaixo de 0,4. Esses resultados evidenciam os pontos críticos da mobilidade urbana no Recife, demandando atenção prioritária para melhorias desses aspectos.

Para auxiliar a visualização dos pontos que precisam ser aprimorados para alcançar a mobilidade urbana inteligente, foi elaborado o Gráfico 1. Este apresenta os déficits dos indicadores em percentual, destacando as áreas que demandam maior atenção e investimentos.

Gráfico 1 – Percentual do déficit dos indicadores no Recife



Fonte: Autor (2025).

Além de destacar os pontos críticos da mobilidade urbana inteligente, o gráfico também indica quais são os aspectos positivos. Para o caso do Recife são os indicadores “Compartilhamento de bicicleta”, “Integração tarifária”, “Monitoramento de tráfego”, “Informação de tráfego em tempo real”, “Aplicativos”, “Venda de passagem”, “Cartão inteligente”, “Plano de mobilidade urbana” e “Regulação de emissões”, que obtiveram pontuação máxima de acordo com a forma de cálculo proposta. Cabe ressaltar, no entanto, que esses indicadores podem ser aprimorados. Por exemplo, as informações de tráfego da cidade, atualmente divulgadas por meio de uma rede social, poderiam ser disponibilizadas por um aplicativo semelhante ao AnachB, citado no Capítulo 3, o que beneficiaria o indicador “Informação de tráfego em tempo real”. Além disso, embora o Plano de Mobilidade Urbana exista, a ausência de metas e indicadores claros impacta diretamente o indicador “Plano de Mobilidade Urbana”. Para o indicador “Compartilhamento de bicicletas”, apesar de existir um serviço de compartilhamento de bicicletas, este não se conecta com o transporte público e suas estações se concentram nas áreas ricas da cidade.

Ainda, em relação à Tabela 15, tem-se que a média dos valores dos indicadores normalizados é de 0,53, o que fornece uma indicação preliminar sobre o desempenho geral do município. No entanto, o valor final do índice só pode ser determinado após a aplicação dos pesos atribuídos pelos especialistas, seguindo os passos descritos na metodologia. Para facilitar o entendimento, a seguir estão apresentadas as Equações 7, 8, 9 e 10 com exemplos dos cálculos para a dimensão “Emissões”.

1. Cálculo dos “Valores dos indicadores com pesos”: obtidos pela multiplicação entre os “Valores dos indicadores normalizados” e os “Pesos dos indicadores”.

$$\text{Transporte de baixa emissão} = 0,00 * 543,0 = 0,0 \quad (7)$$

$$\text{Veículos elétricos} = 0,01 * 457,0 = 3,6 \quad (8)$$

2. Cálculo dos “Valores por dimensão normalizados”: calculados somando os “Valores dos indicadores com pesos” em cada dimensão e dividindo por 1.000.

$$\text{Valor por dimensão normalizado (Emissões)} = \frac{0,0 + 3,6}{1.000} = 0,0036 \quad (9)$$

3. Cálculo dos valores das dimensões com pesos: determinados multiplicando os “Valores por dimensão normalizados” pelos “Pesos das dimensões”.

$$\text{Valor da dimensão com peso (Emissões)} = 0,0036 * 107,5 = 0,39 \quad (10)$$

Os resultados dos cálculos efetuados estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Aplicação dos pesos nos indicadores e dimensões para o Recife

Dimensões	Indicadores	Valores dos indicadores normalizados	Valores dos indicadores com pesos	Valores por dimensão normalizados	Valores das dimensões com pesos
Emissões	Transporte de baixa emissão	0,00	0,0	0,0036	0,39
	Veículos elétricos	0,01	3,6		
Acessibilidade	Acessibilidade ao transporte público	0,17	74,0	0,52	130,92
	Compartilhamento de bicicleta	1,00	176,5		
	Integração tarifária	1,00	220,0		
Infraestrutura	Veículos privados	0,30	51,1	0,36	72,46
	Bicicletário	0,13	27,4		
	Rotas cicláveis	0,07	19,0		
	Densidade urbana	0,20	33,0		

	Infraestrutura de transporte público	0,78	277,5		
Segurança e Viagens	Número de viagens	0,78	285,2	0,29	42,69
	Mortes no trânsito	0,00	0,0		
	Tempo de viagem	0,00	0,0		
Tecnologia	Monitoramento de tráfego	1,00	99,0	0,68	111,94
	Semáforos inteligentes	0,79	78,7		
	Informação de tráfego em tempo real	1,00	103,5		
	Aplicativos	1,00	169,5		
	Informação nas estações	0,43	61,7		
	Informação a bordo	0,00	0,0		
	Pagamento eletrônico	0,00	0,0		
	Venda de passagem	1,00	63,5		
Cartão inteligente	1,00	107,5			
Regulação	Plano de mobilidade urbana	1,00	635,0	1,00	125,00
	Regulação de emissões	1,00	365,0		

Fonte: Autor (2025).

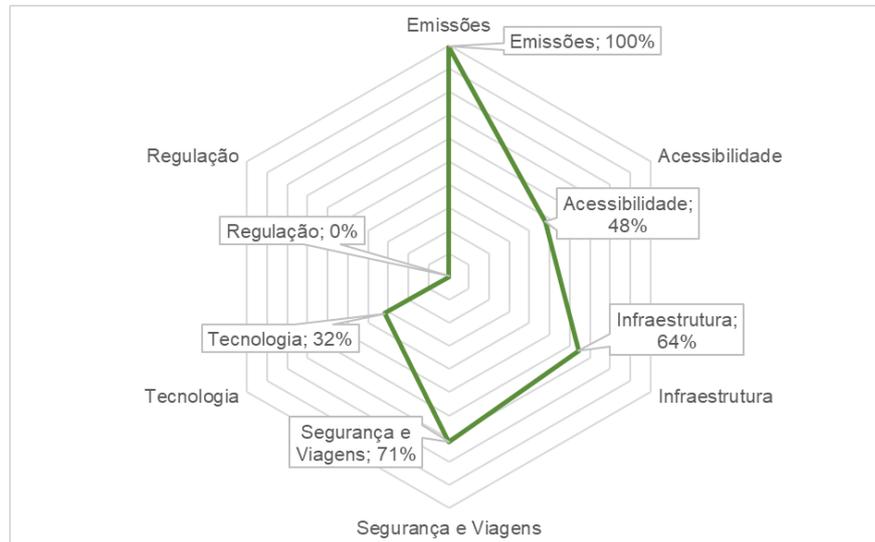
A análise dos “Valores por dimensão normalizados” revela que a dimensão “Regulação” se destacou positivamente no Recife, atingindo a pontuação máxima. A dimensão “Tecnologia” também apresentou um bom desempenho, alcançando cerca de 68% dos pontos. Por outro lado, a “Acessibilidade” registrou um desempenho intermediário, com aproximadamente 52% da pontuação atribuída. Em contraste, a dimensão “Emissões” obteve o pior resultado, com uma pontuação praticamente nula, enquanto as dimensões “Segurança e Viagens” e “Infraestrutura” apresentaram valores inferiores a 40%, evidenciando as dimensões que demandam maior atenção para a melhoria da mobilidade urbana na cidade.

Quanto aos “Valores das dimensões com pesos”, observa-se a influência dos pesos atribuídos pelos especialistas na pontuação final. A dimensão “Acessibilidade”, apesar de apresentar um valor normalizado inferior, alcançou 130,92 pontos, superando a dimensão “Regulação”, que teve o maior valor normalizado.

Para facilitar a visualização das dimensões que necessitam de melhorias de acordo com o índice desenvolvido, foi elaborado o Gráfico 2. Esse gráfico apresenta

os déficits das dimensões em percentual, evidenciando quais são as áreas que necessitam de mais investimento para atingir uma mobilidade urbana mais inteligente.

Gráfico 2 - Percentual do déficit das dimensões no Recife



Fonte: Autor (2025).

Por fim, ao somar os “Valores das dimensões com peso”, obteve-se um total de 483 pontos. Com base no índice desenvolvido, conclui-se que a mobilidade urbana inteligente no Recife é classificada como “intermediária”. Ainda, a análise dos indicadores, sintetizada no Gráfico 1, evidencia os aspectos que precisam ser aprimorados no município, que são especialmente aqueles relacionados à mobilidade ativa e ao transporte público, áreas que demandam atenção prioritária para o avanço da mobilidade na cidade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o uso das TICs já integra a rotina dos cidadãos brasileiros, destacando a mobilidade urbana inteligente como uma tendência promissora na busca de soluções para os desafios de mobilidade enfrentados pelas cidades modernas. Nesse cenário, esta dissertação teve como objetivo principal desenvolver um índice capaz de medir a inserção dos conceitos de mobilidade urbana inteligente nas cidades brasileiras. Esse objetivo foi alcançado com a criação do Índice de Mobilidade Urbana Inteligente (IMI), composto por 24 indicadores distribuídos em seis dimensões.

Esta pesquisa buscou responder à pergunta: “em que medida a aplicação do Índice de Mobilidade Urbana Inteligente contribui para a identificação dos principais problemas relacionados à mobilidade nas cidades brasileiras?”. Constatou-se que a ferramenta desenvolvida oferece subsídios para que gestores avaliem o nível de mobilidade urbana inteligente nas cidades, permitindo uma análise detalhada dos indicadores e identificação de áreas críticas. Além disso, as práticas apresentadas no Capítulo 3 podem servir como diretrizes para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria dos indicadores que apresentem resultados insatisfatórios, contribuindo para um planejamento mais eficaz e alinhado às necessidades urbanas.

Ao relacionar os indicadores do IMI aos ODS, constatou-se um alinhamento entre os conceitos de mobilidade urbana inteligente e sustentável. Essa constatação está em consonância com a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (Brasil, 2021), que afirma que cidades inteligentes são aquelas que utilizam tecnologias para solucionar problemas urbanos, comprometendo-se com o desenvolvimento urbano sustentável e a transformação digital. Esse alinhamento reforça a relevância do IMI como ferramenta de apoio à promoção de uma mobilidade que seja ao mesmo tempo inteligente e sustentável.

A consulta aos especialistas foi uma etapa importante na elaboração do IMI, pois evidenciou os aspectos mais relevantes para a promoção de uma mobilidade urbana inteligente. Esse processo também permitiu identificar limitações do índice, como a ausência de indicadores relacionados à segurança de minorias sociais e à avaliação do impacto dos aplicativos de transporte na mobilidade urbana. Essas lacunas indicam oportunidades para aprimorar o IMI, tornando-o mais robusto.

Além disso, os especialistas apontaram a ausência de indicadores relacionados à coleta e divulgação de dados, um aspecto para aplicação de índices. Contudo, a indisponibilidade de dados confiáveis, coletados e disponibilizados de forma periódica é um problema geral nos estudos brasileiros (Miranda; Silva, 2012; Erba; Antonelli; Magagnin, 2021). Essa lacuna dificulta a criação e aplicação de índices mais robustos, comprometendo a capacidade de monitorar e planejar a mobilidade urbana de forma eficaz.

A aplicação do IMI na cidade do Recife permitiu validar a ferramenta desenvolvida. Por meio de sua utilização, foi possível identificar os aspectos positivos e negativos da mobilidade urbana na cidade. O resultado geral revelou que o panorama da mobilidade urbana inteligente em Recife é mediano, com um total de 483 pontos, apesar de abrigar o Porto Digital. A análise aponta a necessidade de melhorias principalmente em indicadores referentes ao transporte público e à mobilidade ativa para alcançar níveis mais altos de inteligência no sistema de mobilidade urbana.

O principal objetivo do IMI é identificar os pontos críticos relacionados à mobilidade urbana inteligente. Por isso, torna-se indispensável sua aplicação periódica, permitindo que os gestores monitorem se as políticas públicas implementadas estão promovendo progresso nos indicadores do índice. Além disso, é importante destacar que os indicadores selecionados não abrangem todos os aspectos da mobilidade urbana inteligente, mas sim os mais relevantes no contexto atual. Então, cabe ao corpo técnico dos municípios atualizar e adaptar o índice conforme surgem novos desafios e demandas, garantindo que ele permaneça uma ferramenta eficaz para orientar o planejamento e a gestão da mobilidade urbana.

Por fim, recomenda-se que futuros trabalhos explorem a adição de novos indicadores ao IMI, com o objetivo de ampliar o alcance aos ODS e abordar as lacunas apontadas pelos especialistas referentes a inclusão de indicadores relacionados à segurança de minorias sociais, ao impacto dos aplicativos de transporte na mobilidade e à obtenção e divulgação de dados confiáveis. Além disso, sugere-se aplicar o índice em diferentes cidades para avaliar seu comportamento em contextos variados, permitindo uma análise comparativa e aprimorando sua capacidade de adaptação às realidades locais.

REFERÊNCIAS

ABA, A.; ESZTERGÁR-KISS, D. Electric micromobility from a policy-making perspective through European use cases. **Environment, Development and Sustainability**, v. 26, n. 3, p. 7469–7490, 1 mar. 2024.

ABNT. **NBR ISO 37122: Cidades e comunidades sustentáveis — Indicadores para cidades inteligentes**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABOUBAKR, D.; ELSERAFI, T. City Growth Challenges as a Dilemma between Urban Mobility and Livability: A Case Study of Heliopolis. **Civil Engineering and Architecture**, v. 11, n. 4, p. 1795–1813, 1 jul. 2023.

AFONSO, R. A. *et al.* Brazilian smart cities: using a maturity model to measure and compare inequality in cities. 2015. **16th Annual International Conference on Digital Government Research**. Association for Computing Machinery, Nova Iorque, NY, EUA, p. 230–238. DOI: <https://doi.org/10.1145/2757401.2757426>.

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015.

ALI, N. Evaluating sustainable urban transport systems: A Review study for the identification of smart mobility indicators. **Transactions on Transport Sciences**, v. 12, n. 2, p. 16–23, 2021.

ALI, R.; BAKHSH, K.; YASIN, M. A. Impact of urbanization on CO2 emissions in emerging economy: Evidence from Pakistan. **Sustainable Cities and Society**, v. 48, 1 jul. 2019.

ALLAM, Z. *et al.* The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures. **Smart Cities**, v. 5, p. 771–801. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities5030040>.

ALLEN, J. *et al.* The role of critical incidents and involvement in transit satisfaction and loyalty. **Transport Policy**, v. 75, p. 57-69, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.01.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X18304384?via%3Dihub>. Acesso em: 09 mai. 2023.

ALONSO, C. M.; ALETÀ, N. B.; ARCE RUIZ, R. M. SMART MOBILITY IN SMART CITIES. XII Congreso de Ingeniería del Transporte. **Anais...Universitat Politècnica de Valencia**, 7 out. 2016.

ANTOLÍN, J. *et al.* Development of an evaluation framework for smartness and sustainability in cities. **Sustainability**. v. 12, n. 5193, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12125193>.

AUTORIDADE NACIONAL DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA. Manual de Apoio à implementação de Zonas 30, 2019. Disponível em: <http://www.ansr.pt/Legislacao/RegulamentoSinalizacaoTransito/Pages/default.aspx>. Acesso em: 9 dez. 2024.

BABU SAHEER, L.; AHMADPOOR, N.; MAROLI, J. T. Urban Air Quality Comparison on Bike and Driving routes: A Case Study for UK. **Environmental Research Communications**, n. 6, 23 set. 2024.

BAHIA, Leandro Oliveira. Guia referencial para construção e análise de indicadores. **ENAP**, 2021.

BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 73–80, mar. 2008.

BARBOSA, S. B. *et al.* The Geographic Information System and the provision of information to the public transport user: a study based on the Integrated Transport System of Florianópolis. **United Nations Organization**, mai. 2024.

BATTARRA, R.; GARGIULO, C.; TREMITERRA, M. R.; ZUCARO, F. Smart mobility in Italian metropolitan cities: A comparative analysis through indicators and actions. **Sustainable Cities and Society**, v. 41, p. 556-567, 2018.

BATTY, P.; PALACIN, R.; GONZÁLEZ-GIL, A. Challenges and opportunities in developing urban modal shift. **Travel Behaviour and Society**, v. 2, n. 2, p. 109–123, 1 maio 2015.

BEL, G.; ROSELL, J. The impact of socioeconomic characteristics on CO2 emissions associated with urban mobility: Inequality across individuals. **Energy Economics**, v. 64, p. 251–261, 1 maio 2017.

BELBACHIR, A. *et al.* Smart Mobility Using Multi-Agent System. **Procedia Computer Science**. v. 151, p. 447–454, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091930523X>. Acesso em: 18 mai. 2023.

BELLI, L. *et al.* IoT-Enabled Smart Sustainable Cities: Challenges and Approaches. **Smart Cities 3**, no. 3, p. 1039-1071. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities3030052>

BENEVOLO, C.; DAMERI, R. P.; D'AURIA, B. Smart mobility in smart city action taxonomy, ICT intensity and public benefits. Em: **Lecture Notes in Information Systems and Organisation**. [s.l.] Springer Heidelberg, 2016. v. 11p. 13–28.

BIADACZ, R.; BIADACZ, M. Implementation of “smart” solutions and an attempt to measure them: A case study of czestochowa, poland. **Energies**, v. 14, n. 18, 1 set. 2021.

BIANCHI, I.; SCHMIDT, L. The Smart City Revolution: Design Principles and Best Practices for Urban Transformation. **Eigenpub Review of Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 54–70, 2023.

BICIPOLITANA. *Rete Ciclabile Bologna Metropolitana*, 2024. Disponível em: <www.bicipolitanabolognese.it> Acesso em: 5 dez. 2024

BIESER, J.; HILTY, L. Assessing Indirect Environmental Effects of Information and Communication Technology (ICT): A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 10, n. 8, p. 2662, 29 jul. 2018.

BIKE ITAÚ. Pernambuco, 2025. Disponível em: <https://bikeitau.com.br/pernambuco/>. Acesso em: 08 jan. 2025

BÖCKER, L. *et al.* Bike sharing use in conjunction to public transport: Exploring spatiotemporal, age and gender dimensions in Oslo, Norway. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 138, p. 389–401, 1 ago. 2020.

BODO, T. Rapid Urbanisation: Theories, Causes, Consequences and Coping Strategies. **Annals of Geographical Studies**, v. 2, n. 13, p. 32–45, 2019.

BORN, L. N. A Política de Mobilidade Urbana e os Planos Diretores. Em: **Os planos diretores municipais pós-estatuto da cidade: balanço crítico e perspectivas**. [s.l.: s.n.]. p. 155–171.

BOUSKELA, Mauricio; CASSEB, Márcia; BASSI, Silva; DE LUCA, Cristina; FACCHINA, Marcelo. Caminho para as smart cities: Da gestão tradicional para a cidade inteligente. **Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)**, 2016. Disponível em: <https://depositorioceds.espm.edu.br/caminho-para-as-smart-cities-da-gestao-tradicional-para-a-cidade-inteligente/>. Acesso em: 31 mai. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei Nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nº 5.917, de 10 de setembro de 1973, e nº 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília. 2012.

BRASIL. **Lei Nº 10.257 - Estatuto da Cidade**. 2001.

BRASIL. **Lei Nº 8.723**, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Carta Brasileira para Cidades Inteligentes**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes/CartaBrasileiraparaCidadesInteligentes2.pdf>. Acesso em: 18 de mai de 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Frota Veicular – 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRŮHOVÁ FOLTÝNOVÁ, H. *et al.* Sustainable urban mobility: One definition, different stakeholders' opinions. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 87, 1 out. 2020.

CAMPESTRINI, J. B.; NECKEL, A.; DA SILVA, T. L. Análise Da Mobilidade Urbana De Uma Cidade De Médio Porte No Norte Gaúcho. 2022. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. v. 10, n. 79.

CANITEZ, F.; ALPKOKIN, P.; KIREMITCI, S. T. Sustainable urban mobility in Istanbul: Challenges and prospects. **Case Studies on Transport Policy**, v. 8, n. 4, p. 1148–1157, 1 dez. 2020.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart Cities in Europe. **Journal of Urban Technology**. V. 18, p. 65–82. 2011.

CARNEVALE, C. *et al.* **Evaluating economic and health impacts of active mobility through an integrated assessment model**. IFAC-PapersOnLine. **Anais...Elsevier B.V.**, 1 jan. 2018.

CARVALHO, C. H. R. de. Mobilidade Urbana: avanços, desafios e perspectivas. In: COSTA, M. A. (Org.). **O Estatuto da Cidade e a Habitat III: um balanço de quinze**

anos da política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana. Brasília, DF: **IPEA**, 2016. p. 345-361.

CBTU. Mapa da Linha, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cbtu/pt-br/servicos/cbtu-recife/mapa-da-linha>. Acesso em: 08 jan. 2025

CHATZIOANNOU, I. *et al.* Ranking sustainable urban mobility indicators and their matching transport policies to support liveable city Futures: A MICMAC approach. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 18, 1 mar. 2023.

CHOOSAKUN, A.; YEOM, C. Developing evaluation framework for intelligent transport system on public transportation in bangkok metropolitan regions using fuzzy ahp. **Infrastructures**, v. 6, n. 12, 1 dez. 2021.

CHOURABI, H. *et al.* **Understanding smart cities: An integrative framework**. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Anais...IEEE Computer Society, 2012.

CHRISTIDIS, Panayotis *et al.* Research and innovation paving the way for climate neutrality in urban transport: Analysis of 362 cities on their journey to zero emissions. **Transport Policy**, v. 148, p. 107-123, 2024.

CITTAMOBIL. Sobre a cittamobi, 2024. Disponível em: <https://www.cittamobi.com.br/sobre-a-cittamobi/>. Acesso em: 5 dez. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. Cidades inteligentes: cidades usando soluções tecnológicas para melhorar a gestão e eficiência do ambiente urbano. 2018. Disponível em: https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en. Acesso em: 09 mai. 2023.

COSTA, M. M. P.; DE ALCANTARA, D. Mobility in Rio de Janeiro metropolitan periphery: Active transportation challenges in São João de Meriti, RJ. **Urbe**, v. 12, 2020.

COSTA, M. S. **Mobilidade Urbana Sustentável: Um Estudo Comparativo e as Bases de um Sistema de Gestão para Brasil e Portugal**. 2003. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

COSTA, M. S. **Um índice de mobilidade urbana sustentável**. (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

CRIPPA, J. *et al.* Urban branding and circular economy: a bibliometric analysis. *Environment, Development and Sustainability*. **Springer Science and Business Media B.V.**, 1 mar. 2023.

CTTU. Central de Operação e Trânsito, 2019. Disponível em: <https://cttu.recife.pe.gov.br/central-de-operacao-e-transito>. Acesso em: 08 jan. 2025

CTTU. Dataset, 2024. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/it/organization/companhia-de-transito-e-transporte-urbano-do-recife-cttu>. Acesso em: 08 jan. 2025

DAMIDAVIČIUS, J.; BURINSKIENE, M.; ANTUCHEVIČIENE, J. Assessing sustainable mobility measures applying multicriteria decision making methods. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 15, 1 ago. 2020.

DAODAGH *et al.* Data Protection by Design in the Context of Smart Cities: A Consent and Access Control Proposal. 2021. **Sensors**, v. 21, 7154. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21217154>

DÉDELE, A.; MIŠKINYTĖ, A. Promoting sustainable mobility: A perspective from car and public transport users. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 9, 2021.

EL-SHERIF, D. M. Urban mobility systems components. **Elsevier eBooks**, p. 89–106, 1 jan. 2021.

ERBA, L. A.; ANTONELLI, J. F. C.; MAGAGNIN, R. C. Experiences on the application of the Sustainable Urban Mobility Index (IMUS) in Brazilian and foreign cities. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. v. 9, n. 73, p. 15-30, 2021.

ESTEVEES, J.; ALONSO-MARTÍNEZ, D.; DE HARO, G. Profiling Spanish Prospective Buyers of Electric Vehicles Based on Demographics. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 9223, 17 ago. 2021.

FÉLIX, R.; CAMBRA, P.; MOURA, F. Build it and give ‘em bikes, and they will come: The effects of cycling infrastructure and bike-sharing system in Lisbon. **Case Studies on Transport Policy**, v. 8, n. 2, p. 672–682, 1 jun. 2020.

FORTALEZA. **Lei Ordinária nº 10.752**, de 12 de junho de 2018. Disponível em: <https://sapl.fortaleza.ce.leg.br/ta/8/text#15603>. Acesso em: 7 dez. 2024.

FRANK, L. D. *et al.* Chronic disease and where you live: Built and natural environment relationships with physical activity, obesity, and diabetes. **Environment International**, v. 158, 1 jan. 2022.

FRIED, T. *et al.* Measuring the Sustainable Development Goal (SDG) Transport Target and Accessibility of Nairobi's Matatus. **Transportation Research Record**, v. 2674, n. 5, p. 196–207, 1 maio 2020.

GARAU, C.; MASALA, F.; PINNA, F. Cagliari and smart urban mobility: Analysis and comparison. *Cities*, v. 56, p. 35–46, 1 jul. 2016.

GHARAIBEH, A. *et al.* Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1 out. 2017.

GIFFINGER, R. *et al.* **Smart cities-Ranking of European medium-sized cities**. [s.l.: s.n.]. 2007 Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/261367640>>.

GIFFINGER, R.; HAINDL, G. Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of the cities. 2010. **ACE: Architecture, City and Environment**. 4. DOI: 10.5821/ace.v4i12.2483.

GOMIDE, A. Á. LEITE, S. K.; REBELO, J. Transporte público e pobreza urbana: um índice-síntese de serviço adequado. Texto para Discussão N° 1209. **IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Brasília, ago. 2006.

GOMIDE, A. Á. Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas. Texto para Discussão N° 960. **IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. ISSN 1415-4765. Brasília, julho de 2003.

GRCT. Bilhetagem Eletrônica, 2022c. Disponível em: <https://www.granderecife.pe.gov.br/servicos/bilhetagem-eletronica/>. Acesso em: 08 jan. 2025

GRCT. BRT – Via Livre, 2022a. Disponível em: <https://www.granderecife.pe.gov.br/transporte/brt-via-livre/>. Acesso em: 08 jan. 2025

GRCT. Grande Recife Consórcio de Transportes, 2024 Disponível em: <https://www.granderecife.pe.gov.br>. Acesso em: 08 jan. 2025

GRCT. Tarifas, 2025 Disponível em: <https://www.granderecife.pe.gov.br/transporte/tarifas/>. Acesso em: 08 jan. 2025

GRCT. Terminais, 2022b. Disponível em:
<https://www.granderecife.pe.gov.br/transporte/sistema-estrutural-integrado/terminais/>.
 Acesso em: 08 jan. 2025

GUDMUNDSSON, H. *et al.* **Sustainable Transport: Indicators, Frameworks and Performance Management**. Dinamarca: Springer, 2016.

GULC, A.; BUDNA, K. Classification of Smart and Sustainable Urban Mobility. **Energies**, v. 17, n. 9, 1 maio 2024.

GUY, G. B.; KIBERT, C. J. Developing indicators of sustainability: US experience. **Building Research and Information**, v. 26, p. 39–45. DOI:
<https://doi.org/10.1080/096132198370092>

GUZMAN, L. A. *et al.* Buying a car and the street: Transport justice and urban space distribution. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 95, 1 jun. 2021.

HALL, R. E. *et al.* The vision of a smart city. **2nd International Life Extension Technology Workshop**. 2000. Disponível em:
<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/773961-oyxp82/webviewable/773961.pdf>.
 Acesso em: 05 ago. 2024

HARRISON, C *et al.* Foundations for smarter cities. **IBM Journal of Research and Development**. v. 54, p. 1–16. 2010.

HASAN, A. *et al.* Transit Behaviour and Sociodemographic Interrelation: Enhancing Urban Public-Transport Solutions. **Eng**, v. 4, n. 2, p. 1144–1155, 1 jun. 2023.

HOU, W. *et al.* Simulation of the potential impact of urban expansion on regional ecological corridors: A case study of Taiyuan, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 83, 1 ago. 2022.

HUERTAS, J. I. *et al.* Methodology to Assess Sustainable Mobility in LATAM Cities. **Applied Sciences**. v. 11, n. 20, 14 out. 2021.

IBGE. Bases cartográficas contínuas – Brasil. 2023. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 08 jan. 2025

IBGE. Cidades e Estados .2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 08 jan. 2025

IBGE. Downloads | Geociências. 2022b. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_munic_ipais/municipio_2022/Brasil/BR/. Acesso em: 08 jan. 2025

IBGE. Em 2023, 88,0% das pessoas com 10 anos ou mais utilizaram Internet | Agência de Notícias, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41026-em-2023-87-2-das-pessoas-com-10-anos-ou-mais-utilizaram-internet>>. Acesso em: 3 jan. 2025.

ICPS. Matrizes Origem-Destino. 2020. Disponível em: <http://icps.recife.pe.gov.br/node/61317>. Acesso em: 08 jan. 2025

INSANI, A. P.; PURNOMO, E. P.; SADAYI, D. P. Back to Public Transport National Movement; Light Rail Transit Accessibility in Palembang. **Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik**, v. 10, n. 1, p. 39–46, abr. 2023.

INTERNATIONAL ASSOCIATION PUBLIC PARTICIPATION. Our Pillars, 2023. Disponível em: <https://www.iap2canada.ca/Pillars>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ITDP. O Cenário de Cidades Compactas Eletrificadas. 2022. Disponível em: https://itdp.org/wp-content/uploads/2021/12/O-Cenario-de-Cidades-Eletrificadas_Estudo.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2025.

ITS VIENNA REGION. Competence Centre for Intelligent Transport Systems (ITS) of Vienna, Lower Austria and Burgenland, 2024. Disponível em: <https://www.its-viennaregion.at/en/index.html>>. Acesso em: 9 dez. 2024.

JAÉ. Quem Somos – Jaé, 2024. Disponível em: <https://jae.com.br/quem-somos/>>. Acesso em: 9 dez. 2024.

KITCHIN, R. The Timescape of Smart Cities. **Annals of the American Association of Geographers**. 2019. n. 109. p. 775-790. DOI: 10.1080/24694452.2018.1497475.

KOMAN, G. *et al.* Public Transport Infrastructure with Electromobility Elements at the Smart City Level to Support Sustainability. **Sustainability (Switzerland)**, v. 16, n. 3, 1 fev. 2024.

LABRI, N.; BAZIZ, A. A Methodological Framework for Evaluating Smart Transport Applicability in Algiers. **Operation and Economics in Transport**. v. 24, n. 4, p. A160-A171. 2022.

LAI, C. S. *et al.* A Review of Technical Standards for Smart Cities. **Clean Technol.** 2020, v. 2, p. 290-310. DOI: <https://doi.org/10.3390/cleantechnol2030019>.

LATTARULO, P.; MASUCCI, V.; PAZIENZA, M. G. Resistance to change: Car use and routines. **Transport Policy**, v. 74, p. 63–72, 1 fev. 2019.

LI, B. Effective energy utilization through economic development for sustainable management in smart cities. **Energy Reports**, v. 8, p. 4975–4987, 1 nov. 2022.

LYONS, G. Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 115, p. 4–14, 2018.

MACHADO, L. **Índice de Mobilidade Sustentável para Avaliar a Qualidade de Vida Urbana. Estudo de Caso: Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MAGALHÃES, M. T. Q. **Metodologia para Desenvolvimento de Sistemas de Indicadores: Uma Aplicação no Planejamento e Gestão da Política Nacional de Transportes.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MALTESE, I.; GATTA, V.; MARCUCCI, E. Active Travel in Sustainable Urban Mobility Plans. An Italian overview. **Research in Transportation Business and Management**, v. 40, 1 set. 2021.

MARICATO, E. O MINISTÉRIO DAS CIDADES E A POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. **IPEA**, n. 12, p. 211–220, 2006.

MATTOS, E. P. *et al.* The Impact of Mobility on Location Privacy: A Perspective on Smart Mobility. **IEEE Systems Journal**, v. 16, n. 4, p. 5509-5520. 2022. DOI: 10.1109/JSYST.2022.3147808.

MATTRISCH, G.; WEISS, D. M. **Advanced bus transit systems - “best practice” mobility solutions for emerging agglomerations.** WIT Transactions on the Built Environment. **Anais...**2008.

MEIRA, L. H. *et al.* Measuring social effective speed to improve sustainable mobility policies in developing countries. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 78, 1 jan. 2020.

MELKONYAN, A. *et al.* Integrated urban mobility policies in metropolitan areas: A system dynamics approach for the Rhine-Ruhr metropolitan region in Germany. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, 1 out. 2020.

MELO, I. R.; MEIRA, L. H. Mobilidade Urbana Inteligente: Uma Revisão Sistemática da Literatura. 38º Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte – ANPET 2018. **Anais....** Florianópolis: ANPET, 2024.

MELO, I. R.; SOUZA JÚNIOR, S. R. L.; MEIRA, L. H. **O IMPACTO DAS FAIXAS EXCLUSIVAS PARA ÔNIBUS NA VELOCIDADE DE TRÁFEGO - O CASO DE UMA GRANDE AVENIDA DO RECIFE.** Libro de Actas de CLATPU 2024. **Anais...2024.**

MIDGLEY, P. The Role of Smart Bike-sharing Systems in Urban Mobility. **Journeys**, 2009.

MILITARU, C. *et al.* **Environmental impact analysis of the public transport system In the context of sustainable development.** 30 years of economic reforms in the Republic of Moldova: economic progress via innovation and competitiveness. **Anais...Chisinau: Academy of Economic Studies of Moldova, set. 2021.**

MIRANDA, H. F.; SILVA, A. N. R. Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. **Transport Policy**, v. 21, p. 141-151. 2012.

MOOVIT. Sobre o Moovit. 2024. Disponível em: <https://moovit.com/pt/about-us-pt/>. Acesso em: 08 jan. 2025

MORACI, F. *et al.* Cities under pressure: Strategies and tools to face climate change and pandemic. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, 1 set. 2020.

MOTA, D. O. *et al.* Reflexo de grandes eventos na mobilidade urbana. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020.

MTA. Everything you need to know about fares in New York, 2025. Disponível em: <https://new.mta.info/fares>. Acesso em: 08 jan. 2025.

MÜLLER-EIE, D.; IOANNIS KOSMIDIS. Sustainable mobility in smart cities: a document study of mobility initiatives of mid-sized Nordic smart cities. **European Transport Research Review**, v. 15, n. 1, 16 out. 2023.

MUNHOZ, P. A. M. S. A. *et al.* Smart mobility: The main drivers for increasing the intelligence of urban mobility. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 24, p. 1–25, 2 dez. 2020.

NAIZABAYEVA, L.; ZAITOV, D.; SEILOVA, N. Integrating Smart Traffic Systems with Real-Time Air Quality Monitoring to Minimize Emissions and Improve Urban Health. **Procedia Computer Science**, v. 251, p. 603–608, 2024.

NANAHI, E. A. Electric vehicle capitals – case studies. Em: **Electric Vehicles for Smart Cities**. [s.l.] Elsevier, 2021. p. 181–247.

NEMOTO, E. H. *et al.* How to measure the impacts of shared automated electric vehicles on urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 93, 1 abr. 2021.

NOSAL, K. Travel demand management in the context of promoting bike trips, an overview of solutions implemented in Cracow. **Transport Problems**, v. 10, n. 2, p. 23–34, 2015.

OECD. **Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and user guide**. 2008.

OGRODNIK, K. Multi-criteria analysis of smart cities in Poland. **Geographia Polonica**, v. 93, n. 2, p. 163–181, 2020.

OLIVEIRA, L. F. P.; MANERA, L. T.; LUZ, P. D. G. DA. Development of a Smart Traffic Light Control System with Real-Time Monitoring. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 8, n. 5, p. 3384–3393, 1 mar. 2021.

ONU. Onu Habitat. Envisaging the future of cities. **World Cities Report**. 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 20 fev. 2025.

ONU. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 2020. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 23 dez. 2024.

ONU. Topics | Sustainable Development. 2024. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/topics>>. Acesso em: 09 dez. 2024.

OTWARTY PLAN, 2024. ROWEREM. Disponível em: <<https://otwartyplan.org/rowerem/>>. Acesso em: 09 dez. 2024.

PACETE, L. G. Brasil lidera em bike-sharing na América Latina e uso aumenta. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/05/brasil-lidera-em-bike-sharing-na-america-latina-e-uso-aumenta/>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

PAIVA, S. *et al.* Enabling Technologies for Urban Smart Mobility: Recent Trends, Opportunities and Challenges. **Sensors** **21**, 2021 n. 6: v. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21062143>

PAPA, E.; LAUWERS, D. Smart Mobility: Opportunity or Threat to Innovate Places and Cities?. **20th international conference on urban planning and regional development in the information society (Real Corp 2015)**, p. 543–550, 2015.

PAPADAKIS, D. M. *et al.* Advancing sustainable urban mobility: insights from best practices and case studies. **Fuel Communications**, v. 20, p. 100125, set. 2024.

PARK, J. *et al.* Air Pollution and Public Bike-Sharing System Ridership in the Context of Sustainable Development Goals. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, 24 mar. 2022.

PETREA, M. I.; URSACHE, I. M. INSIDE THE WORLD'S MOST SUSTAINABLE SMART CITY: LESSONS FROM COPENHAGEN. **International Conference on “Sustainable Development of European Smart Cities”**, 12 out. 2023.

POP, M. D.; PROSTEAN, O. Identification of significant metrics and indicators for smart mobility. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.

Anais...Institute of Physics Publishing, 18 fev. 2019.

PORRU, S. *et al.* Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas, **Journal of Traffic and Transportation Engineering**. 2020. v. 7. P. 88-97, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.10.002>.

PORTO DIGITAL, 2024. Porto Digital cresce 14% em 2023 e passa de 18 mil colaboradores. Disponível em: <https://www.portodigital.org/noticias/porto-digital-cresce-14-em-2023-e-passa-de-18-mil-colaboradores>. Acesso em: 07 sep. 2024.

PORTO DIGITAL. Conheça o Porto Digital, o maior parque tecnológico urbano e aberto do Brasil. 2022. Disponível em: <https://www.portodigital.org/noticias/conheca-o-porto-digital-o-maior-parque-tecnologico-urbano-e-aberto-do-brasil>. Acesso em: 08 jan. 2025

PORTO DIGITAL. História, 2024. Disponível em: <https://www.portodigital.org/paginas-institucionais/o-porto-digital/historia>. Acesso em: 08 jan. 2025

RAMIREZ-RUBIO, O. *et al.* Urban health: An example of a “health in all policies” Approach in the context of SDGs implementation. **Globalization and Health**, v. 15, n. 1, 18 dez. 2019.

RECIFE. Censo 2022. 2022. Disponível em: [https://desenvolvimentoeconomico.recife.pe.gov.br/censo-2022#:~:text=O%20Recife%20é%20a%20nona,quarta-feira%20\(28\)](https://desenvolvimentoeconomico.recife.pe.gov.br/censo-2022#:~:text=O%20Recife%20é%20a%20nona,quarta-feira%20(28).). Acesso em: 08 jan. 2025

RECIFE. Paraciclos do Recife. 2025. Disponível em: http://dados.recife.pe.gov.br/pt_BR/dataset/paraciclos-do-recife. Acesso em: 08 jan. 2025

RECIFE. Prefeitura do Recife planeja ampliar em 160% o número de estações de bicicletas compartilhadas. 2024. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/14/11/2024/prefeitura-do-recife-planeja-ampliar-em-160-o-numero-de-estacoes-de-bicicletas>. Acesso em: 08 jan. 2025

ROCHA, L. A. Opportunities for Brazilian Smart Cities: What Is Realistic and What Is not. **Smart Cities: Development and Governance Frameworks**. 2018 p. 281-297. DOI: 10.1007/978-3-319-76669-0_12.

RUTER. About Ruter, 2024. Disponível em: <<https://ruter.no/en/about-ruter/>>. Acesso em: 09 dez. 2024.

SABINO, L.; CANÊDO, J. Como a sociedade civil organizada é capaz de influenciar e pautar o poder público com relação à mobilidade urbana -o caso da Cidadeapé. 21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. **Anais...** São Paulo. 2017.

SALA, S.; CIUFFO, B.; NIJKAMP, P. A systemic framework for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 119, p. 314–325, nov. 2015.

SALVADOR. Zona 30: Salvador ganha novo conceito de engenharia de tráfego, 2021. Disponível em: <<https://transalvador.salvador.ba.gov.br/zona-30-salvador-ganha-novo-conceito-de-engenharia-de-trafego/>>. Acesso em: 08 dez. 2024.

SAMBO, A.; GARBA, U. Sustainable development of electric vehicles in Nigeria: Charging stations, research and development, and the way forward in a situation of electricity inadequacy. **Proceedings of the Nigerian Academy of Science**, v. 16, n. 1s, p. 28–45, 30 out. 2023.

SANTOS, G.; LI, W. W.; KOH, W. T. H. 9. TRANSPORT POLICIES IN SINGAPORE. Em: **Research in Transportation Economics**. [s.l.] JAI Press, 2004. v. 9p. 209–235.

SANTOS, M. 2. **O ESPAÇO: SISTEMAS DE OBJETOS, SISTEMAS DE AÇÃO.** In: A NATUREZA do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. p. 38-56. ISBN 85-314-0713-3.

SANTOS, M. **A natureza do espaço : técnica e tempo, razão e emoção.** [s.l.] Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

SCERRI, K.; ATTARD, M. People as planners: Stakeholder participation in the street experimentation process using a virtual urban living lab. **Journal of Urban Mobility**, v. 4, 15 dez. 2023.

SEGNESTAM, L. **Indicators of Environment and Sustainable Development: Theories and Practical Experience.** Washington: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2002.

SILVA, F. O. **CIDADES INTELIGENTES: Planejamento e gestão para a mobilidade urbana.** 2021. 265 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

SIMÓN-I-MAS, G.; HONEY-ROSÉS, J. A global overview of Bike Bus: A journey toward a child-friendly city. **International Journal of Sustainable Transportation**, 2024.

SOARES, R. Ciclomobilidade está devagar no Recife: em três anos, menos de 50 km de ciclofaixas foram implantados na cidade. NE20. 2024. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/colunas/mobilidade/2024/04/15/ciclomobilidade-esta-devagar-no-recife-em-tres-anos-menos-de-50-km-de-ciclofaixas-foram-implantados-na-cidade.html>. Acesso em: 08 jan. 2025

SPICKERMANN, A.; GRIENITZ, V.; VON DER GRACHT, H. A. Heading towards a multimodal city of the future: Multi-stakeholder scenarios for urban mobility. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 89, p. 201–221, 2014.

SZPILKO, D. *et al.* Sustainable and smart mobility – research directions. A systematic literature review. **Economics and Environment**, v. 86, n. 3, p. 31–61, 21 dez. 2023.

TAREK, S. Towards applying smart mobility solutions in Egypt: An integrative framework and a case study application. **Ain Shams Engineering Journal**. v. 14, n. 7, p. 101987–101987, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447922002982?via%3Dihub>. Acesso em: 23 mar. 2023.

TEIXEIRA, I. F. Análise qualitativa da arborização de ruas do conjunto habitacional Tancredo Neves, Santa Maria-RS. **Ciência Florestal**, v. 9, p. 9-21, 1999.

TEKOUABOU *et al.* Improving parking availability prediction in smart cities with IoT and ensemble-based model. **Journal of King Saud University – Computer and Information Science**. v. 34, p. 687-697. 2020

TOMANEK, Robert. Intelligent Solutions in Sustainable Transport Upper Silesia Agglomeration. In: **Challenge of Transport Telematics: 16th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2016, Katowice-Ustroń, Poland, March 16–19, 2016, Selected Papers 16**. Springer International Publishing, 2016. p. 342-353.

TOMTOM. Recife traffoc. 2024. Disponível em: <https://www.tomtom.com/traffic-index/recife-traffic/>. Acesso em: 24 dez. 2024.

TRANSMILENIO. Mapa interactivo de TransMilenio, 2024. Disponível em: <<https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/150402/publicacionesmapa-interactivo-de-transmilenio/>>. Acesso em: 09 dez. 2024

TSAVACHIDIS, M.; PETIT, Y. LE. Re-shaping urban mobility – Key to Europe’s green transition. **Journal of Urban Mobility**, v. 2, 1 dez. 2022.

TURA, N.; OJANEN, V. Sustainability-oriented innovations in smart cities: A systematic review and emerging themes. **Cities**. V. 126. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103716>.

TUROŃ, K.; CZECH, P.; JUZEK, M. The concept of a walkable city as an alternative form of urban mobility. **Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport**, v. 95, p. 223–230, 1 jun. 2017.

United Nations Development Programme. Background on the goals, 2016. Disponível em: <<https://www.undp.org/sdg-accelerator/background-goals>>. Acesso em: 09 dez. 2024.

Urban Systems. Ranking Connected Smart Cities. Disponível em: www.urbansystems.com.br/rankingconnectedsmartcities. Acesso em: 23 abr. 2024.

VALENÇA, G. C. e SANTOS, E. (2018). O conceito de ruas completas e a infraestrutura cicloviária: a experiência de Toronto, Canadá. **Espacios**. 39. 26 - 33. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331225227_O_conceito_de_ruas_completa

s_e_a_infraestrutura_cicloviaria_a_experiencia_de_Toronto_Canada. Acesso em: 01 abr. 2023

VARGAS-MALDONADO, R. C. et al. Conscious Mobility for Urban Spaces: Case Studies Review and Indicator Framework Design. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 13, n. 1, 1 jan. 2023.

VAZQUEZ, E. et al. A framework to locate new medium and high capacity stations for public transportation modes of transport in Rio de Janeiro. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 10, 1 out. 2022.

VIEIRA, T. *et al.* **Public Transport Occupancy Estimation using WLAN Probing and Mathematical Modeling**. Transportation Research Procedia. **Anais...Elsevier B.V.**, 1 jan. 2020.

WANG, X.; LIU, T. The roads one must walk down: Commute and depression for Beijing's residents. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 109, 1 ago. 2022.

WAQAR, Ahsan *et al.* Evaluation of challenges to the adoption of intelligent transportation system for urban smart mobility. **Research in Transportation Business & Management**, v. 51, p. 101060, 2023.

WOLNIAK, R. European Union Smart Mobility—Aspects Connected with Bike Road System's Extension and Dissemination. 2023. **Smart Cities 6**, n. 2, p. 1009-1042. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities6020049>.

ZAPOLSKYTĖ *et al.* Smart Urban Mobility System Evaluation Model Adaptation to Vilnius, Montreal and Weimar Cities. 2022. **Sustainability 14**, n. 2, v. 715. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14020715>.

APÊNDICE A – INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE NA LITERATURA

Indicadores	Descrições	REFERÊNCIAS*											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Percentual da frota de ônibus de baixa emissão	Percentual da frota de ônibus de baixa emissão; percentual de veículos				x								x
Regulação de emissões	Existência de regulamentação de emissões para veículos novos								x				
Consumo final anual de energia	Os custos de combustível para a operação da infraestrutura de transporte em relação ao PIB per capita; MWh/cap/ano (para o setor de transporte)	x											x
Acessibilidade a estações de transporte público	Percentual da área urbana com acessibilidade a estações de transporte público; percepção dos usuários (likert).								x	x		x	x
Fatalidades no trânsito	Número de fatalidades no trânsito por 1.000 pessoas; número de pedestres mortos ou gravemente feridos em colisões rodoviárias (dados da Sede da Polícia Municipal) (pcs.) ou número de acidentes rodoviários; número de acidentes rodoviários/100.000; acidentes rodoviários por 100.000 habitantes; mortes/1.000.000 hab; acidentes/100.000 habitantes	x			x	x			x	x	x	x	x
Viagens anuais per capita	viagem/hab-ano								x				

Velocidade média dos veículos nos dias úteis	Velocidade média dos veículos nos dias úteis em km/h							x				
Percentual de câmeras de fiscalização de trânsito conectadas ao centro	Disponibilidade de monitoramento de tráfego usando TIC (percentual); TIC integrado (binário); percentual de câmeras de fiscalização de trânsito conectadas ao centro; percentual de extensão das ruas com monitoramento de tráfego		x	x		x						x
Percentual de semáforos operados por ITS no total de semáforos da cidade	Percentual de semáforos operados por ITS no total de semáforos na cidade (percentual); Semáforos centralizados (nº/total); percentual de cruzamentos com duração adaptativa do semáforo					x		x				x
Congestionamento de trânsito	Tradução do tempo de congestionamento em custo de congestionamento	x										
Informação de trânsito em tempo real	Disponibilidade de informações de tráfego em tempo real (percentual); serviço de SMS (binário)		x					x				
Bicicletas por mil habitantes	Bicicletas/1.000 habitantes; número de bicicletas da cidade, incluindo bicicleta elétrica					x		x				
Rota de bicicleta	Extensão de ciclovias e faixas em relação à extensão das ruas da cidade (percentual); extensão de ciclovias (km); extensão de ciclovia por área da cidade km/100km² ou por habitantes km/10.000 habitantes;		x		x			x	x		x	x

Conectividade de rotas	O número de rotas conectadas para cobrir espacialmente diferentes CBDs / zonas; Número de conexões ferroviárias e de ônibus que servem conexões intra-aglomeração (em relação ao número de habitantes ou à área da aglomeração) (pcs.)	x										
Quilômetros percorridos por veículos de transporte público	Quilômetros de veículos dirigidos por transporte público (km)				x							
Taxa de penetração de veículos elétricos	Percentual de EV sobre o número total de veículos (Percentual); percentual de híbridos ou EV (percentual)		x					x				
Pontos de carregamento público de veículos elétricos	Número de pontos de carregamento público de EV por quilômetro quadrado; estações/1.000.000 hab		x					x				
Estações por dez mil habitantes	nº/10.000 habitantes						x					
Aplicativos para dispositivos móveis	Aplicativos para celular (binário)						x		x			
Disponibilidade de informações em tempo real para usuários nas estações	Disponibilidade de informações em tempo real para usuários nas estações						x		x			
Disponibilidade de informações em tempo real para usuários a bordo	Disponibilidade de informações em tempo real para usuários a bordo								x			
Placas eletrônicas de parada de ônibus	Sinais eletrônicos de parada de ônibus (binário)						x					
Sistemas de pagamento eletrônico de estacionamento	Sistemas eletrônicos de pagamento de estacionamento (binário)						x					
Sistema de pagamento eletrônico de bilhetes	Sistema de pagamento eletrônico de bilhetes (binário)			x			x					

Informações sobre rotas, horários e tempos de espera	Informações sobre rotas, horários e tempos de espera (binário)							x				
Terminais equipados com máquina automática de bilhetes	Percentual de terminais equipados com máquina automática de bilhetes									x		
Uso de cartão inteligente	Binário; Número de diferentes modos de transporte público integrados em um cartão inteligente		x	x						x		
Sinal de mensagem variável	Existência de sinal de mensagem variável (binário)							x				
Acessibilidade	A viabilidade para utilizar o sistema de transporte pela sociedade; acessibilidade do transporte público	x								x		
Disponibilidade de preços e bilhetes integrados	Disponibilidade de preços e bilhetes integrados									x		
Participação na aquisição pública de mobilidade	Percentual anual de aquisição de investimento em mobilidade como parte da aquisição anual total da administração da cidade (Percentual em M USD)											x
Opções de mobilidade	O número de modos de transporte disponíveis entre diferentes CBDs / zonas; pagamento integrado com transporte público (binário); modos de transporte disponíveis por região (0 - número de modos de transporte)	x		x								x

Compacidade urbana	Relação entre o espaço utilizável dos edifícios (volume) e o espaço urbano (área) (metros); hab/ha		x					x				
Número de centros comerciais/administrativos por habitante	1/1.000.000 hab							x				

*1. Ali (2021); 2. Antolín *et al.* (2020); 3. Alonso; Aletà; Arce Ruiz (2016); 4. Biadacz; Biadacz (2021); 5. Choosakun; Yeom (2021); 6. Garau; Massala; Pinna (2016); 7. Huertas *et al.* (2021); 8. Labri; Baziz (2022); 9. Ogrodnik (2020); 10. Pop; Proştean (2019); 11. Vargas-Maldonado *et al.* (2023).

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA OBTENÇÃO DOS PESOS

Olá, desde já gostaria de agradecer a sua disponibilidade para participar dessa pesquisa.

Este questionário faz parte da elaboração da dissertação de mestrado em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco do aluno Lury Ribeiro de Melo, sob orientação do Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira.

O objetivo é atribuir pesos às dimensões e indicadores para a criação de um índice de mobilidade urbana inteligente

Qualquer dúvida pode ser esclarecida por meio do Whatsapp: (81) xxxxx-xxxx ou do e-mail: xxxx.xxxxxx@ufpe.br

Visão geral

Nesta seção está apresentada uma visão geral do índice, com suas dimensões, indicadores e descrições. Na seção a seguir será pedido para que sejam distribuídos pesos para os indicadores e dimensões.

Dimensões	Indicadores	Descrições
Emissões	Transporte de baixa emissão	Percentual de veículos de baixa emissão na frota de ônibus
	Veículos elétricos	Porcentagem de veículos elétricos ou híbridos
Acessibilidade	Acessibilidade	Percentual da população que reside em um raio de até 1 km de uma estação do sistema de transporte público de média ou alta capacidade
	Compartilhamento de bicicleta	Disponibilidade de serviço de compartilhamento de bicicletas
	Integração tarifária	Existência de precificação de passagens integradas
	Veículos privados	Número de veículos por habitantes
Infraestrutura	Bicicletário	Número de bicicletários por quilômetro quadrado
	Rotas cicláveis	Porcentagem de vias que são rotas cicláveis
	Densidade urbana	Número de habitantes por quilômetro quadrado
	Infraestrutura de transporte público	Comprimento da rota de transporte público por quilômetro quadrado
Segurança e Viagens	Número de viagens	Porcentagem de viagens anuais feitas por transporte público ou ativo
	Mortes no trânsito	Número de mortes no trânsito por milhão de habitantes
	Tempo de viagem	Aumento do tempo total de viagem em comparação com a situação de fluxo livre
Tecnologia	Monitoramento de tráfego	Uso de câmeras de fiscalização de trânsito conectadas ao centro de monitoramento
	Semáforos inteligentes	Percentual de semáforos inteligentes na cidade

	Informação de tráfego em tempo real	Disponibilidade de informações de tráfego em tempo real (ex: alerta por SMS)
	Aplicativos	Existência de aplicativos para celulares com informações sobre transporte público
	Informação nas estações	Existência de informações em tempo real para usuários nas estações
	Informação a bordo	Existência de informações em tempo real para usuários a bordo
	Pagamento eletrônico	Existência de um sistema eletrônico de pagamento de passagens
	Venda de passagem	Porcentagem de terminais equipados com máquinas automáticas de venda de passagens
	Cartão inteligente	Uso de cartão eletrônico para pagamento de passagens
Regulação	Plano de mobilidade urbana	Existência de um plano de mobilidade urbana
	Regulação de emissões	Existência de um regulamento sobre emissões para veículos novos

Ponderação dos indicadores

Preencha as células em amarelo para distribuir 1.000 pontos entre os indicadores abaixo para cada dimensão, de forma que o indicador que você considera mais relevante receba a maior quantidade de pontos e o menos relevante a menor quantidade. **Não distribua os pontos de forma igualitária entre os indicadores. Todos os indicadores devem receber uma pontuação diferente de zero.**

Somatório: 1.000

Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Emissões	Transporte de baixa emissão	Percentual de veículos de baixa emissão na frota de ônibus	
	Veículos elétricos	Porcentagem de veículos elétricos ou híbridos	
		Σ	0

Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Acessibilidade	Acessibilidade	Percentual da população que reside em um raio de até 1 km de uma estação do sistema de transporte público de média ou alta capacidade	
	Compartilhamento de bicicleta	Disponibilidade de serviço de compartilhamento de bicicletas	
	Integração tarifária	Existência de precificação de passagens integradas	
	Veículos privados	Número de veículos por habitantes	
		Σ	0

Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Infraestrutura	Bicicletário	Número de bicicletários por quilômetro quadrado	
	Rotas cicláveis	Porcentagem de vias que são rotas cicláveis	
	Densidade urbana	Número de habitantes por quilômetro quadrado	

Infraestrutura de transporte público	Comprimento da rota de transporte público por quilômetro quadrado	
	Σ	0

Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Segurança e Viagens	Número de viagens	Porcentagem de viagens anuais feitas por transporte público ou ativo	
	Mortes no trânsito	Número de mortes no trânsito por milhão de habitantes	
	Tempo de viagem	Aumento do tempo total de viagem em comparação com a situação de fluxo livre	
		Σ	0

Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Tecnologia	Monitoramento de tráfego	Uso de câmeras de fiscalização de trânsito conectadas ao centro de monitoramento	
	Semáforos inteligentes	Percentual de semáforos inteligentes na cidade	
	Informação de tráfego em tempo real	Disponibilidade de informações de tráfego em tempo real (ex: alerta por SMS)	
	Aplicativos	Existência de aplicativos para celulares com informações sobre transporte público	
	Informação nas estações	Existência de informações em tempo real para usuários nas estações	
	Informação a bordo	Existência de informações em tempo real para usuários a bordo	
	Pagamento eletrônico	Existência de um sistema eletrônico de pagamento de passagens	
	Venda de passagem	Porcentagem de terminais equipados com máquinas automáticas de venda de passagens	
	Cartão inteligente	Uso de cartão eletrônico para pagamento de passagens	
		Σ	0

Dimensão	Indicadores	Descrições	Pontos
Regulação	Plano de mobilidade urbana	Existência de um plano de mobilidade urbana	
	Regulação de emissões	Existência de um regulamento sobre emissões para veículos novos	
		Σ	0

Ponderação das dimensões

Preencha as células em amarelo para distribuir 1.000 pontos entre as dimensões abaixo, de forma que a dimensão que você considera mais relevante receba a maior quantidade de pontos e a menos relevante a menor quantidade. **Não distribua os pontos de forma igualitária entre as dimensões. Todas as dimensões devem receber uma pontuação diferente de zero.**

Somatório: 1.000

Dimensões	Pontos
Emissões	
Acessibilidade	

Infraestrutura	
Segurança e Viagens	
Tecnologia	
Regulação	
Σ	0

APÊNDICE C – PLANILHA DE CÁLCULO DO IMI NO RECIFE

Dimensões	Indicadores	Dados 1	Dados 2	Valores dos indicadores	Mínimos	Máximos	Valores dos indicadores normalizados	Pesos dos indicadores	Valores dos indicadores com pesos	Valores por dimensão normalizados	Pesos das dimensões	Valores das dimensões com pesos	Valor do IMI				
Emissões	Transporte de baixa emissão	0	2.604	0%	0%	100%	0,00	543,0	0,0	0,0036	107,5	0,39	483				
	Veículos elétricos	5.949	748.461	0,79%	0%	100%	0,01	457,0	3,6								
Acessibilidade	Acessibilidade ao transporte público	17%	-	17%	0%	100%	0,17	435,0	74,0	0,52	251,0	130,92		483			
	Compartilhamento de bicicleta	1	-	1	0	1	1,00	176,5	176,5								
	Integração tarifária Veículos privados*	1	-	1	0	1	1,00	220,0	220,0								
Infraestrutura	Veículos privados*	748.461	1.488.920	0,50	0,05	0,7	0,30	168,5	51,1	0,36	203,0	72,46			483		
	Bicicletário	543	218.843	2,48	0	19	0,13	210,0	27,4								
	Rotas cicláveis	196,5	2.752,4	7,14%	0%	100%	0,07	266,5	19,0								
	Densidade urbana	1.488.920	218.843	6.803,6	1370	28.600	0,20	165,5	33,0								
Segurança e Viagens	Infraestrutura de transporte público	2.713,91	218.843	1240,12	0	1600	0,78	358,0	277,5	0,29	149,7	42,69				483	
	Número de viagens	77,91%	-	77,91%	0%	100%	0,78	366,0	285,2								
	Mortes no trânsito*	144	1.488.920	97	0,01	1,4	0,00	370,0	0,0								
Tecnologia	Tempo de viagem*	13	28,5	119,23%	55%	119,23%	0,00	264,0	0,0	0,68	163,8	111,94					483
	Monitoramento de tráfego	1	-	1	0	1	1,00	99,0	99,0								
	Semáforos inteligentes	560	712	78,65%	0%	100%	0,79	100,0	78,7								
	Informação de tráfego em tempo real	1	-	1	0	1	1,00	103,5	103,5								
	Aplicativos	1	-	1	0	1	1,00	169,5	169,5								
	Informação nas estações	6	14	42,86%	0%	100%	0,43	144,0	61,7								
	Informação a bordo	0	-	0	0	1	0,00	89,5	0,0								
	Pagamento eletrônico	0	-	0	0	1	0,00	123,5	0,0								
Regulação	Venda de passagem	14	14	100%	0%	100%	1,00	63,5	63,5	1,00	125,0	125,00	483				
	Cartão inteligente	1	-	1	0	1	1,00	107,5	107,5								
Regulação	Plano de mobilidade urbana	1	-	1	0	1	1,00	635,0	635,0	1,00	125,0	125,00		483			
	Regulação de emissões	1	-	1	0	1	1,00	365,0	365,0								