



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Romildo José Barbosa do Rêgo Barros

## **PROPOSTA DE INDICADORES PARA CALÇADAS SEGUNDO OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Rio de Janeiro  
2025

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Romildo José Barbosa do Rêgo Barros

## **PROPOSTA DE INDICADORES PARA CALÇADAS SEGUNDO OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Rio de Janeiro  
2025

CBIB Barros, Romildo José Barbosa do Rêgo

Proposta de Indicadores para calçadas segundo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável / Romildo José Barbosa do Rêgo Barros. – 2025.

98 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, , Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2025.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho.

.

1. Calçadas. 2. Mobilidade Urbana. 3. Desenvolvimento Sustentável. – Teses. I. Filho, Armando Carlos de Pina (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, , Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. III. Título

CDD



## PROPOSTA DE INDICADORES PARA CALÇADAS SEGUNDO OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Romildo José Barbosa do Rêgo Barros

Orientador: Prof. Armando Carlos de Pina Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada no dia 26 de fevereiro de 2025 pela banca:

Presidente, Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc., PEU/Poli/UFRJ

Prof<sup>a</sup>. Rosane Martins Alves, D.Sc., PEU/Poli/UFRJ

Prof<sup>a</sup>. Ana Beatriz Ferreira da Rocha e Silva, Ph.D, EAU/UFF

Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
fevereiro, 2025

*Quando caminhamos devagar, podemos descobrir coisas fugidias. São, claro, coisas íntimas, acontecimentos pequenos que nos enriquecem.  
(Jiro Taniguchi - O homem que Passeia. p.235)*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço com amor à Andrea, Maitê, Violeta e Raul pela generosidade de compartilhar o acontecimento da vida deles juntos de mim.

Agradeço com admiração ao Professor Armando pela assistência nessa jornada.

Agradeço com alegria à Isabela e Flávio pelo prumo.

Agradeço com carinho ao Seu Ronaldo, Dona Zenilda, Trícia, Beloca, Dona Fátima, Leo, Maroca, Tales, Miguelinho, Hermes, Cássia, Cidinho e Flávio pela presença.

Agradeço com apreço ao pessoal do Shopping Center Piracema, Karol, Mariana, Rafael e Halan, assim como ao Luiz pela parceria.

Agradeço com afeto ao Alan pela companhia.

Agradeço com euforia à Marquinho, Decão, Múmia, Vinícius, Buí, Renata, Estêvão, Suzana, Tó, Ciampis e Rosalvo pela influência.

Agradeço com reverência ao acaso por toda sorte de encontros.

## RESUMO

Barros, Romildo José Barbosa do Rêgo. **Proposta de Indicadores para calçadas segundo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2025. 97 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

As calçadas fazem parte da infraestrutura do transporte peatonal, como elemento urbano fundamental de conectividade, desempenhando importante função no sistema de mobilidade urbana, uma vez que podem assumir demandas de locomoção compartilhadas com outros modais de transporte ativo e de transporte público coletivo, permitindo que a vida urbana aconteça. O Brasil assumiu compromisso de direcionar suas políticas públicas no sentido dos indicadores e metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (ODS 2030), cujo propósito para as cidades é de torná-las inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Supostamente a qualificação das calçadas com atributos sustentáveis pode incorrer em determinante colaboração para projetos de expansão urbana e manutenção da infraestrutura existente. Esta dissertação teve por finalidade identificar as calçadas como infraestruturas fundamentais para o sistema de mobilidade urbana, investigar sobre pesquisas recentes quanto à análise qualitativa de calçadas, para a constituição de um conjunto de indicadores capazes de mensurar o nível de sustentabilidade dessas infraestruturas urbanas. Para isso, foi aplicada uma metodologia baseada em processo contínuo de revisão sistemática da literatura, para a identificação dos estudos mais significativos sobre indicadores qualitativos para avaliação de calçadas publicados no banco de dados *Scopus*. Ao final, foi obtido um conjunto de 33 indicadores para análise qualitativa quanto à sustentabilidade da infraestrutura das calçadas, instrumento presumivelmente colaborativo para a tomada de decisões de governança que como resultado poderá aperfeiçoar o aumento da resiliência frente à ameaças a sua integridade, estimular a ocupação do espaço das calçadas e incentivar a mobilidade urbana ativa por deslocamento a pé nos centros urbanos.

**Palavras-chave:** Calçadas, Mobilidade Urbana, Desenvolvimento Sustentável.

## ABSTRACT

Barros, Romildo José Barbosa do Rêgo. **Proposta de Indicadores para calçadas segundo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2025. 97 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Sidewalks are part of the pedestrian transport infrastructure, as a fundamental urban element of connectivity, playing an important role in the urban mobility system, since they can assume shared locomotion demands with other active transport modes and public collective transport, allowing urban life to happen. Brazil has committed to directing its public policies towards the indicators and targets of the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda (SDG 2030), whose purpose for cities is to make them inclusive, safe, resilient and sustainable. Supposedly, qualifying sidewalks with sustainable attributes can incur in decisive collaboration for urban expansion projects and maintenance of the existing infrastructure. This dissertation aimed to identify sidewalks as fundamental infrastructures for the urban mobility system, investigate recent research on the qualitative analysis of sidewalks, in order to constitute a set of indicators capable of measuring the level of sustainability of these urban infrastructures. To this end, a methodology based on a continuous process of systematic literature review was applied to identify the most significant studies on qualitative indicators for evaluating sidewalks published in the Scopus database. In the end, a set of 33 indicators was obtained for qualitative analysis regarding the sustainability of sidewalk infrastructure, a presumably collaborative instrument for governance decision-making that, as a result, could improve resilience to threats to its integrity, stimulate the occupation of sidewalk space and encourage active urban mobility through walking in urban centers.

**Keywords:** Sidewalks, Urban Mobility, Sustainable Development.

## LISTA DE FIGURAS

|              |                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1:  | Gráfico de distribuição de modais de transporte. . . . .                                                                                                                                     | 15 |
| Figura 2.1:  | Os objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030. . . . .                                                                                                                          | 20 |
| Figura 2.2:  | Objetivo de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. . . . .                                                                            | 21 |
| Figura 2.3:  | Número de desastres relacionados ao clima em todo o mundo (de 1980 a 2011)                                                                                                                   | 26 |
| Figura 2.4:  | Infraestrutura recomendada para superfícies urbanas sensíveis ao ciclo da água.                                                                                                              | 28 |
| Figura 2.5:  | Diagrama com representação dos critérios para a cidade de 15 minutos. . . . .                                                                                                                | 29 |
| Figura 2.6:  | Dimensionamento adequado para as calçadas. . . . .                                                                                                                                           | 32 |
| Figura 2.7:  | Gráfico comparativo de resiliência entre uma abordagem de gerenciamento sistêmica (a), abordagem baseada em silo de alta resiliência (b) e baseada em silo de baixa resiliência (c). . . . . | 35 |
| Figura 2.8:  | Diagrama de atributos para a resiliência na mobilidade urbana. . . . .                                                                                                                       | 37 |
| Figura 2.9:  | Relação entre a DMP e a caracterização da viagem. . . . .                                                                                                                                    | 38 |
| Figura 2.10: | Secção transversal dos projetos, onde (A) calçadas exclusivas para pedestres; (B) vias para automóveis e bicicletas; (C) drenagem por biovaletas; (D) drenagem por canteiro pluvial. . . . . | 40 |
| Figura 3.1:  | Diagrama do processo contínuo de revisão sistemática de literatura. . . . .                                                                                                                  | 45 |
| Figura 3.2:  | Número de pesquisas científicas sobre calçadas e indicadores qualitativos, publicados entre 2013 e 2023. . . . .                                                                             | 46 |
| Figura 3.3:  | Percentual de pesquisas científicas sobre calçadas e indicadores qualitativos dividido por área temática, publicados entre 2013 e 2023. . . . .                                              | 47 |
| Figura 3.4:  | Fluxograma dos procedimentos para pesquisa do conjunto de indicadores mais influentes e citados. . . . .                                                                                     | 48 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.1: Aplicabilidade das metas dos ODS 11 no Brasil. . . . .                                                               | 22 |
| Tabela 2.2: Fundamentos para cidades sensíveis à água. . . . .                                                                   | 27 |
| Tabela 2.3: Os 8 Princípios da Calçada. . . . .                                                                                  | 32 |
| Tabela 3.1: Características fundamentais aos indicadores. . . . .                                                                | 43 |
| Tabela 3.2: Proposta de indicadores sobre Caminhabilidade de Bradshaw. . . . .                                                   | 44 |
| Tabela 3.3: <i>Query string</i> de busca avançada na base de dados <i>Scopus</i> . . . . .                                       | 46 |
| Tabela 3.4: Tabela resumo dos autores mais influentes entre 2013 e 2023, ordenada por número de citações. . . . .                | 49 |
| Tabela 3.5: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade para a Saúde do Idoso. . . . .                                            | 51 |
| Tabela 3.6: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade ponderado baseado em SIG. . . . .                                         | 52 |
| Tabela 3.7: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade de Sidney. . . . .                                                        | 52 |
| Tabela 3.8: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade para crianças e adolescentes em áreas urbanas e rurais. . . . .           | 53 |
| Tabela 3.9: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade para a Holanda. . . . .                                                   | 54 |
| Tabela 3.10: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade diurna para Mulheres. . . . .                                            | 55 |
| Tabela 3.11: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade considerando ruído urbano e condições de sombra/sol. . . . .             | 56 |
| Tabela 3.12: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade para a Área Metropolitana do Porto. . . . .                              | 56 |
| Tabela 3.13: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade e conforto térmico nas ruas. . . . .                                     | 57 |
| Tabela 3.14: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade local. . . . .                                                           | 58 |
| Tabela 3.15: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade no contexto da cidade inteligente. . . . .                               | 59 |
| Tabela 3.16: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade em Microescala. . . . .                                                  | 61 |
| Tabela 3.17: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade incluindo a percepção dos pedestres sobre o ambiente construído. . . . . | 62 |
| Tabela 3.18: Tabela resumo do Índice para avaliar a qualidade do ambiente pedonal. . . . .                                       | 63 |
| Tabela 3.19: Tabela resumo do Índice Composto de Caminhabilidade para Peel. . . . .                                              | 65 |
| Tabela 3.20: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade para uma cidade grega de médio porte. . . . .                            | 66 |
| Tabela 3.21: Tabela resumo dos indicadores pesquisados. . . . .                                                                  | 67 |
| Tabela 4.1: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão ambiental. . . . .                                         | 74 |
| Tabela 4.2: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão social. . . . .                                            | 77 |
| Tabela 4.3: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão econômica. . . . .                                         | 80 |
| Tabela 4.4: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão de governança. . . . .                                     | 83 |
| Tabela 4.5: Tabela apresentando o conjunto de 33 indicadores de sustentabilidade para calçadas. . . . .                          | 87 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |                                                                     |
|--------|---------------------------------------------------------------------|
| ABNT   | Associação Brasileira de Normas Técnicas                            |
| ANTP   | Agência Nacional de Transportes Públicos                            |
| ASTM   | <i>American Society for Testing and Materials</i>                   |
| BRT    | <i>Bus Rapid Transit</i>                                            |
| DIEESE | Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos |
| DMP    | Distância Máxima Possível                                           |
| IPEA   | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                            |
| ITDP   | Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento              |
| NBR    | Norma Brasileira Regulamentadora                                    |
| ODS    | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável                            |
| ONU    | Organização das Nações Unidas                                       |
| PAC    | Programa de Aceleração do Crescimento                               |
| PNRS   | Política Nacional de Resíduos Sólidos                               |
| RSL    | revisão sistemática da literatura                                   |
| SIG    | Sistema de Informações Geográficas                                  |
| SIMOB  | Sistema de Informações da Mobilidade                                |
| SNHIS  | Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social                   |
| TIC    | Tecnologias de Informação e Comunicação                             |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                  |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                                                                                | <b>13</b> |
| 1.1      | JUSTIFICATIVA DA PESQUISA                                                                        | 15        |
| 1.2      | OBJETIVO                                                                                         | 16        |
| 1.2.1    | <b>Objetivo Geral</b>                                                                            | 16        |
| 1.2.2    | <b>Objetivos Específicos</b>                                                                     | 16        |
| 1.3      | ESTRUTURA DO TRABALHO                                                                            | 17        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>                                                                       | <b>19</b> |
| 2.1      | OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGENDA 2030                                       | 19        |
| 2.2      | O MEIO AMBIENTE E A MOBILIDADE URBANA                                                            | 23        |
| 2.2.1    | <b>Rios Urbanos</b>                                                                              | 24        |
| 2.2.2    | <b>Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas</b>                                              | 25        |
| 2.2.3    | <b>Eventos de Inundações</b>                                                                     | 25        |
| 2.2.4    | <b>Superfícies urbanas sensíveis à água</b>                                                      | 26        |
| 2.2.5    | <b>Calçadas como superfícies urbanas sensíveis</b>                                               | 28        |
| 2.3      | A MOBILIDADE URBANA E A INFRAESTRUTURA DAS CALÇADAS                                              | 30        |
| 2.3.1    | <b>Infraestrutura de mobilidade urbana</b>                                                       | 31        |
| 2.3.2    | <b>Infraestrutura de calçadas</b>                                                                | 31        |
| 2.4      | A INFRAESTRUTURA DAS CALÇADAS E A RESILIÊNCIA URBANA                                             | 34        |
| 2.4.1    | <b>Exposição à riscos</b>                                                                        | 35        |
| 2.4.2    | <b>Rotas de fuga</b>                                                                             | 36        |
| 2.4.3    | <b>Resiliência da mobilidade urbana</b>                                                          | 37        |
| 2.4.4    | <b>Plano de calçadas resilientes</b>                                                             | 39        |
| 2.5      | A RESILIÊNCIA URBANA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL                                             | 41        |
| <b>3</b> | <b>PROPOSTA METODOLÓGICA</b>                                                                     | <b>42</b> |
| 3.1      | DEFINIÇÃO DE INDICADORES                                                                         | 42        |
| 3.2      | PESQUISA POR INDICADORES FUNDAMENTAIS                                                            | 44        |
| 3.2.1    | <b>Índice de Caminhabilidade para a Saúde do Idoso</b>                                           | 50        |
| 3.2.2    | <b>Índice de caminhabilidade ponderado baseado em SIG</b>                                        | 51        |
| 3.2.3    | <b>Índice de Caminhabilidade de Sydney</b>                                                       | 52        |
| 3.2.4    | <b>Índice de caminhabilidade para crianças e adolescentes em áreas urbanas e rurais</b>          | 53        |
| 3.2.5    | <b>Índice de caminhabilidade para a Holanda</b>                                                  | 54        |
| 3.2.6    | <b>Índice de Caminhabilidade diurna para Mulheres</b>                                            | 54        |
| 3.2.7    | <b>Índice de caminhabilidade considerando ruído urbano e condições de sombra/sol</b>             | 55        |
| 3.2.8    | <b>Índice de caminhabilidade para a Área Metropolitana do Porto</b>                              | 56        |
| 3.2.9    | <b>Índice de caminhabilidade e conforto térmico nas ruas</b>                                     | 57        |
| 3.2.10   | <b>Índice de caminhabilidade local</b>                                                           | 58        |
| 3.2.11   | <b>Índice de caminhabilidade no contexto da cidade inteligente</b>                               | 59        |
| 3.2.12   | <b>Índice de caminhabilidade em Microescala</b>                                                  | 60        |
| 3.2.13   | <b>Índice de caminhabilidade incluindo a percepção dos pedestres sobre o ambiente construído</b> | 62        |

|          |                                                                       |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.14   | <b>Índice para avaliar a qualidade do ambiente pedonal</b>            | 63 |
| 3.2.15   | <b>Índice Composto de Caminhabilidade para Peel</b>                   | 64 |
| 3.2.16   | <b>Índice de caminhabilidade para uma cidade grega de médio porte</b> | 65 |
| 3.3      | <b>RESUMO DOS INDICADORES PARA CALÇADAS SUSTENTÁVEIS</b>              | 66 |
| <b>4</b> | <b>INDICADORES PARA CALÇADAS SUSTENTÁVEIS</b>                         | 72 |
| 4.1      | <b>PILARES DA SUSTENTABILIDADE</b>                                    | 72 |
| 4.2      | <b>CONJUNTO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA CALÇADAS</b>      | 73 |
| 4.2.1    | <b>Indicadores ambientais</b>                                         | 73 |
| 4.2.2    | <b>Indicadores sociais</b>                                            | 76 |
| 4.2.3    | <b>Indicadores econômicos</b>                                         | 80 |
| 4.2.4    | <b>Indicadores de governança</b>                                      | 82 |
| 4.2.5    | <b>Síntese dos resultados</b>                                         | 86 |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                                           | 89 |
| 5.1      | <b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>                               | 90 |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b>                                                    | 91 |

## 1 INTRODUÇÃO

As calçadas desempenham papel importante em relação à mobilidade urbana, compondo o sistema de infraestrutura crítica de transportes de uma cidade, quer dizer, são instalações cuja interrupção ou destruição, provoca sério distúrbio social, ambiental, econômico, político, internacional ou à segurança do Estado e da sociedade (Brasil, 2018). Sua infraestrutura deverá ser plataforma para acontecer infinidades de eventos e possibilidades de conexões socioeconômicas e culturais, cujos intercâmbios contribuirão para o desenvolvimento do lugar. Diferentemente do que ocorre quando um indivíduo está percorrendo a cidade dentro de um veículo a 60km/h ou mais, ao se deslocar a 5km/h, velocidade média de quem se desloca a pé, a quantidade de conexões socioeconômicas e culturais é excessivamente maior (Gehl, 2013).

Partindo do ato naturalmente humano de caminhar ao longo do espaço urbano das calçadas, concede-se ao lugar a aquisição de vitalidade, o atendimento fundamental das necessidades de deslocamento entre origem e destino e, a partir da presença e observação de diferentes atores neste ambiente, o aprendizado democraticamente das regras de conduta e responsabilidades públicas urbanas (Gehl, 2013; Speck, 2016; Jacobs, 2007).

A grande liberdade de movimentos é uma característica dos deslocamentos dos pedestres, e a infraestrutura das calçadas e travessias urbanas deverão orientar estes movimentos com segurança para que haja espaço onde esta liberdade de movimentos se realize. Ademais, parâmetros antropométricos dos pedestres e a velocidade com que eles se locomovem devem ser levadas em consideração.

O estímulo à qualificação da infraestrutura das calçadas e faixas de travessia, poderá contribuir para a segurança do transporte ativo nas cidades e fomentar que viagens motorizadas de curta e média distâncias possam ser escolhidas para serem alcançadas a pé, modo de viagem mais sustentável (Silva; Peliano; Chaves, 2019).

As características de sustentabilidade e resiliência das calçadas tem papel fundamental frente a questões de ameaças naturais a partir de mudanças climáticas, tal

qual o seu papel de rotas de fuga e drenagem urbana em relação a eventos de inundações e ondas de calor (Croce; Vettorato, 2021), e também em relação à adaptabilidade da infraestrutura de transportes urbanos (Mata Martins; Silva; Pinto, 2019) diante de outros eventos de risco potencial.

Destacada a importância das calçadas nas cidades, estas infraestruturas deverão suportar quaisquer eventos que causem risco à sua integridade, da mesma maneira que deverão utilizar de tecnologias construtivas sustentáveis para dirimir o impacto da ocupação urbana no meio ambiente. Estas medidas contribuirão inclusive para diminuir a chance de ocorrência de eventos adversos tais quais inundações.

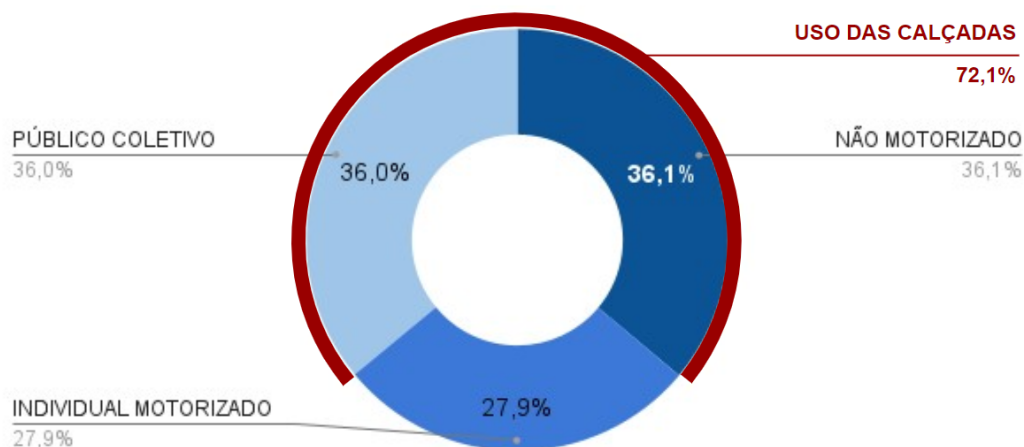
No ano de 2015 o Brasil assumiu um compromisso diante da Organização das Nações Unidas (ONU) de direcionar suas políticas públicas para que até o ano de 2030 o país alcance as metas firmadas na Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (Silva; Peliano; Chaves, 2019). Para as cidades, tal agenda de desenvolvimento estabelece o Objetivo 11, cujo motivo é “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, por meio de metas e indicadores específicos.

Em geral, os indicadores são ferramentas que fornecem informações sobre uma determinada realidade e podem ser um dado individual ou um conjunto de informações agregadas (Mitchell, 1996). Um bom indicador deve ser facilmente compreendido por diferentes públicos, deve ser baseado em dados estatísticos confiáveis e apresentar uma lógica clara em sua construção, e deve comunicar de forma eficaz a situação do fenômeno que está sendo analisado (Bahia, 2021). Normalmente, os indicadores são utilizados como um pré-processamento dos dados originais, ou seja, são utilizados para transformar os dados brutos em informações mais relevantes e interpretáveis (Siche *et al.*, 2007). Dessa maneira, deverá ser objetivo desse trabalho a determinação de um conjunto de indicadores específicos capazes de avaliar as calçadas qualitativamente sob o ponto de vista dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), presentes na Agenda 2030 da ONU.

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Segundo o último relatório publicado do Sistema de Informações da Mobilidade (SIMOB) em 2018, considerando municípios com mais de 1 milhão de habitantes, tal qual a cidade do Rio de Janeiro, 36,1% das viagens são feitas por transporte não motorizado (a pé ou bicicleta) até os seus destinos, 27,9% em transporte individual motorizado e 36,0% em transporte público coletivo (Antp, 2020). Desses números, pode-se inferir que os usuários de transporte coletivo serão pedestres para acesso ao sistema e, dessa maneira, o número de viagens a pé ou de bicicleta estará envolvido em 72,1% de viagens, conforme a Figura 1.1, se mostrando evidente a importância do transporte ativo e das calçadas dentro do conjunto do sistema de mobilidade urbana, pois estaria suportando a maioria desta demanda.

Figura 1.1: Gráfico de distribuição de modais de transporte.



Fonte: Adaptado de ANTP, 2020.

As conexões sociais e econômicas entre regiões podem ser investigadas a partir da mobilidade urbana (Reis; Vêras, 2024). A forma como se dão os deslocamentos entre origem e destino nas cidades é um importante indicador de vitalidade econômica, porém, está vulnerável a desastres naturais e demais eventos adversos. É possível correlacionar o desenvolvimento urbano, as mudanças climáticas e o aumento do risco à eventos de desastres naturais tais quais inundações e ondas de calor em áreas urbanas (Croce; Vettorato, 2021). Dessa maneira, as características das superfícies urbanas, incluindo as das calçadas, tem caráter determinante para a qualidade de vida nas cidades, uma vez que a capacidade de resiliência a estes desastres naturais proporcionam melhorias sociais, econômicas e ambientais.

Durante a pandemia de COVID-19, estudos apontaram para o decréscimo da mobilidade regional (Lu *et al.*, 2022; Nundy *et al.*, 2021) por conta sobretudo do aumento da possibilidade de trabalho remoto e da realocação da força de trabalho dos centros urbanos para regiões suburbanas ou não urbanizadas (Robbins, 2021). Nesse panorama, a infraestrutura de transportes urbanos de média e alta capacidades tais quais ônibus, *bus rapid transit* (BRT) e trens, se tornaram temporariamente subutilizadas, as distâncias entre origem e destino encurtadas, e a infraestrutura das calçadas obtiveram destaque para suporte aos meios de transporte à propulsão humana.

As infraestruturas urbanas apresentam interdependências sistêmicas que exigem análise quanto às suas conexões e efeitos em cascata (Arrighi; Pregnolato; Castelli, 2021). Além disso, os elementos componentes de cada infraestrutura isoladamente trazem em si características que denotam sua ligação recíproca dentro de cada sistema de infraestrutura urbana. Ou seja, durante eventos adversos à infraestrutura de mobilidade urbana, a continuidade da integridade das calçadas darão suporte ao próprio sistema de transportes urbanos, assim como sua capacidade de permeabilidade incorrerá em colaboração à infraestrutura de drenagem.

## **1.2 OBJETIVO**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo geral a proposição de um conjunto de indicadores que considerem a sustentabilidade das calçadas no contexto dos ODS presentes na Agenda 2030, mais especificamente os propósitos dos ODS 11, com o intuito de fundamentar tomadas de decisão quanto ao planejamento urbano, monitoramento das condições da infraestrutura das calçadas e quanto à atuação da governança nas cidades.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para o alcance do objetivo geral, encontram-se como metas específicas:

- Identificar as calçadas como infraestruturas fundamentais nas cidades enquanto modal democrático de locomoção, integrante do sistema de mobilidade urbana sustentável;
- Destacar os riscos à integridade e vulnerabilidade da infraestrutura das calçadas que comprometam sua sustentabilidade;
- Selecionar, a partir de Revisão Sistemática de Literatura (RSL), uma lista de indicadores mais influentes relacionados a estudos de avaliação qualitativa de calçadas;
- Identificar e classificar, com base na RSL, os indicadores relacionados à sustentabilidade econômica, social, ambiental e de governança;

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 foi desenvolvida a **Introdução** desse trabalho, onde foi apresentada uma perspectiva funcional das calçadas no ambiente das cidades, assim como a importância e o porquê destas apresentarem atributos de sustentabilidade. Também foram apresentados os objetivos que guiaram este trabalho e as justificativas sobre a relevância desta pesquisa para a Engenharia Urbana.

No capítulo 2 será apresentado o **Referencial Teórico** com foco na definição dos conceitos e dos aspectos necessários para a compreensão do trabalho. Serão apresentados os ODS da Agenda 2030 relacionados às cidades e comunidades sustentáveis, e a relação inerente entre a cidade e o meio ambiente. Ademais, serão abordados conceitos sobre a caracterização da infraestrutura das calçadas e suas contribuições para o sistema de mobilidade e a sustentabilidade urbana.

No capítulo 3 será apresentada a **Proposta Metodológica** adotada para essa pesquisa, por meio da abordagem de revisão sistemática da literatura (RSL), a fim de encontrar os trabalhos mais influentes sobre o tema e, por conseguinte, revelar o conjunto de indicadores mais significativos para a avaliação qualitativa da infraestrutura das calçadas.

No capítulo 4 será apresentada a compilação do **conjunto de indicadores**

para calçadas referentes às dimensões da sustentabilidade abordadas neste trabalho, os argumentos para escolha de cada um e apresentação dos procedimentos para possível levantamento de informações.

No capítulo 5 serão apresentadas as **Considerações Finais** sobre a pesquisa, avaliação do processo de desenvolvimento deste trabalho, assim como indicações para trabalhos de pesquisa futuros.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão apresentados os ODS da Agenda 2030 relacionados às cidades e comunidades sustentáveis, a fim de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Também será apresentada uma revisão bibliográfica sobre a relação intrínseca entre as cidades e o meio ambiente, o vínculo entre a configuração da infraestrutura de mobilidade urbana e o desenvolvimento econômico, sobre o papel fundamental das calçadas como suporte para as interações sociais e para o planejamento urbano. Ademais, serão explicitadas a definição dos conceitos e dos aspectos necessários para a compreensão das calçadas sob o ponto de vista da sustentabilidade urbana.

### **2.1 OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGENDA 2030**

O desenvolvimento urbano sustentável é um conceito multifacetado que busca conciliar o crescimento das cidades com a preservação ambiental, a equidade social e a prosperidade econômica, garantindo a qualidade de vida para as gerações presentes e futuras (Zheng; Shen; Wang, 2014). Para esses autores, é um processo contínuo que exige um planejamento integrado, a participação da comunidade, busca por soluções inovadoras com avaliação e o monitoramento contínuos, para garantir que as cidades se desenvolvam de forma a atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações.

O conceito de desenvolvimento urbano sustentável é crucial em resposta aos desafios da rápida urbanização e das mudanças climáticas. Para Sharifi (2021), essa abordagem deverá considerar a dimensão de governança integradamente às dimensões ambientais e socioeconômicas.

É possível inferir sobre a necessidade de reduzir o impacto ambiental das cidades com o gerenciamento de recursos naturais, adaptação às mudanças climáticas e preservação da biodiversidade e dos ecossistemas. Devem ser consideradas questões relacionadas ao desenvolvimento econômico sustentável, justiça social no acesso

equitativo a recursos, serviços e oportunidades para todos os residentes e bem-estar humano com a promoção das funções sociais das cidades tais quais o acesso à educação, cultura, assistência à saúde, segurança e demais oportunidades para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos (Sharifi, 2021). Entretanto, para o autor, as questões ambientais e socioeconômicas citadas deverão estar atreladas à dimensão de governança, através de planejamento urbano integrado com participação popular e engajamento das partes interessadas na tomada de decisões, para garantir que os planos reflitam as necessidades e aspirações da comunidade, assim como o monitoramento e avaliação para acompanhamento do progresso, e para identificar desafios e ajustar estratégias ao longo do tempo.

Diante de problemas urbanos relacionados à pobreza, desigualdade social, degradação ambiental, mudanças climáticas, e perante a necessidade de se promover o desenvolvimento das cidades de forma inclusiva e sustentável, em 2015 foi firmado um compromisso global para a construção de um futuro mais sustentável, com a criação da Agenda 2030 (IPEA 2018). Esse compromisso é um marco importante na história da humanidade. Foi publicado um documento que define 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) conforme apresentado na Figura 2.1, com 169 metas associadas, que abrangem uma ampla gama de temas, desde a erradicação da pobreza até a proteção do meio ambiente.

Figura 2.1: Os objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030.



Fonte: Adaptado de IPEA, 2018.

A implementação da Agenda 2030 exige a participação de todos os setores da sociedade, incluindo governos, empresas, organizações da sociedade civil e cidadãos. O documento reconhece a interconexão entre as dimensões do desenvolvimento sustentável e deverá ser aplicável a cidades de todos os países, independentemente do seu nível de desenvolvimento, reconhecendo a responsabilidade compartilhada na construção de um futuro para o planeta. Outrossim, busca promover mudanças profundas na forma como vivemos, produzimos e consumimos, visando um futuro mais justo, próspero e sustentável.

Figura 2.2: Objetivo de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.



Fonte: Adaptado de IPEA, 2018.

Entre estes objetivos é destacado para essa pesquisa os ODS 11, apresentado em destaque na Figura 2.2, de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, e busca enfrentar os desafios da urbanização crescente e garantir qualidade de vida para todos os cidadãos (Ipea, 2018). Segundo o IPEA, todas as 10 metas globais acordadas no documento original da ONU para esses ODS se apresentaram pertinentes à aplicabilidade na realidade brasileira, o que confirma como os desafios de desenvolvimento urbano são comuns entre as cidades de diversos países. Entre essas, seis são metas finalísticas, conforme visto na Tabela 2.1, isto é, buscam especificar ou dimensionar os resultados esperados. As demais são consideradas metas de implementação, ou seja, referem-se aos recursos humanos, financeiros, tecnológicos e de governança necessários ao alcance dos resultados esperados dos ODS 11.

Tabela 2.1: Aplicabilidade das metas dos ODS 11 no Brasil.

| <b>Metas dos ODS 11</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Aplicável</b> | <b>Tipo</b>          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| <b>11.1</b> – Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>SIM</b>       | <b>Finalística</b>   |
| <b>11.2</b> – Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos.                                                                                      | <b>SIM</b>       | <b>Finalística</b>   |
| <b>11.3</b> – Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.                                                                                                                                                                                                                                              | <b>SIM</b>       | <b>Finalística</b>   |
| <b>11.4</b> – Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>SIM</b>       | <b>Implementação</b> |
| <b>11.5</b> – Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade.                                                                                      | <b>SIM</b>       | <b>Finalística</b>   |
| <b>11.6</b> – Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>SIM</b>       | <b>Finalística</b>   |
| <b>11.7</b> – Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.                                                                                                                                                                                                                                                | <b>SIM</b>       | <b>Finalística</b>   |
| <b>11.a</b> – Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento.                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>SIM</b>       | <b>Implementação</b> |
| <b>11.b</b> – Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis. | <b>SIM</b>       | <b>Implementação</b> |
| <b>11.c</b> – Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>SIM</b>       | <b>Implementação</b> |

Fonte: Adaptado de IPEA, 2018.

Muito embora os objetivos da Agenda 2030 sejam de maneira geral cooperativamente influenciados entre si, a implementação dos ODS 11 no Brasil enfrenta desafios complexos, interligados a diversos fatores socioeconômicos e políticos (Ipea, 2024). Entre eles, a desigualdade no acesso a serviços básicos, como saneamento, transporte público e espaços públicos de qualidade, perpetua a exclusão social e as disparidades socioeconômicas, dificultando inclusive o combate à pobreza e à desigualdade social. Também a violência urbana, que impacta diretamente na qualidade de vida e na sensação de segurança dos cidadãos, é um desafio para os ODS 11, assim como o gerenciamento de resíduos sólidos, com destinação final ambientalmente adequada, incluindo reutilização, reciclagem e compostagem. Não menos importante, a falta de uma cultura de avaliação e monitoramento dos investimentos públicos em desenvolvimento urbano impede a mensuração do impacto das políticas e a identificação de áreas que necessitam de maior atenção.

Entretanto, apesar dos desafios, o Brasil tem realizado progressos apresentando políticas públicas em direção ao desenvolvimento urbano sustentável. O país conta com instrumentos de planejamento urbano robustos, incluindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), assim como um arcabouço legal nesse sentido, como o novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que contempla temas do ODS 11 (Dieese, 2023), como mobilidade urbana sustentável, infraestrutura social inclusiva e cidades resilientes.

## **2.2 O MEIO AMBIENTE E A MOBILIDADE URBANA**

As fontes naturais de água, sobretudo os rios, tiveram papel fundamental para o surgimento dos assentamentos humanos, a exemplo das cidades antigas originadas “entre rios” (Mesopotâmia). A condição de estar próximo aos rios foi determinante para a irrigação de lavouras e abastecimento com fontes de alimentos, aproveitamento do seu potencial para transportes e defesa do território (Bernardes; Rezende; Araújo, 2016). Por questões de aproveitamento do lugar geográfico oportuno, os subsequentes assentamentos humanos tiveram tendência de surgirem motivadas pelos rios, seja no encontro de cursos de rios, pontos elevados com vista para o curso d’água, ilhas fluviais ou mesmo a sua foz (Benevolo; Mazza, 2003).

Há uma relação intrínseca entre a origem e o desenvolvimento das cidades e fatores geomorfológicos relacionados aos rios tais quais o tipo de relevo e do solo de suas margens, potencial abastecimento de água para consumo e irrigação, possibilidade de transporte aquático para mobilidade e atividades comerciais (Mozzi; Piovan; Corrò, 2020), e a distância dos assentamentos para as margens dos rios (Fang; Jawitz, 2019). Dessa maneira, pode-se inferir que geralmente as cidades estão inseridas em bacias hidrográficas e, involuntariamente, as cidades e os rios partilham dos fenômenos hidrológicos e escoamento superficial durante eventos meteorológicos.

### **2.2.1 Rios Urbanos**

Os rios que estão inseridos no espaço urbano têm um impacto significativo na forma física das cidades e em como suas áreas se interconectam (Abshirini; Koch, 2016). Para Silva *et al.* (2006), o papel integrador dos rios extrapolam os limites de cada cidade e adquire função de unir vários centros urbanos ao longo de seu curso. Para os autores, a rede de rios localizados nas cidades confere identidade aos sistemas urbanos e qualificação espacial.

Contudo, com a expansão e desenvolvimento dos centros urbanos, muitos dos rios inseridos neste meio não obtiveram proteção e conservação ambiental adequada e, ao invés disso, sofreram intervenções urbanísticas depreciativas e ocupação desordenada nas suas margens, além da falta de implemento de projetos e programas de saneamento básico e proteção das suas áreas lindeiras (Bernardes; Rezende; Araújo, 2016). Para Lorens (2019), os planos urbanísticos em territórios estabelecidos deverão justamente olhar para as margens dos rios como ponto focal de desenvolvimento, por conta do seu potencial atendimento às funções sociais das cidades tais quais o lazer e a mobilidade, de certa forma oportunamente gerar proteção ambiental nesta importante área do ecossistema urbano e, além do mais, contribuir para a rede de infraestrutura urbana de drenagem.

### **2.2.2 Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**

Segundo o Novo Marco Regulatório do Saneamento no Brasil (Brasil, 2020), a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas fazem parte do conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais que também configuram o saneamento básico, além da atividade de manejo de resíduos sólidos, abastecimento de água, a coleta e o tratamento de esgotos. Ainda segundo o documento citado, fazem parte da infraestrutura de drenagem urbana as instalações e equipamentos para escoamento, transporte, drenagem, detenção ou retenção para amortecer as vazões das cheias dos rios, tratamento e disposição final das águas pluviais.

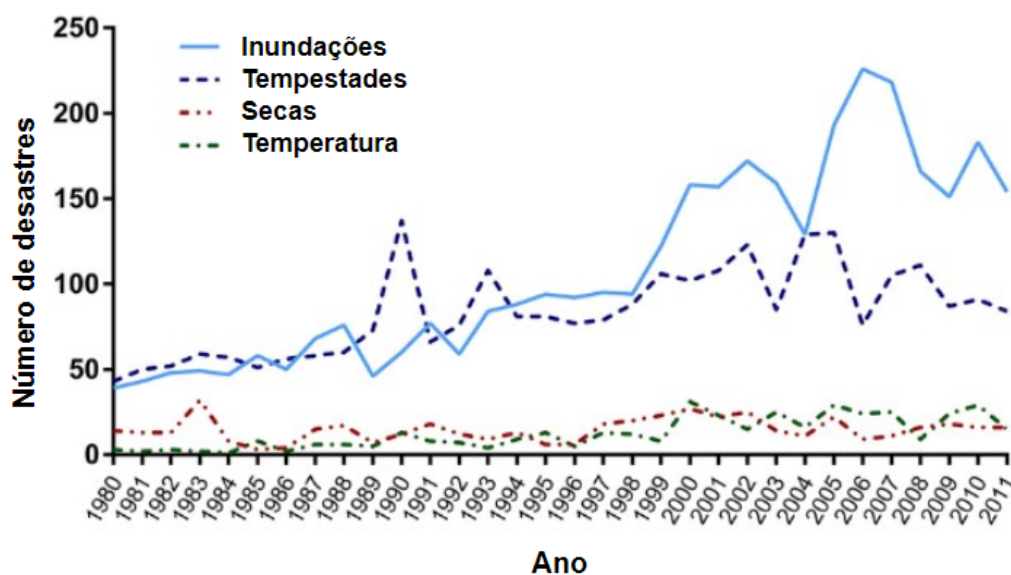
Porém, mesmo por se tratar de ações com objetivos bem delimitados, por depender de uma distribuição equânime de infraestrutura e equipamentos por todo o território urbano, em áreas ou comunidades onde os serviços urbanos de água são mais difíceis de ser fornecidos não é possível garantir uma eficiente drenagem urbana, criando assim comunidades mal atendidas por serviços de saneamento básico (Seyedashraf; Bottacin-busolin; Harou, 2022). Essas áreas mal atendidas ficam mais susceptíveis aos efeitos adversos dos eventos de inundações, e sobretudo o escoamento superficial e drenagem dizem respeito direto à infraestrutura das calçadas.

### **2.2.3 Eventos de Inundações**

As margens dos rios, também conhecidas como planícies de inundação, são áreas de suporte natural das águas para quando eventualmente seu volume aumentar, de acordo com o ciclo hidrológico (Arrighi; Pregnotato; Castelli, 2021). Essas áreas são naturalmente propensas a inundações periódicas e desempenham um papel crucial no ecossistema, ajudando a reduzir a velocidade do fluxo da água, filtrar sedimentos e fornecer habitats para diversas espécies de plantas e animais

Na literatura, é comum que sejam considerados tempos de recorrência históricos de inundações ordinárias de 5, 10 e 25 anos. Enquanto eventos de inundações de maior porte ocorrem com recorrência de 50, 100 e 200 anos. Contudo, para Haghighatafshar *et al.* (2020), estes ciclos predefinidos do intervalo de recorrência de eventos de maior porte estão cada vez mais curtos, conforme a Figura 2.3.

Figura 2.3: Número de desastres relacionados ao clima em todo o mundo (de 1980 a 2011)



Fonte: Adaptado de Haghighatafshar *et al.* (2020).

Para os autores, as inundações induzidas por chuvas intensas (inundação pluviual) ocorrem em áreas urbanas que estão associadas à sobrecarga hidráulica dos sistemas de drenagem urbana, ou seja, por conta da frequência e volumes cada vez maiores sobre a infraestrutura existente, causando inundações não intencionais.

#### 2.2.4 Superfícies urbanas sensíveis à água

O crescimento das cidades e o planejamento urbano no último século não levaram em consideração o ciclo da água, o que causou um impacto ambiental muito grave. Isso cria a necessidade de realizar projetos urbanos baseados em tecnologias sustentáveis e sensíveis à água para restaurar o fluxo natural hidrológico. Por isso, a introdução de pavimentos permeáveis ganhou popularidade nos últimos anos, principalmente o uso de concreto permeável para pavimentação de calçadas e áreas de estacionamentos que são capazes de absorver a água da maioria dos eventos de chuva sem gerar escoamento e consequentemente capazes de mitigar os eventos de inundação durante chuva, garantindo condições de serviço para as cidades e segurança para a circulação de pedestres (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2018). Essa técnica construtiva sustentável pode minimizar os efeitos da impermeabilização criada pela urbanização, fortalecendo a criação de infraestrutura verde nas cidades, que protegerão contra inundações em eventos excepcionais e permitirão que as condições de

serviço nas cidades sejam mantidas.

No intuito de promover a equidade de acesso à cidades sustentáveis e aumentar a capacidade de resiliência destas às mudanças climáticas, autores definiram uma série de práticas de planejamento urbano e governança a fim de estruturar cidades sensíveis à água (*water-sensitive cities*) (Wong; Brown, 2009). Estas práticas estão definidas em cima de 3 fundamentos, conforme apresentado na Tabela 2.2, na busca da integração do meio ambiente natural ao ambiente urbano.

Tabela 2.2: Fundamentos para cidades sensíveis à água.

| Fundamento 1                                                                                                                                                                             | Fundamento 2                                                                                                                                                                                          | Fundamento 3                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Cidades como bacias de abastecimento de água:</b> acesso a uma diversidade de fontes de água, fornecidas de forma integrada por infraestrutura centralizada e descentralizada.</p> | <p><b>Cidades que fornecem serviços ecossistêmicos:</b> provisão de benefícios gerados pelos ecossistemas, em relação à manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais nas cidades.</p> | <p><b>Cidades que compreendem comunidades sensíveis à água:</b> capital sociopolítico para sustentabilidade e tomada de decisões e comportamentos sensíveis à água.</p> |

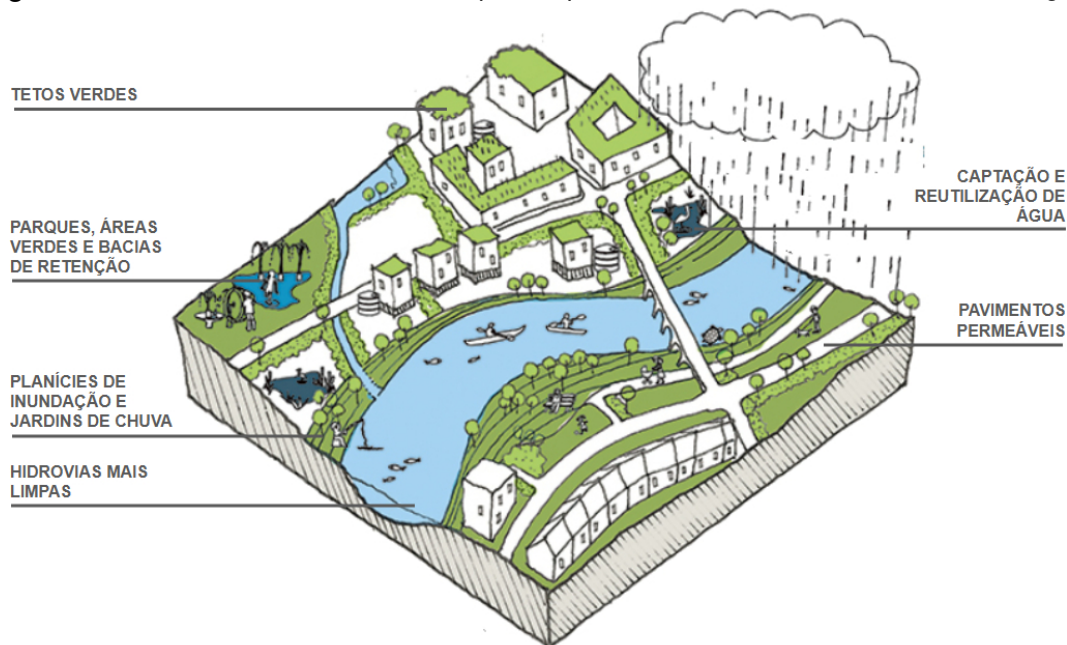
Fonte: Adaptado de WONG *et al*, 2009.

Estas práticas se baseiam em tomadas de decisões de projetos e exercício de governança tais quais a segurança no suprimento de água potável, a proteção da saúde pública por meio do sistema de esgoto, proteção contra inundações a partir do sistema de drenagem, benefícios sociais a partir da proteção dos caminhos naturais das águas no meio urbano, política de racionamento dos recursos naturais e compreensão do ciclo hidrológico no meio ambiente construído (Wong; Rogers; Brown, 2020).

Compactuando dos mesmos objetivos referentes ao planejamento urbano diante do problema de inundações urbanas e que considere o ciclo hidrológico no ambiente urbano, outros autores estabeleceram as diretrizes para alcançar o que chamaram de cidades esponjas (*sponge cities*) (Guan; Wang; Xiao, 2021). Esta maneira de planejamento urbano consiste em utilizar de tecnologias construtivas para absorver, infiltrar, reter e purificar a água enquanto houver um evento de chuvas no ambiente ur-

banco e posteriormente liberar estas águas quando o exterior estiver seco, para reduzir a ocorrência de problemas de inundação, usando de tecnologias e recursos compostos por áreas verdes, arborização urbana, lagos, telhado verde, bacias de retenção, pavimentos permeáveis, entre outras técnicas, conforme ilustrado na Figura 2.4. Podemos deduzir que a superfície das calçadas também contribuem para o sucesso deste tipo planejamento urbano.

Figura 2.4: Infraestrutura recomendada para superfícies urbanas sensíveis ao ciclo da água.



Fonte: Adaptado de Guan; Wang; Xiao (2021).

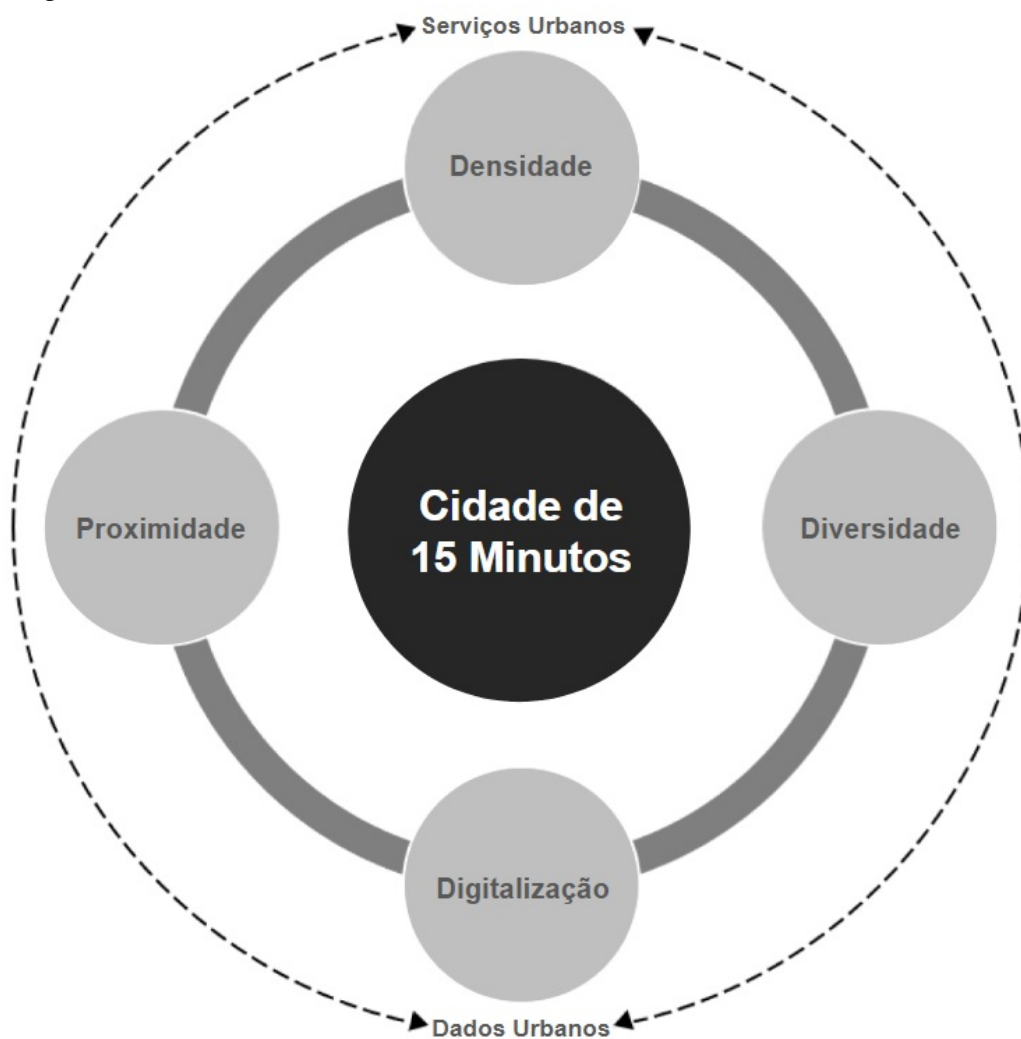
### 2.2.5 Calçadas como superfícies urbanas sensíveis

Foi introduzido por Moreno *et al.* (2021) durante a Conferência de Mudanças Climáticas de Paris em 2015, uma estrutura de planejamento urbano com a finalidade de dirimir as emissões de gases de efeito estufa, a *15-minute city* (cidade de 15 minutos). Essa abordagem de planejamento urbano tem o objetivo de estabelecer bairros autossuficientes onde as funções sociais fundamentais de trabalho, saúde, comércio, educação e lazer podem ser alcançados à pé durante uma caminhada de 15 minutos, ou de bicicletas pelo mesmo tempo, descentralizando funções urbanas e serviços das cidades.

Plataformas digitais e redes sociais, que geram grandes quantidades de dados, podem ser usadas para permitir que os gestores urbanos interajam com os morado-

res através de comunicação bidirecional, promovendo a participação dos cidadãos no planejamento da cidade, garantindo que as necessidades da comunidade sejam consideradas. Nesse contexto, a análise de dados urbanos pode revelar padrões de uso da cidade, permitindo que os gestores otimizem a localização e a disponibilidade de serviços essenciais, conforme representado no diagrama da Figura 2.5.

Figura 2.5: Diagrama com representação dos critérios para a cidade de 15 minutos.



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

Contudo, a cidade de 15 minutos é criticada por adotar dimensões de bairros pré-determinados (Khavarian-garmsir; Sharifi; Sadeghi, 2023), não sendo levado em consideração as necessidades de diferentes grupos demográficos e distintas demandas entre cidades de países desenvolvidos ou em desenvolvimento.

De qualquer maneira, para este modo de planejamento urbano, a infraestrutura de calçadas desempenham papel chave para seu sucesso. Ademais, o investimento

em qualificação das calçadas, a utilização de transportes à propulsão humana e o incentivo de caminhadas à pé são indispensáveis para o funcionamento desses bairros (Abdelfattah; Deponete; Fossa, 2022), não apenas o planejamento para a utilização eficiente do solo urbano.

## **2.3 A MOBILIDADE URBANA E A INFRAESTRUTURA DAS CALÇADAS**

Além de contribuir para o sucesso do planejamento urbano baseado em cidades sensíveis ao ciclo hidrológico, as calçadas são relevantes pelo protagonismo no planejamento urbano baseado na obtenção de vizinhanças adensadas, heterogêneas quanto aos serviços urbanos e orientadas para deslocamentos de pequenas distâncias para obtenção das funções sociais das cidades (Gehl, 2013; Speck, 2016). O adensamento das cidades, quando bem planejado e executado, pode contribuir para a redução da segregação espacial, e a mobilidade urbana torna-se um fator crucial para a integração social e a equidade no acesso a oportunidades.

Nesse contexto, as calçadas podem deixar de ser apenas espaços de passagem e se tornar locais de encontro, convívio e interação social, promovendo a sensação de comunidade e pertencimento. No entanto, Reis; Vêras (2024) ressaltam que o adensamento por si só não garante a redução da segregação espacial. Se não for acompanhado por políticas públicas que promovam a justiça social e a distribuição equitativa de recursos, o adensamento pode levar à gentrificação, um processo que expulsa a população de baixa renda de seus bairros de origem devido ao aumento do custo de vida.

As cidades brasileiras também apresentam desigualdade nos modos de deslocamento por conta da falta de priorização do transporte público e ativo em detrimento do transporte individual centrado no automóvel (Giannotti; Pizzol; Logiodice, 2020). De maneira geral, a infraestrutura de transportes nas cidades brasileiras foram projetadas sob uma concepção limitada de via urbana que considera apenas o leito carroçável, negligenciando a importância das calçadas para pedestres e das ciclovias e ciclofaixas para ciclistas.

Afinal, o comportamento dos cidadãos é influenciado pelo desenho urbano,

uma vez que a decisão de muitas pessoas quanto a intenção de alcançar destinos frequentes caminhando à pé, está relacionada à existência, boa qualidade de execução e manutenção da infraestrutura das calçadas (Reis; Vêras, 2024).

### **2.3.1 Infraestrutura de mobilidade urbana**

Segundo a legislação brasileira, são componentes da infraestrutura de mobilidade urbana as vias de transporte e logradouros públicos; estacionamentos; terminais e pontos para embarque e desembarque de passageiros e cargas; sinalização viária e de trânsito; equipamentos e instalações referentes ao sistema; e instrumentos de informações, de controle e de fiscalização (Brasil, 2012). De maneira geral, pode-se inferir que esta infraestrutura está composta pelos equipamentos urbanos que permitem a ocorrência dos diversos padrões de deslocamento entre origem e destino nas cidades e, conseqüentemente, as calçadas são partes constituintes dessa infraestrutura. No entanto, alguns autores levam adiante o conceito e caracterizam especificamente a infraestrutura de mobilidade urbana não motorizada (Montagna; Vieira, 2019), sendo esta formada pelas ciclovias, calçadas e demais equipamentos urbanos que possibilitam a aplicação de técnicas sustentáveis não automotivas de deslocamento urbano.

### **2.3.2 Infraestrutura de calçadas**

As calçadas amparam a maioria dos deslocamentos diários sem qualquer distinção entre os diversos tipos de pedestres, causando impacto direto na qualidade de vida urbana, na segurança pública, nas relações socioeconômicas (Gehl, 2013; Jacobs, 2007) e, portanto, devem apresentar atributos que qualifiquem sua infraestrutura. Deverão ser atributos das calçadas o dimensionamento adequado, acessibilidade universal, conexões seguras, sinalização coerente, espaço atraente, segurança permanente, superfície qualificada e drenagem eficiente (Santos *et al.*, 2017). Esses princípios, apresentados na Tabela 2.3, poderão ser considerados indicadores qualitativos para passeios públicos e foram desenvolvidos a partir da premissa de que as cidades deverão possuir espaços que contribuam para vitalidade, segurança e sustentabilidade urbana. Os atributos apresentados podem ser tomados como base para determinação das características fundamentais para a infraestrutura das calçadas.

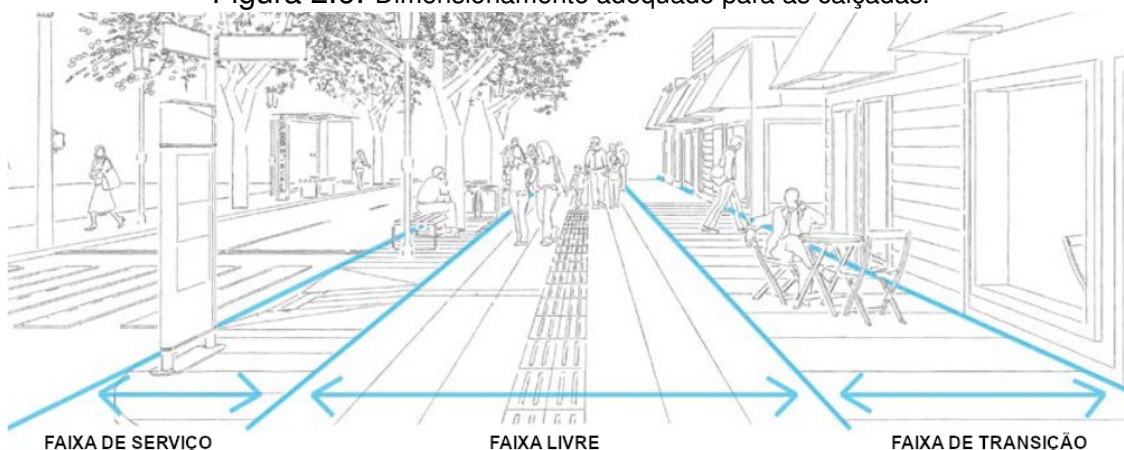
Tabela 2.3: Os 8 Princípios da Calçada.

| ATRIBUTOS DAS CALÇADAS |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1                      | Dimensionamento adequado |
| 2                      | Acessibilidade universal |
| 3                      | Conexões seguras         |
| 4                      | Sinalização coerente     |
| 5                      | Espaço atraente          |
| 6                      | Segurança permanente     |
| 7                      | Superfície qualificada   |
| 8                      | Drenagem eficiente       |

Fonte: Adaptado de SANTOS, 2017.

As calçadas podem ser divididas em três partes, sendo estas a faixa de serviço, mais próxima da calha da rua, onde deverão estar localizados mobiliários urbanos, redes e equipamentos infraestruturais (tais quais drenagem urbana, redes de fornecimento de água e energia, sinalização vertical) e arborização urbana; a faixa de transição, mais próximas das edificações ou lotes urbanos, que estabelecem a passagem entre o espaço público e privado; e a faixa livre, área destinada prioritariamente para a circulação de pedestres e onde não deve haver nenhum tipo de obstáculos, conforme apresentado na Figura 2.6. O dimensionamento adequado para estas partes conferem segurança e conforto para os pedestres transitarem e permanecerem nas calçadas.

Figura 2.6: Dimensionamento adequado para as calçadas.



Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2017).

Quanto à acessibilidade universal, são as qualidades apresentadas nas calçadas que definem seu uso intuitivo e simples, adaptabilidade a todos os tipos de pedestres contribuindo para o baixo esforço físico e tolerância a possíveis falhas que os pedestres possam cometer durante o percurso, o que contribui para tornar o espaço urbano mais inclusivo.

As características de conexões seguras estão relacionadas à como a infraestrutura dedicada aos pedestres está separada dos outros modais de transporte e como se dá a ligação entre estes, como por exemplo no momento da travessia de uma rua destinada para veículos automotores e pontos e estações para espera de troca de modal, como as paradas de ônibus e táxis. O atendimento ao princípio de conexões seguras deverá facilitar e dar prioridade aos deslocamentos à pé.

Sinalização coerente nas calçadas provê informações sobre a cidade na escala do pedestre, para que os trajetos sejam inteligíveis, quer seja quanto à localização e aos destinos possíveis a partir dos trajetos, quer seja para delimitar o espaço das calçadas dentro da infraestrutura de transportes urbanos.

Outro princípio fundamental é a oferta de espaços atraentes, que motive as pessoas a caminharem e a permanecerem no espaço público urbano. Os espaços públicos se tornam atraentes quando apresentam diversidade de cenários, serviços e possibilidades de encontros que certamente promoverá outro importante atributo das calçadas, a segurança permanente, pois diminui a sensação de perigo nos deslocamentos à pé e na permanência nos espaços públicos urbanos (Jacobs, 2007). O espaço urbano deverá ser capaz de reunir uma diversidade de pedestres por qualquer razão. A sensação de segurança também será promovida a partir da boa iluminação pública e presença de fachadas visualmente permeáveis para a rua, com a presença visual de atividades e pessoas internamente às edificações.

O bom estado de conservação e a qualificação da superfície das calçadas confere segurança e conforto para os pedestres, a partir da estabilidade e regularidade da superfície (Santos *et al.*, 2017). Para tanto, a manutenção das calçadas deverá ser periódica de acordo com o acabamento presente. Eventualmente se a calçada for submetida a eventos de chuva de qualquer intensidade, esta deverá apresentar escoamento eficiente, contribuindo para manter a funcionalidade da calçada. Sobretudo

esse atributo tem ligação direta com a resiliência das calçadas diante de inundações e contribuem para tal a declividade das superfícies, a diferença de nível em relação à rua de tráfego de veículos automotores, a presença de canteiros ajardinados ao longo das calçadas e a porosidade da superfície e do material de acabamento das calçadas, tal qual a utilização de concreto permeável.

No entanto, para que seja utilizado o concreto permeável para execução de pavimentação de calçadas, este deverá apresentar resistência mecânica à compressão de acordo com ABNT NBR 5739, resistência à tração e à flexão de acordo com a ABNT NBR 12142, testes de porosidade com corpos de prova baseados na ASTM C1754 e sobretudo coeficiente de permeabilidade seguindo a ABNT NBR 16416, que estabelece os requisitos mínimos para o projeto, a especificação, a execução e a manutenção dos diferentes tipos de pavimentos permeáveis de concreto (Schackow *et al.*, 2020). Para atender aos requisitos citados, o concreto permeável deverá apresentar mistura e superfície uniformes para que suas propriedades sejam garantidas por todo o seu corpo e, além do mais, por apresentar proporção de vazios maior que o concreto convencional, são características notáveis dos pavimentos de concreto permeável o baixo custo para execução, por ser utilizado menor quantidade de materiais onerosos como o cimento, e a baixa condutividade térmica, que deverá estar de acordo com a norma ASTM C-518. Dessa maneira, o concreto permeável tem características de tecnologia sustentável (Silva; Peliano; Chaves, 2019), e faz relação com os atributos desejáveis de sustentabilidade e resiliência para os ODS.

## **2.4 A INFRAESTRUTURA DAS CALÇADAS E A RESILIÊNCIA URBANA**

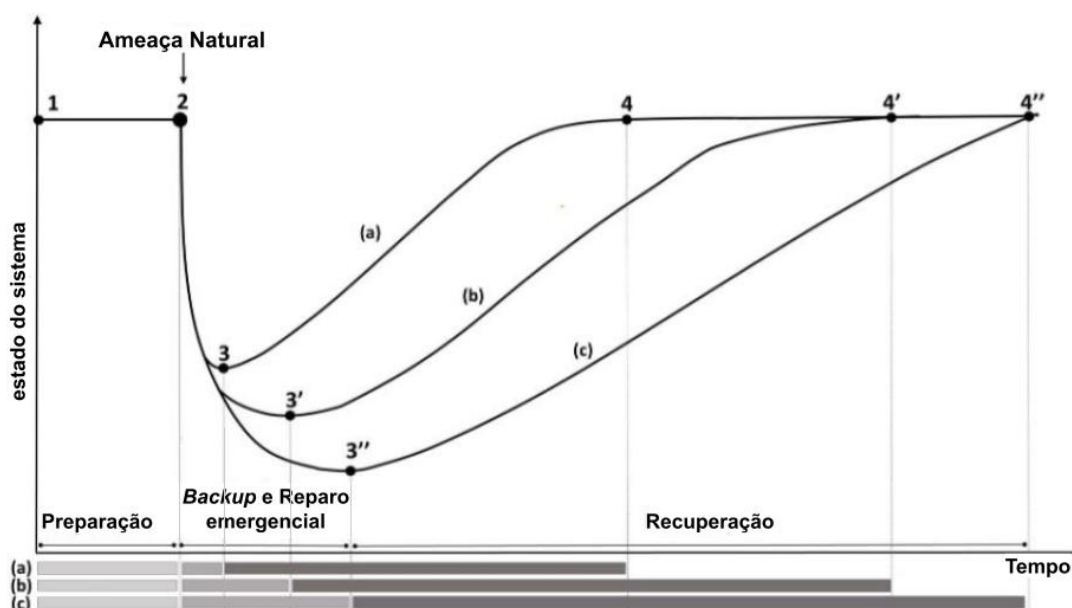
O processo de urbanização tende a promover o aumento de cobertura impermeável sobre o solo, o que dificulta a infiltração das águas durante o ciclo hidrológico e aumenta o escoamento superficial, intensificando as ameaças de inundações nas cidades. No entanto, considerando a interdependência sistêmica entre as infraestruturas urbanas, se por exemplo for utilizada a infraestrutura das calçadas para aplicação de técnicas sustentáveis de drenagem urbana (Montagna; Vieira, 2019), poderá haver diminuição do risco de ocorrência de inundações no ambiente urbano.

### 2.4.1 Exposição à riscos

Risco pode ser definido como a composição de quatro fatores: ameaça, exposição, vulnerabilidade e consequências (Arrighi; Pregnotato; Castelli, 2021). Para os autores, uma infraestrutura pode responder a uma ameaça de pelo menos quatro maneiras: absorvendo o impacto e minimizando as consequências; ajustando a condições não ótimas e fornecendo um desempenho inferior; falhando em algumas ou em todas as suas partes, sem afetar outros serviços; e falhando em algumas ou todas as suas partes e causando o falhas em cascata em outros serviços.

Para Arrighi; Pregnotato; Castelli (2021), a abordagem de gerenciamento das infraestruturas expostas à riscos deve se dar de maneira sistêmica, diferente de uma abordagem baseada em silo, cuja análise considera os elementos de um sistema de forma isolada, sem levar em conta as interdependências entre eles. Adicionalmente, o tempo de resposta é crucial para a resiliência frente às ameaças, diminuindo os efeitos em cascata. No gráfico da Figura 2.7, é possível inferir que a partir de uma análise das janelas de tempo para antes, durante e após eventos de inundação, comparando uma abordagem de gerenciamento sistêmica (a), com uma abordagem baseada em silo de alta resiliência (b) e outra abordagem baseada em silo com baixa resiliência (c), o atraso ou a falta de reparo prejudica muito a recuperação pós-evento.

Figura 2.7: Gráfico comparativo de resiliência entre uma abordagem de gerenciamento sistêmica (a), abordagem baseada em silo de alta resiliência (b) e baseada em silo de baixa resiliência (c).



Fonte: Adaptado de Arrighi, Pregnotato e Castelli (2021).

A literatura sobre desenvolvimento sustentável sugere que o escopo e a urgência da resolução dos problemas são intensificados em uma era de mudanças climáticas (Head, 2014). Além do tempo de resposta após ameaças, a inércia institucional e as práticas incorporadas limitam o reconhecimento antecipado dos problemas, restringem as escolhas e inibem um novo pensamento. Entre outros eventos de ameaças naturais, as inundações são um risco tanto para a infraestrutura das calçadas quanto para a infraestrutura de mobilidade urbana de modo geral, sendo necessárias medidas de resiliência diante desta ameaça.

#### **2.4.2 Rotas de fuga**

Em localidades expostas à riscos, ou seja, vulneráveis à catástrofes, o planejamento de rotas de fuga torna-se uma parte importante do planejamento urbano. A atribuição prévia de rotas e destinos fixos contribui para a gestão e as operações de socorro de emergências de forma mais eficaz (Campos; Bandeira; Bandeira, 2012). Para diminuir os impactos previstos em desastres com enchentes, deve ser considerado que estas fazem parte do processo natural do ecossistemas das cidades, e o planejamento de rotas de fuga são formas de mitigar os danos e perdas resultantes desse processo (Na; Xueyan; Mingliang, 2012).

A determinação prévia das rotas de fuga, por exemplo por meio de modelagem, facilitará a antecipação da identificação de estrangulamentos no sistema de transportes durante os eventos de desastres (Lim; Lim; Piantanakulchai, 2013). Ser capaz de prever os impactos da evacuação nos sistemas de transportes e modelar cenários de evacuação alternativos poderá fundamentar a gestão de emergências e desastres, por meio do estabelecimento de políticas, planos de contingência e estratégias de evacuação adequados.

Mesmo com o atendimento das ordens de evacuação em planos de contingência bem executados, a demanda de viagens para um pré determinado ponto de encontro poderá gerar congestionamentos de tráfego durante a evacuação (Lim; Lim; Piantanakulchai, 2013), de maneira que além de rotas alternativas, a redundância do sistema poderá contribuir. Neste cenário, as calçadas juntamente com as vias para veículos automotivos aumentarão a capacidade do sistema durante a emergência.

### 2.4.3 Resiliência da mobilidade urbana

Originalmente referente à resistência dos materiais nos estudos da física e interpretado para sistemas ecológicos, o conceito de resiliência foi definido como a capacidade de um sistema retornar ao seu estado inicial quando sujeito a um distúrbio (Holling, 1973). Para sistemas de infraestruturas urbanas, tal conceito adquiriu propriedades de governança, além do zelo à sua integridade (Fernandes *et al.*, 2017). Dessa maneira, resiliência da mobilidade urbana poderia ser entendido como a capacidade do sistema de se preparar, resistir, responder e retornar ao estágio inicial de serviço, diante de um evento adverso, para atender aos padrões de deslocamento na cidade.

Em estudo publicado em 2013 pelas empresas Arup e Siemens, com o intuito de avaliar potenciais soluções de tecnologias em relação à resiliência dos sistemas de mobilidade urbana, para aplicação em casos reais e possíveis tomadas de decisões, o documento define resiliência como sendo “uma resposta construtiva a um futuro incerto e em constante mudança (Arup; Siemens, 2013). Foram identificadas cinco características que colaboram para a resiliência no sistema de mobilidade urbana de modo geral: a robustez, redundância, flexibilidade, capacidade de resposta e coordenação, conforme apresentado na Figura 2.8.

Figura 2.8: Diagrama de atributos para a resiliência na mobilidade urbana.



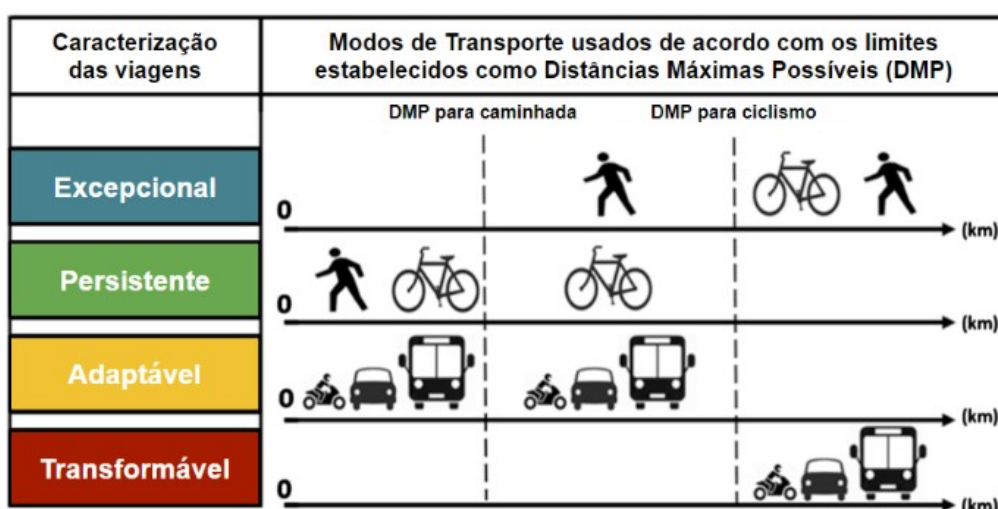
Fonte: Adaptado de ARUP e SIEMENS 2013.

Após um evento de risco potencial, desde a mudança climática até a deterioração, a agitação civil, pandemia de doenças, declínio econômico, alta do preços de

combustíveis, ou qualquer evento quando ocorra a interrupção ou falha da utilização da infraestrutura de transportes e de mobilidade urbana, por não necessitarem de nenhum meio intermediário para sua utilização, a calçada é a primeira porção desta infraestrutura possível de ser utilizada e sobretudo essa deverá apresentar as características citadas. É primeiramente a partir das calçadas que os habitantes das cidades serão capazes de recomeçar suas atividades urbanas.

É naturalmente crítica a ideia de desenvolver novas infraestruturas urbanas resilientes e reforçar as existentes (Mata Martins; Silva; Pinto, 2019), sobretudo para o sistema de transportes e mobilidade urbana, devido à sua importância econômica e ao atendimento às funções sociais urbanísticas da cidade previstas no art. 182 da Constituição Federal que de praxe são: habitação, trabalho, lazer e mobilidade. Faz-se necessário buscar instrumentos para a garantia da equidade do sistema de transportes por meio de mobilidade urbana resiliente diante de interrupções severas, considerando as peculiaridades das situações geográficas e contextos político-administrativos. Até certa distância, os modais de transporte ativo são capazes de atender às demandas de viagens entre origem e destino atendidas pelos transportes urbanos motorizados, caso haja qualquer falha no sistema. A certa distância considerada para locomoção a pé e por bicicleta em diferentes limites, os autores denominaram Distância Máxima Possível (DMP), conforme apresentado na Figura 2.9.

Figura 2.9: Relação entre a DMP e a caracterização da viagem.



Fonte: Adaptado de Martins et al, 2019.

Diante de falha do sistema de transportes, "Excepcionalmente" esses limites poderão ser ultrapassados partindo do pressuposto de que inevitavelmente os des-

locamentos ainda deverão ser feitos. Os autores apresentam como característica de viagem "persistente" aquelas em que os transportes ativos em questão se apresentam dentro dos seus respectivos limites de deslocamento. As viagens "adaptáveis" são aquelas feitas por modos motorizados dentro dos limites da DMP que, caso necessário, poderão migrar para o modo de transporte ativo. Além dos limites da DMP estão as viagens denominadas "transformáveis", onde a mudança para transporte ativo torna-se improvável, por apresentarem percursos longos demais. Estes últimos são os modos mais vulneráveis em caso de colapso do sistema e para estes a infraestrutura para modais de transportes não-motorizados não poderão contribuir, diferentemente das viagens denominadas adaptáveis, quando os deslocamentos a pé ou de bicicleta se apresentam como alternativa notável para o recomeço das cidades.

#### **2.4.4 Plano de calçadas resilientes**

A infraestrutura das calçadas apoiam a conectividade em toda a cidade e proporciona uma opção de viagens seguras para pessoas de todas as idades e habilidades. Esta conectividade é pretendida por outras infraestruturas urbanas como o sistema de drenagem, e é possível inferir que as calçadas e a drenagem estão intrinsecamente conectadas na via urbana.

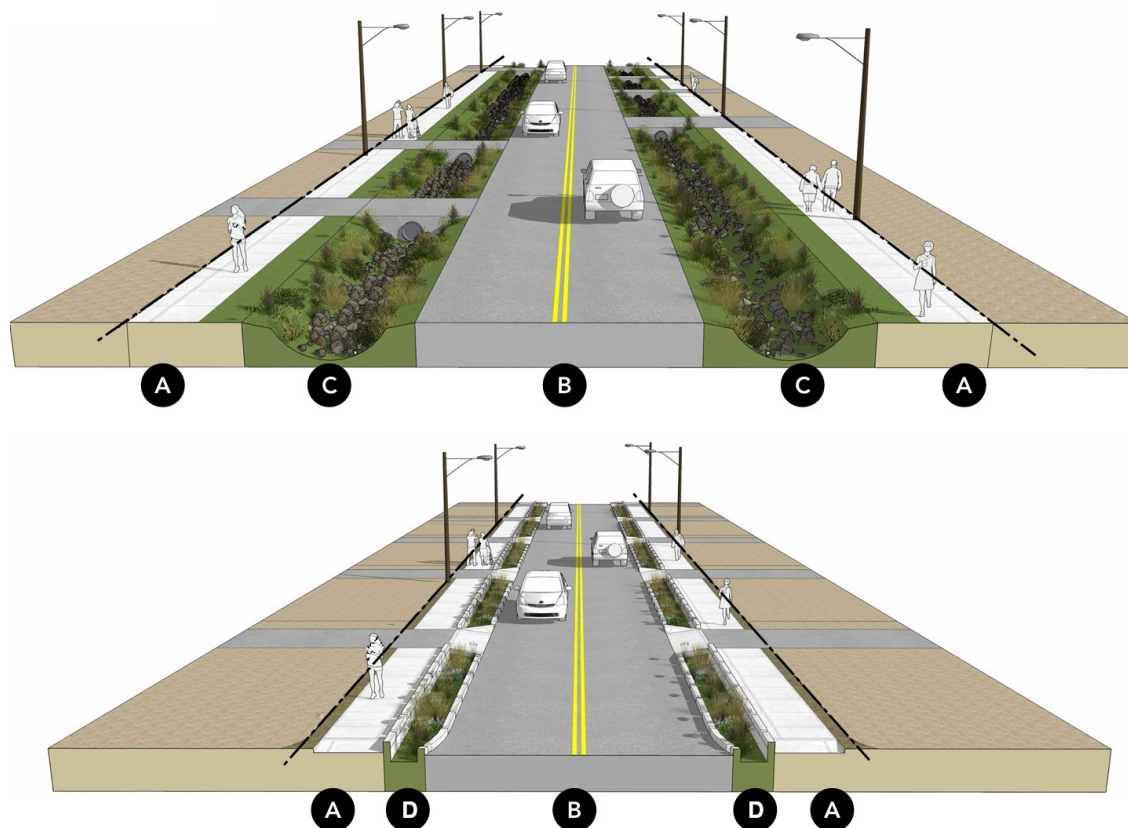
Um exemplo marcante e atual de plano de calçadas resilientes pode ser observado em Houston, cidade no Estado do Texas, nos Estados Unidos da América (Houston, 2023). Após um histórico de desastres de inundações na região por conta de furacões, representantes de diferentes grupos desenvolveram e apresentaram um plano, no intuito de conceber soluções escaláveis e replicáveis em diversos bairros. Fundamentalmente desenvolvido por técnicos da administração local, o plano evoluiu a partir de projetos participativos com representantes das comunidades.

A cidade de Houston, que apresenta densidade populacional significativa, está situada em uma planície costeira com baixa elevação e próxima ao Golfo do México, tornando-a altamente suscetível a furacões e inundações costeiras. Além disso, o crescimento urbano acelerado resultou na conversão de grandes áreas verdes e permeáveis em superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, impedindo a infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial e sobrecarregando os

sistemas de drenagem local (Feng; Shi; Renaud, 2023). Conforme apresentado nesta pesquisa, as mudanças climáticas estão aumentando a frequência e intensidade de eventos extremos, como furacões e chuvas intensas, somados à fatores como pobreza, idade avançada, deficiência e acesso limitado a recursos e serviços podem aumentar a vulnerabilidade social e consequente perdas humanas.

Além de pretender garantir que as calçadas sejam seguras e acessíveis para pessoas de todas as idades e habilidades, promovendo a mobilidade a pé e reduzindo o risco de acidentes, o Plano de Calçadas Resilientes para Houston propõe o uso de biovaletas, biorretenção, caixas de árvores e pavimentos permeáveis, conforme apresenta a Figura 2.10, para reduzir o escoamento superficial, melhorar a qualidade da água e aumentar a resiliência da cidade às inundações. Também são propósitos do Plano a promoção da equidade e justiça social a partir do acesso igualitário a oportunidades e serviços, além de incentivar a mobilidade sustentável .

Figura 2.10: Secção transversal dos projetos, onde (A) calçadas exclusivas para pedestres; (B) vias para automóveis e bicicletas; (C) drenagem por biovaletas; (D) drenagem por canteiro pluvial.



Fonte: Adaptado de Houston, 2023.

O Plano busca criar uma rede de pedestres resiliente na cidade, respondendo aos desafios de mobilidade e inundações que a cidade enfrenta (Houston, 2023). Como a cidade é propensa a inundações, o plano reconhece a necessidade de integrar soluções de gerenciamento de águas pluviais ao projeto de construção e reforma de calçadas.

## **2.5 A RESILIÊNCIA URBANA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A capacidade de resiliência das calçadas, ou seja, a capacidade destas de se adaptarem e resistirem a diferentes tipos de impactos e adversidades, como o clima, o uso intenso e a falta de manutenção, pode estar diretamente associada à sustentabilidade urbana (Zeng *et al.*, 2022). À medida que existe garantia da mobilidade a pé e por bicicleta a longo prazo, a resiliência das calçadas contribui para a redução da necessidade de reparos frequentes, diminuindo o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos. Ao passo que as calçadas se apresentam robustas, seguras e acessíveis, incentivando a população a optar por modos de transporte não motorizados, essa mudança de comportamento contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a melhoria da qualidade do ar. Outra maneira de contribuição de calçadas resilientes para a sustentabilidade urbana é quando estas estão fundamentadas em uma infraestrutura urbana que utilize os recursos naturais de forma eficiente e minimize os impactos ambientais.

Para futuros projetos de requalificação urbana e ações de governança, poderá ser bem vinda a disponibilidade de uma ferramenta que torne possível a avaliação e monitoramento da presença de atributos sustentáveis nas calçadas e, por consequência, permita a estimativa da contribuição dessas infraestruturas da mobilidade urbana para os ODS presentes na Agenda 2030 da ONU.

### 3 PROPOSTA METODOLÓGICA

Para Thacker *et al.* (2018), as infraestruturas das cidades são a espinha dorsal para o fundamento de qualquer sociedade, pois contribuem para o funcionamento das comunidades, para a progressão das economias e para a evolução das nações. No entanto, para o autor, são frequentemente ignoradas nas discussões sobre desenvolvimento sustentável.

Foi feita uma revisão sistemática da literatura (RSL) para a identificação dos estudos mais recorrentes que, por conseguinte, podem ser considerados os mais significativos sobre indicadores componentes de índices qualitativos para avaliação de calçadas publicados no banco de dados *Scopus*, com o objetivo de determinar um conjunto de indicadores para avaliação da sustentabilidade das calçadas, quer dizer, para a avaliação de tal infraestrutura urbana sob as dimensões ambiental, social, econômica (Zheng; Shen; Wang, 2014), e de governança (Sharifi, 2021), conforme apontam estudos recentes, de maneira a atender às aspirações de avaliação e monitoramento da infraestrutura das calçadas por meio de indicadores apropriados.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DE INDICADORES

Um indicador é uma ferramenta que permite obter informações sobre uma determinada realidade, e pode ser um dado individual ou um conjunto de informações. Para Siche *et al.* (2007), um indicador eficaz deverá ser simples de entender, ser quantificável estatisticamente, ser logicamente coerente e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado. Geralmente, um indicador é utilizado como um pré-tratamento para os dados originais e pode servir como base para a construção de índices. O mesmo autor define índice como um valor numérico que busca representar a realidade de um sistema, seja ele natural, econômico ou social, utilizando métodos científicos para o seu cálculo, agregando um conjunto de indicadores ou variáveis, fornecendo uma interpretação mais completa e elaborada da situação em análise.

Complementarmente, Bahia (2021) pontua que indicadores são ferramentas es-

senciais na gestão pública, atuando como um painel de controle baseado em dados quantitativos e qualitativos. Os indicadores auxiliam na compreensão da situação a ser modificada, permitindo estabelecer prioridades, definir objetivos e metas, acompanhar o progresso das ações, avaliar processos para realizar possíveis ajustes e verificar os resultados e impactos. Para o autor, os indicadores deverão apresentar atributos essenciais, conforme ilustrado na Tabela 3.1, para garantir a sua efetividade e confiabilidade.

Tabela 3.1: Características fundamentais aos indicadores.

| <b>CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS AOS INDICADORES:</b> |                                                                                                  |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Utilidade</b>                                     | - Comunicar com clareza a intenção do objetivo, sendo útil para a tomada de decisão dos gestores |
| <b>Representatividade</b>                            | - Representar com fidelidade e destaque o que se deseja medir                                    |
| <b>Confiabilidade metodológica</b>                   | - Ter métodos de coleta e processamento do indicador confiáveis                                  |
| <b>Confiabilidade da fonte</b>                       | - Ter fonte de dados com precisão e exatidão                                                     |
| <b>Disponibilidade</b>                               | - Ser possível a coleta dos dados para o cálculo com facilidade e rapidez                        |
| <b>Economicidade</b>                                 | - Ter uma relação de custo benefício favorável                                                   |
| <b>Simplicidade de comunicação</b>                   | - Favorecer o fácil entendimento por todo o público interessado                                  |
| <b>Estabilidade</b>                                  | - Ter mínima interferência de variáveis externas ou possíveis adversidades                       |
| <b>Tempestividade</b>                                | - Ser possível a sua utilização assim que o gestor precisar                                      |
| <b>Sensibilidade</b>                                 | - Ter baixos riscos relacionados ao indicador                                                    |

Fonte: Adaptado de Bahia, 2021.

De maneira específica, os índices qualitativos de calçadas são ferramentas utilizadas para avaliar a qualidade e a funcionalidade das calçadas em áreas urbanas (Itdp, 2019) e consideram diversos aspectos que influenciam a experiência dos pedestres. Tais índices são fundamentais para identificar áreas que necessitam de melhorias e para orientar políticas públicas voltadas para a mobilidade urbana e a segurança dos pedestres (Silva; Angelis neto, 2019).

Desenvolvido no início da década de 90, na cidade de Ottawa, Canadá e reconhecidamente o primeiro índice qualitativo para os espaços das calçadas, uma ferramenta desenvolvida por Bradshaw (1993) baseia-se em dados referentes à aspectos

físicos, uso do solo na região, gestão pública, sensação de segurança e potencial para interações sociais, entre outros aspectos, conforme apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Proposta de indicadores sobre Caminhabilidade de Bradshaw.

|                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 – Densidade (pessoas por acre, até a linha central das características limítrofes).                                               |
| 2 – Vagas de estacionamento fora da rua por domicílio (acesso irrestrito à rua).                                                    |
| 3 – Número de assentos em bancos por casas (inclui assentos nos jardins da frente).                                                 |
| 4 – Chances de encontrar alguém que você conhece enquanto caminha (pesquisa).                                                       |
| 5 – Idade em que uma criança pode andar sozinha (pesquisa).                                                                         |
| 6 – Avaliação da segurança do bairro feita pelas mulheres (pesquisa).                                                               |
| 7 – Frequência dos serviços de transportes públicos.                                                                                |
| 8 – Número de "lugares de importância" (significativos para o entrevistado) no bairro nomeados pelo entrevistado médio. (pesquisa). |
| 9 – Áreas de parques (medição).                                                                                                     |
| 10 – Presença e características das calçadas.                                                                                       |

Fonte: Adaptado de Bradshaw, 1993.

Para estas qualidades atribuídas ao espaço urbano foi dado o nome de *walkability* (caminhabilidade) e o conjunto de indicadores propostos foi pioneiro no sentido de avaliar qualitativamente a infraestrutura das calçadas e a experiência peatonal. O desenvolvimento desse índice foi motivado por um impasse causado por incoerentes tributos sobre os valores de propriedades imobiliárias supervalorizadas e que, para os autores, essa tributação deveria ser estabelecida a partir das virtudes do entorno de tais imóveis. Posteriormente, foi identificado esse conjunto de indicadores como um protótipo de uma importante ferramenta de planejamento urbano e governança.

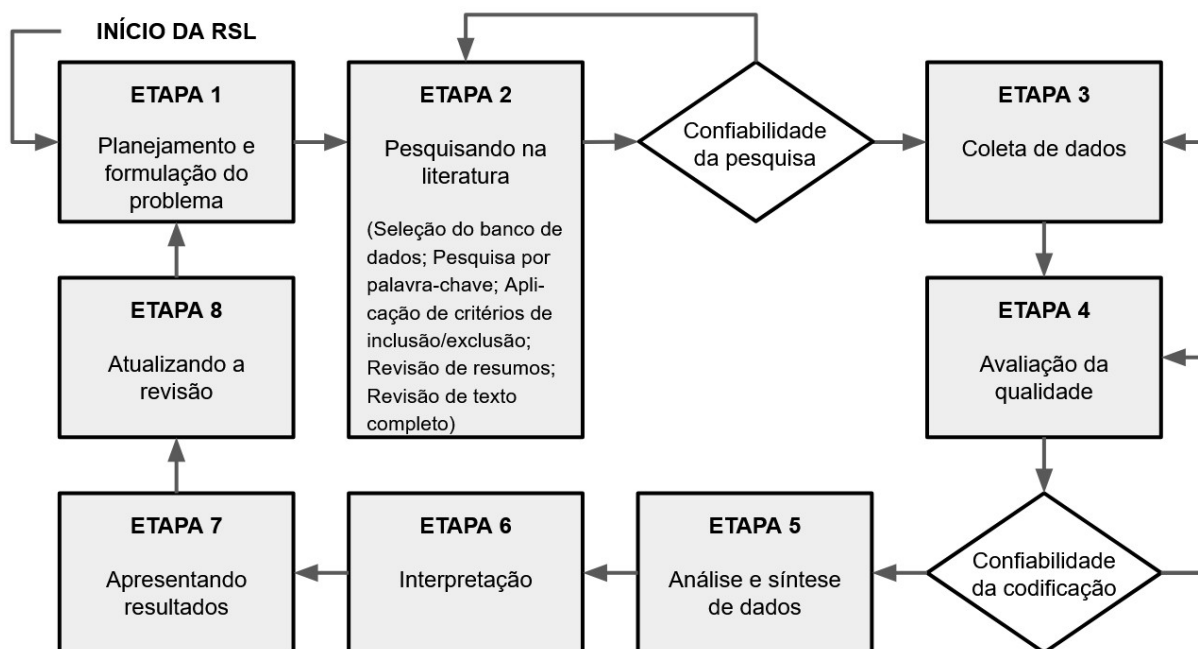
### 3.2 PESQUISA POR INDICADORES FUNDAMENTAIS

Para este trabalho foi feita uma RSL baseada na metodologia desenvolvida por Thomé; Scavarda; Scavarda (2016), para a identificação das pesquisas recentes mais influentes que abordam indicadores de qualificação de calçadas e, a partir dessa base de dados, determinar um conjunto de indicadores para avaliação dos atributos dessa

infraestrutura sob a óptica da sustentabilidade.

Para Thomé; Scavarda; Scavarda (2016), a RSL é uma metodologia de pesquisa que faz parte de um processo contínuo, conforme apresentado na Figura 3.1, com o objetivo de localizar estudos existentes, selecionar e avaliar contribuições, analisar e sintetizar dados, e reportar as evidências de forma a permitir conclusões claras sobre o que é e o que não é conhecido sobre determinado assunto. Além disso, a RSL deve ser replicável, oferecendo um rastreamento de todas as etapas da pesquisa dos revisores de maneira científica e transparente.

Figura 3.1: Diagrama do processo contínuo de revisão sistemática de literatura.



Fonte: Adaptado de Thomé; Scavarda e Scavarda, 2016.

Assim, tomando como fundamento a metodologia da RSL citada, foi escolhida em relação a outras a base de dados *Scopus* para estudo de caso, por conta de seu significativo acervo, já que em 2023 reunia mais de 91 milhões de registros em literatura acadêmica multidisciplinar (Scopus, 2023). Também foi pré-definido para a pesquisa as publicações entre os anos de 2013 a 2023, sendo pressuposto que, neste recorte de 10 anos, estas publicações devam ter sido desenvolvidas a partir de trabalhos anteriormente prestigiados e fundamentais. Para a pesquisa por palavras-chave foram buscados os seguintes grupos de palavras nos títulos dos artigos: *pedestrian* OR *walkability* OR *sidewalk\** AND *index* OR *indicator\** AND NOT *body* AND *mass*, onde o primeiro grupo de pesquisa destacará as publicações referentes à “caminhabi-

lidade” e “calçadas”, o segundo uma restrição à “índices” e “indicadores” e o terceiro grupo excluirá da pesquisa as publicações que associem os termos buscados com “índice de massa corporal”. A pesquisa se restringiu às publicações de acesso público e em inglês, por ser uma língua amplamente utilizada e permitir que pesquisadores de diversas nacionalidades acessem e compartilhem conhecimentos e descobertas científicas. Ao final, foi utilizada a seguinte sequência de consulta (“*query string*”) conforme a Tabela 3.3:

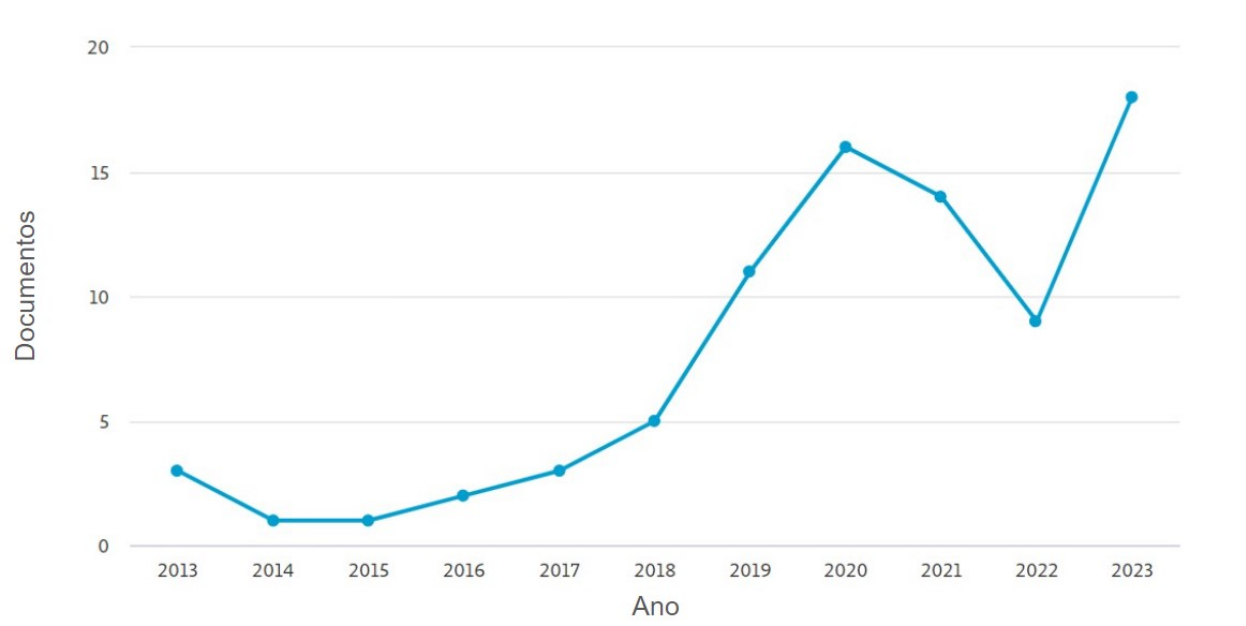
Tabela 3.3: *Query string* de busca avançada na base de dados Scopus.

|                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TITLE(pedestrian OR walkability OR sidewalk* AND index OR indicator* AND NOT body AND mass) AND PUBYEAR &gt; 2012 AND PUBYEAR &lt; 2024 AND ( LIMIT-TO ( OA,"all") ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE,"English") )</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Autor.

Foram encontrados 83 resultados e, desses, 10 que não foram citados em quaisquer artigos. Dessa maneira, foram excluídos esses últimos por não apresentarem influência em outra publicação. Totalizando para início da RSL, 73 resultados apresentados no gráfico da Figura 3.2 separados por número de publicações por ano.

Figura 3.2: Número de pesquisas científicas sobre calçadas e indicadores qualitativos, publicados entre 2013 e 2023.



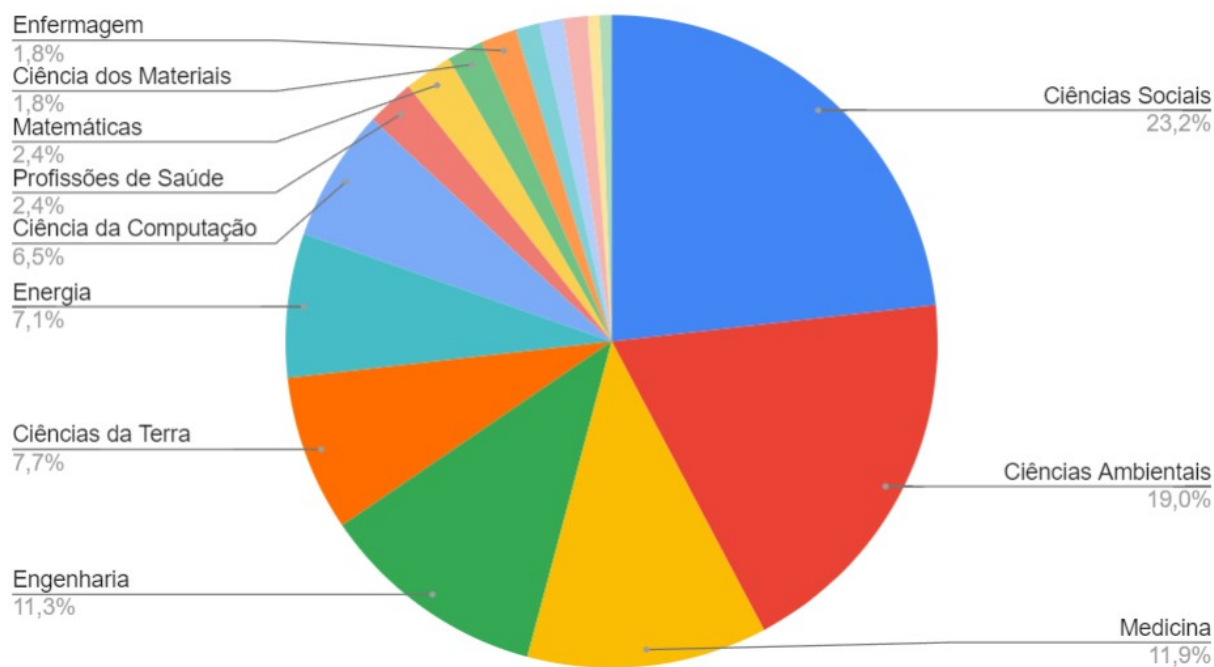
Fonte: Adaptado de Scopus, 2024.

Sobretudo nos últimos 5 anos a população mundial tem enfrentado problemas

globais que exigem resoluções locais, quer seja frente às questões relacionadas à mudança climática tal qual inundações, ondas de calor e secas, quer seja por questões de saúde, como por exemplo a pandemia de COVID-19, que atingem diretamente infraestruturas críticas nas cidades e a maneira como a população se desloca. Consequentemente é natural que sejam desenvolvidas pesquisas sobre infraestruturas de mobilidade urbana, como as calçadas, para responder aos problemas citados. Não por coincidência, foram recuperados dados referentes ao ano em que foram publicados tais documentos, apresentados na Figura 3.2 anteriormente, e pode ser observado um aumento de publicações que abordam o assunto pesquisado nos últimos anos.

Quanto à área temática de cada publicação, conforme apresenta a Figura 3.3, é possível inferir que os temas mais pesquisados são sobre ciências sociais, ciências do meio ambiente, medicina e engenharia. Esses temas pesquisados corroboram com as preocupações sociais, sobre saúde, meio ambiente e infraestruturas urbanas, emergentes no panorama recente.

Figura 3.3: Percentual de pesquisas científicas sobre calçadas e indicadores qualitativos dividido por área temática, publicados entre 2013 e 2023.

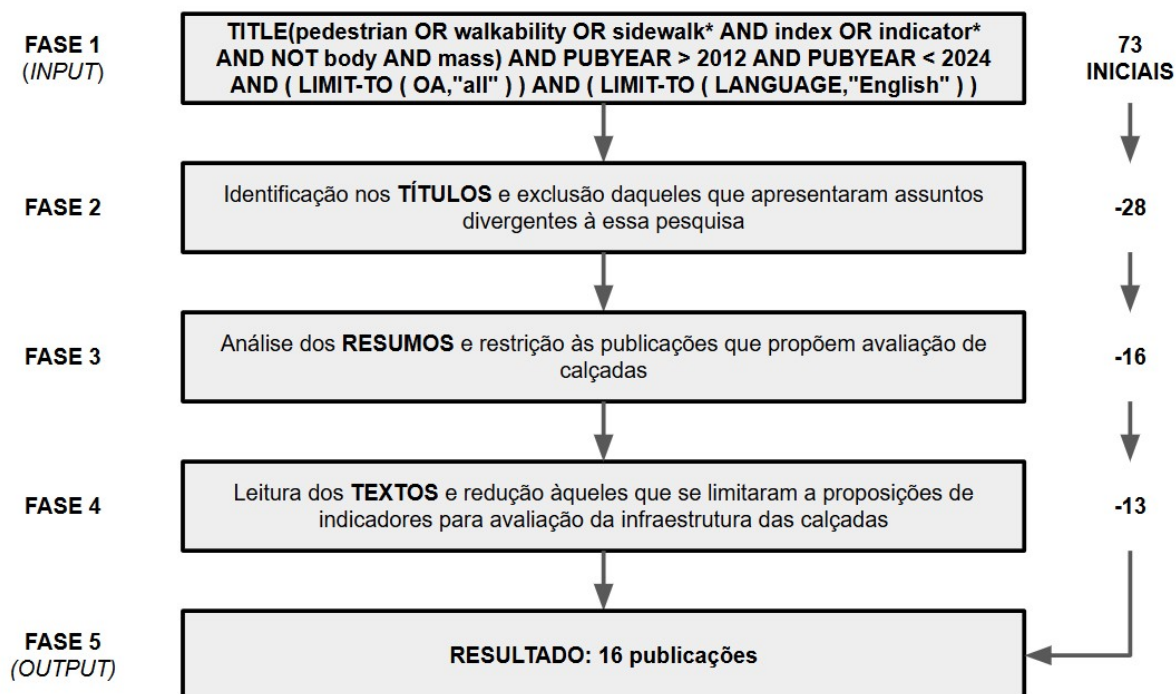


Fonte: Adaptado de Scopus, 2024.

Depois desse momento, foi feita RSL a fim de, dentre os trabalhos com os autores mais citados, excluir as publicações que não se referem ao assunto pesquisado

nesse trabalho, conforme fluxograma da Figura 3.4.

Figura 3.4: Fluxograma dos procedimentos para pesquisa do conjunto de indicadores mais influentes e citados.



Fonte: Autor.

A partir dos 73 documentos encontrados que apresentaram algum número de citações em outros, foram excluídos 28 trabalhos que apresentaram pesquisas com título envolvendo as palavras buscadas, porém, que não tratavam do tema desta pesquisa. Quando surgiu alguma incerteza quanto ao objetivo dos trabalhos a partir dos títulos, ocorreu a análise dos resumos disponibilizados em busca de esclarecimentos e foram omitidos mais 16 trabalhos. Na etapa seguinte com uma camada de análise mais aprofundada, foram excluídos mais 13 pesquisas após a leitura de seus textos. Os motivos das exclusões após a leitura dos resumos e dos textos, se deram por conta de desde apenas a apresentação de revisão da literatura (Jardim; Castro neto, 2022; D'orso; Minaudo; Migliore, 2023), a mera aplicação de índices existentes (Stockton *et al.*, 2016; Horak *et al.*, 2022; Kato; Kanki, 2020; Bucko *et al.*, 2021; Ruslan *et al.*, 2023; Bonatto; Alves, 2022; Erlangga; Handayani; Syafi'i, 2021; Irafany *et al.*, 2020; Putranto; Khuana, 2022; Carvalho; Barbosa; Drach, 2020), a apresentação duplicada do mesmo índice ou evolução de pesquisa já publicada (Labdaoui *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras *et al.*, 2021), até a abordagem destinada à robôs e não aos seres humanos (Corno; Savaresi, 2020). Por fim, foram selecionadas 16 pesquisas das quais seus indicadores serão tomados como base e avaliados para este trabalho.

Ao final da metodologia de pesquisa realizada, foram encontrados os autores mais influentes entre as pesquisas da base de dados *Scopus* para o período de 2013 a 2023, apresentados na Tabela 3.4 em ordem decrescente do número de citações, cujas características fundamentais são apresentadas no seguimento deste capítulo.

Tabela 3.4: Tabela resumo dos autores mais influentes entre 2013 e 2023, ordenada por número de citações.

| <b>Autores (ano de publicação)</b>                    | <b>Título</b>                                                                                                                                           | <b>Citações</b> |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 - Alves <i>et al.</i> (2020).                       | <i>Walkability index for elderly health: A proposal</i>                                                                                                 | 61              |
| 2 - Tsiompras; Photis (2017).                         | <i>What matters when it comes to walk and the city? Defining a weighted GIS-based walkability index</i>                                                 | 49              |
| 3 - Mayne <i>et al.</i> (2013).                       | <i>An objective index of walkability for research and planning in the Sydney Metropolitan Region of New South Wales, Australia: An ecological study</i> | 46              |
| 4 - Molina-García <i>et al.</i> (2020).               | <i>Different neighborhood walkability indexes for active commuting to school are necessary for urban and rural children and adolescents</i>             | 44              |
| 5 - Lam <i>et al.</i> (2022).                         | <i>Development of an objectively measured walkability index for the Netherlands</i>                                                                     | 39              |
| 6 - Golan <i>et al.</i> (2019).                       | <i>Gendered walkability: Building a daytime walkability index for women</i>                                                                             | 35              |
| 7 - Al shammas; Escobar (2019).                       | <i>Comfort and time-based walkability index design: A GIS-based proposal</i>                                                                            | 34              |
| 8 - Ribeiro; Hoffmann (2018).                         | <i>Development of a neighbourhood walkability index for porto metropolitan area. How strongly is walkability associated with walking for transport?</i> | 34              |
| 9 - Labdaoui <i>et al.</i> (2021).                    | <i>The Street Walkability and Thermal Comfort Index (SWTCI): A new assessment tool combining street design measurements and thermal comfort</i>         | 27              |
| 10 - Reisi; Nadoushan; Aye (2019).                    | <i>Local walkability index: Assessing built environment influence on walking</i>                                                                        | 18              |
| 11 - Visvizi <i>et al.</i> (2021).                    | <i>Conceptualizing walking and walkability in the smart city through a model composite w2 smart city utility index</i>                                  | 16              |
| 12 -Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023). | <i>Global microscale walkability ratings and rankings: A novel composite indicator for 59 European city centres</i>                                     | 14              |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

| <b>Autores (ano de publicação)</b>        | <b>Título</b>                                                                                                                | <b>Citações</b> |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 13 - Trolese; De fabiis; Coppola (2023).  | <i>A Walkability Index including Pedestrians' Perception of Built Environment: The Case Study of Milano Rogoredo Station</i> | 5               |
| 14 - Anapakula; Eranki (2021).            | <i>Developing an index to evaluate the quality of pedestrian environment: Case study application in an Indian metro</i>      | 5               |
| 15 - Mukhtar <i>et al.</i> (2019).        | <i>An objective walkability index for public health and planning in Peel Region, Ontario, Canada</i>                         | 3               |
| 16 - Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023). | <i>Assessing walkability: index construction and application to a medium-size Greek city</i>                                 | 1               |

Fonte: Autor.

### 3.2.1 Índice de Caminhabilidade para a Saúde do Idoso

A pesquisa desenvolvida por Alves *et al.* (2020) de um Índice de Caminhabilidade para a Saúde do Idoso (*Walkability index for elderly health* - WIEH), tem como objetivo medir a adequação de espaços públicos para a caminhabilidade de idosos e conectar isso aos benefícios do exercício físico. O estudo procura preencher uma lacuna na pesquisa, combinando fatores de qualidade do espaço público, características de caminhabilidade para idosos e esforço físico para atingir a frequência cardíaca ideal na terceira idade.

Ao final, foram definidos indicadores de qualidade do espaço público, agrupados em três áreas sistemáticas: Tecido Urbano, Cena Urbana e Segurança, e foi levada em consideração a influência de declives e escadas nos espaços públicos, conforme Tabela 3.5, sendo considerado que superfícies inclinadas representam um desafio para os idosos, ao mesmo tempo que traz benefícios à saúde, dependendo de sua inclinação.

Tabela 3.5: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade para a Saúde do Idoso.

|                                        |
|----------------------------------------|
| <b>INDICADORES: Tecido Urbano</b>      |
| Qualidade da superfície para pedestres |
| Existência e largura da calçada        |
| Interseções de ruas de trânsito        |
| Existência de escadas                  |
| Existência de obstáculos               |
| Variedade no uso do solo               |
| <b>INDICADORES: Cena Urbana</b>        |
| Existência de árvores/vegetação        |
| Existência de mobiliário urbano        |
| <b>INDICADORES: Segurança</b>          |
| Qualidade da iluminação pública        |
| Diversidade de placas informativas     |

Fonte: Adaptado de Alves *et al.*, 2020.

### 3.2.2 Índice de caminhabilidade ponderado baseado em SIG

Tsiompras; Photis (2017) apresentaram um estudo que define uma metodologia para um índice de caminhabilidade ponderado baseado em Sistema de Informações Geográficas (SIG), adaptado ao ambiente urbano grego, com foco em viagens utilitárias e recreativas. O índice proposto avalia a caminhabilidade através de parâmetros do ambiente construído e características da infraestrutura para pedestres, que possam ser geovisualizadas para avaliação das características do ambiente construído.

A metodologia para aplicação do índice é composta por duas fases, onde a primeira consiste na atribuição de pontuação para quatro parâmetros do ambiente construído, apresentados na Tabela 3.6: densidade populacional, conectividade da rede de caminhos, variedade de uso do solo e proximidade a destinos básicos; E a segunda fase há um ajuste do valores atribuídos com base em características de

problemáticas dos caminhos, tais quais a largura da calçada, presença de obstáculos e estado de conservação do caminho.

Tabela 3.6: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade ponderado baseado em SIG.

| INDICADORES                                                  |
|--------------------------------------------------------------|
| Conectividade da rede de caminhos (densidade de interseções) |
| Proximidade de destinos                                      |
| Variedade de uso do solo (Índice de Entropia)                |
| Densidade populacional                                       |

Fonte: Adaptado de Tsiompras e Photis, 2017.

### 3.2.3 Índice de Caminhabilidade de Sydney

O trabalho de Mayne *et al.* (2013) teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma ferramenta objetiva para medir a caminhabilidade e avaliar seu impacto no comportamento de caminhada para fins utilitários, para a região metropolitana de Sydney, na Austrália. Para isso, foram desenvolvidos e comparados dois índices de caminhabilidade. Os atributos considerados para esse índice, apresentada na Tabela 3.8, são o número de residências por quilômetro quadrado de área residencial, o número de interseções com três ou mais cruzamentos por quilômetro quadrado de área total, a diversidade de usos do solo (residencial, comercial, industrial, recreativo e outros), e a proporção da área de varejo por área de uso comercial.

Tabela 3.7: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade de Sidney.

| INDICADORES                 |
|-----------------------------|
| Densidade residencial       |
| Densidade de intersecções   |
| Variedade de uso do solo    |
| Proporção de área de varejo |

Fonte: Adaptado de Mayne *et al.*, 2013.

### 3.2.4 Índice de caminhabilidade para crianças e adolescentes em áreas urbanas e rurais

O estudo de Molina-García *et al.* (2020) teve como objetivo examinar a associação entre a qualificação do ambiente do entorno das escolas medido objetivamente e o transporte ativo de e para a escola em amostras de crianças e adolescentes urbanos e rurais. Além disso, foram desenvolvidos e validados alguns indicadores de caminhabilidade que combinam fatores ambientais de macro e microescala.

Essa pesquisa destaca que os índices de caminhabilidade são diferentes para áreas urbanas e rurais, e também para crianças e adolescentes, de maneira que é necessário conhecer o público alvo para que a utilização das variáveis sejam mais fieis aos objetivos, ou admitir a tendência ao generalismo dos indicadores. Quanto a esses, apresentados na Tabela 3.8 a seguir, contêm fatores ambientais de macro e microescala.

Tabela 3.8: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade para crianças e adolescentes em áreas urbanas e rurais.

| INDICADORES                                    |
|------------------------------------------------|
| Densidade de intersecções                      |
| Número de intersecções em encruzilhadas        |
| Densidade de residências                       |
| Variedade de uso do solo                       |
| Distância para a escola                        |
| Número de faixas de trânsito                   |
| Número de cruzamentos                          |
| Faixa de estacionamento na rua                 |
| Travessias elevadas ( <i>Traffic calming</i> ) |
| Características positivas da paisagem urbana   |
| Estética e características sociais             |
| Qualidade dos cruzamentos                      |

Fonte: Adaptado de Molina-García *et al.*, 2020.

### 3.2.5 Índice de caminhabilidade para a Holanda

O artigo de Lam *et al.* (2022) apresenta o desenvolvimento de um índice de caminhabilidade para a Holanda, baseado em teoria e evidências, e examina as suas associações com os comportamentos de caminhada de adultos. O estudo teve como objetivo criar um índice que pudesse ser usado em pesquisas futuras e para informar políticas públicas relacionadas à atividade física.

O índice foi construído usando sete componentes: densidade populacional, densidade de comércio e serviços, Variedade do uso do solo, conectividade das ruas, espaços verdes, densidade de calçadas e densidade de transportes públicos, conforme apresentado na Tabela 3.9. O artigo também destaca que a caminhabilidade influencia diferentes grupos da população de maneiras diversas.

Tabela 3.9: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade para a Holanda.

| INDICADORES                      |
|----------------------------------|
| Densidade populacional           |
| Variedade de uso do solo         |
| Densidade de comércio e serviços |
| Densidade de intersecções        |
| Densidade de espaços verdes      |
| Densidade de calçadas            |
| Densidade de transporte público  |

Fonte: Adaptado de Lam *et al.*, 2020.

### 3.2.6 Índice de Caminhabilidade diurna para Mulheres

A pesquisa apresentada por Golan *et al.* (2019) objetiva a criação de um Índice de caminhabilidade para Mulheres, específico para o período diurno, usando a cidade de São Francisco como estudo de caso. O estudo busca responder quais variáveis mais influenciam a propensão de mulheres a caminhar

A partir de pesquisas apenas com mulheres, as participantes discutiram suas experiências de caminhada diurna e classificaram 10 variáveis que afetam a caminhabilidade. Essas 10 variáveis foram selecionadas inicialmente com base na literatura, enfocando medo de crimes, segurança no trânsito e condições seguras da calçada, conforme Tabela 3.10.

Tabela 3.10: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade diurna para Mulheres.

| INDICADORES                                  |
|----------------------------------------------|
| Medo do crime                                |
| Presença de moradores de rua ou acampamentos |
| Limpeza de ruas e calçadas                   |
| Volume de tráfego de veículos                |
| Parques e espaços abertos                    |
| Tipo de comércio na rua                      |
| Qualidade da calçada                         |
| Estacionamentos e garagens fora da rua       |
| Ocorrência de grafites e pichações           |
| Rampas de meio-fio                           |
| Declives                                     |

Fonte: Adaptado de Golan *et al.*, 2019.

### 3.2.7 Índice de caminhabilidade considerando ruído urbano e condições de sombra/sol

Esta pesquisa propõe um novo Índice de Caminhabilidade baseado em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a cidade de Madrid, Espanha, com o objetivo de superar as limitações dos índices existentes. Dessa maneira, o estudo apresentado por Al shammas; Escobar (2019) destaca a importância de fatores como conforto ambiental (quantidade de ruído urbano e condições de sombra e sol no caminho) e o peso relativo de cada fator na avaliação da caminhabilidade.

Para a coleta de dados e modelagem, nesta nova proposta, cujos indicadores

são apresentados na Tabela 3.11 incluem altura de edifícios, mapa de ruído, tipos de atividades comerciais, dados demográficos e outras informações, além dos dados censitários e cálculo de densidade populacional, diversidade de atividades comerciais e conectividade, que comumente já foram utilizados para cálculo de outros índices.

**Tabela 3.11:** Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade considerando ruído urbano e condições de sombra/sol.

| <b>INDICADORES</b>                                              |
|-----------------------------------------------------------------|
| Densidade populacional                                          |
| Variedade de uso do solo (Diversidade de atividades comerciais) |
| Densidade de intersecções (Conectividade da rede viária)        |
| Ruído urbano                                                    |
| Condições de sombra/sol                                         |

Fonte: Adaptado de Al-Shammas; Escobar, 2019.

### 3.2.8 Índice de caminhabilidade para a Área Metropolitana do Porto

A pesquisa de Ribeiro; Hoffmann (2018) propõe o desenvolvimento de um índice de caminhabilidade para a Área Metropolitana da cidade do Porto, em Portugal e a sua associação com a prática de caminhada para transporte. O estudo destaca a importância do ambiente construído na promoção da atividade física e procura preencher uma lacuna na investigação em Portugal, onde existem poucos estudos sobre esta relação. Com coleta de dados por meio de SIG e procedimentos estatísticos, esse índice de caminhabilidade é composto por três variáveis principais, apresentados na Tabela 3.12: Densidade residencial, Conectividade das ruas e índice de entropia.

**Tabela 3.12:** Tabela resumo do Índice de caminhabilidade para a Área Metropolitana do Porto.

| <b>INDICADORES</b>                                 |
|----------------------------------------------------|
| Densidade residencial                              |
| Densidade de intersecções (conectividade das ruas) |
| Variedade de uso do solo (índice de entropia)      |

Fonte: Adaptado de Ribeiro; Hoffmann, 2018.

### 3.2.9 Índice de caminhabilidade e conforto térmico nas ruas

O estudo de Labdaoui *et al.* (2021) enfatiza a importância da caminhabilidade para a saúde, o meio ambiente e o bem-estar dos pedestres, bem como a relevância do conforto térmico nesse contexto. O objetivo principal do índice proposto é fornecer uma ferramenta que possa transformar ruas desconfortáveis em percursos caminháveis ideais, através da identificação de problemas e da proposição de melhorias, conforme indicadores apresentado na Tabela 3.13.

Tabela 3.13: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade e conforto térmico nas ruas.

| INDICADORES                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|
| Velocidade de trânsito mais lenta                               |
| Barreiras e balizadores (zona de meio-fio e zona de mobiliário) |
| Menos faixas de tráfego                                         |
| Travessia no meio do quarteirão                                 |
| Paisagem e árvores                                              |
| Mobiliário Urbano (recipientes de lixo)                         |
| Pavimento de calçada                                            |
| Marcação (faixa de pedestres)                                   |
| Calçada dos dois lados                                          |
| Largura do caminho                                              |
| Declives                                                        |
| Iluminação                                                      |
| Rampas                                                          |
| Parque e espaço para brincar                                    |
| Espaços sociais (cafés)                                         |
| Sombras                                                         |
| Banco e área de estar                                           |
| Sanitários públicos                                             |
| Sinal de pedestre                                               |
| Distância de travessia mais curta                               |

Fonte: Adaptado de Labdaoui *et al.*, 2021.

A análise qualitativa se dará através de um sistema de levantamento de dados que combina um questionário, observações e medições no local. Esse conjunto de indicadores de caminhabilidade combina medidas de desenho urbano com o conforto térmico.

### 3.2.10 Índice de caminhabilidade local

A pesquisa apresenta um estudo que desenvolveu um índice de caminhabilidade local para avaliar a influência do ambiente construído na prática de caminhada. O objetivo principal da pesquisa de Reisi; Nadoushan; Aye (2019) foi criar uma ferramenta para determinar se uma área específica é adequada para um plano sem carros, com base nas suas características do ambiente construído. Foram selecionados indicadores do ambiente construído, apresentados na Tabela 3.14, divididos em três categorias: segurança, qualidade e atratividade.

Tabela 3.14: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade local.

| INDICADORES                                                       |
|-------------------------------------------------------------------|
| Iluminação                                                        |
| Disponibilidade de travessia                                      |
| Potencial para conflitos com veículos                             |
| Largura da calçada                                                |
| Obstruções                                                        |
| Instalações de apoio                                              |
| Instalações para pessoas com deficiência                          |
| Características naturais (árvores) ou parques                     |
| Cinemas, centros culturais (lugares históricos, arquitetura)      |
| Comércio varejista/ gastronomia / serviços                        |
| Mobiliário fixo: presença de bancos e outros locais para descanso |
| Banheiros públicos                                                |
| Transporte público                                                |

Fonte: Adaptado de Reisi; Nadoushan; Aye, 2019.

### 3.2.11 Índice de caminhabilidade no contexto da cidade inteligente

A pesquisa desenvolvida por Visvizi *et al.* (2021) explora o conceito de caminhada e caminhabilidade (*Walking and Walkability* - W2) no contexto da cidade inteligente, defendendo a sua centralidade no debate sobre a resiliência e sustentabilidade das cidades inteligentes. Segundo os autores, com o avanço das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no espaço urbano, é necessário analisar a caminhada e a caminhabilidade como um tópico distinto quanto à organização das informações.

O objetivo principal do artigo é desenvolver um quadro conceitual que valide a relevância da caminhada e da caminhabilidade como um tema de pesquisa nas cidades inteligentes e propor um modelo de índice composto de utilidade apresentado na tabela 3.15.

Tabela 3.15: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade no contexto da cidade inteligente.

| <b>INDICADORES: Ambiente construído</b>                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Presença de calçada                                                                 |
| Largura apropriada da calçada para pedestres, cadeiras de rodas e carrinhos de bebê |
| Congestionamento de caminho com obstáculos                                          |
| Material usado para calçada                                                         |
| Parada abrupta                                                                      |
| Presença de sombra                                                                  |
| Presença de árvores e paisagismo                                                    |
| Presença de mobiliário urbano                                                       |
| Presença de um meio-fio                                                             |
| Altura de um meio-fio (facilidade de subir ou descer)                               |
| Presença de rampas e declives adequados                                             |
| Presença de semáforos adequados para facilitar a travessia                          |
| Volume de tráfego                                                                   |
| Pontos de congestionamento e cruzamentos de tráfego                                 |
| Níveis de ruído                                                                     |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

|                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Presença de usos mistos apropriados                                                                                                              |
| Presença de pontos de descanso                                                                                                                   |
| <b>INDICADORES: Infraestrutura de TIC</b>                                                                                                        |
| Conectividade de internet na cidade                                                                                                              |
| Pontos de conexão Wi-Fi gratuitos                                                                                                                |
| Sistemas de gestão de tráfego e emergências melhorados pelas TIC                                                                                 |
| Aplicações de cidades inteligentes                                                                                                               |
| Nós públicos para mobilização (pontos de carregamento, unidades de diagnóstico métrico)                                                          |
| Disponibilidade de dispositivos de acesso público para acessar informações                                                                       |
| <b>INDICADORES: Quadros Regulatórios</b>                                                                                                         |
| Existência de estratégias a nível municipal que apoiem o uso de caminhadas utilitárias e não utilitárias                                         |
| Existência de estratégias a nível municipal concebidas para estimular o desenvolvimento de infra-estruturas favoráveis aos deslocamentos a pé    |
| Regulamentos sobre invasão de calçadas em usos vizinhos                                                                                          |
| Regulamentos sobre infraestrutura de edifícios adjacentes em relação à calçada (exaustão de unidades de ar condicionado e linhas de gotejamento) |
| Regulamentos sobre a largura das calçadas                                                                                                        |
| Regras sobre a prioridade de passagem dos pedestres                                                                                              |
| Execução da prioridade de passagem e segurança dos pedestres                                                                                     |
| Regras sobre a largura dos caminhos e a altura dos passeios obrigatórios                                                                         |

Fonte: Adaptado de Visvizi *et al.*, 2021.

### 3.2.12 Índice de caminhabilidade em Microescala

A pesquisa apresenta um novo Índice de Caminhabilidade em Microescala para avaliar e classificar a facilidade de locomoção pedonal em 59 centros urbanos europeus. O estudo de Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023) enfatiza a importância do desenho urbano ao nível da rua para promover a caminhada, além de fatores ambientais de macro nível.

O Índice proposto é composto por três dimensões de avaliação: ambiente da calçada, travessia de pedestres e nível da paisagem urbana, conforme apresentado na Tabela 3.16. A pesquisa também explora a relação entre os resultados do Índice e variáveis socioeconômicas e ambientais das cidades

Tabela 3.16: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade em Microescala.

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| <b>INDICADORES: nível da paisagem urbana</b>          |
| Predominância de uso do solo comercial/Entretenimento |
| Presença de parque/Praça                              |
| Presença de parada de transporte público              |
| Presença de ciclovias                                 |
| Edifícios bem conservados                             |
| Ausência de pichações                                 |
| <b>INDICADORES: travessia de pedestres</b>            |
| Sinal de caminhada                                    |
| Rampas de meio-fio em ambos os lados                  |
| Faixa de pedestres                                    |
| <b>INDICADORES: ambiente da calçada</b>               |
| Presença de calçadas                                  |
| Calçadas bem conservadas                              |
| Presença de ao menos um assento público               |
| Bastante iluminação pública                           |
| Árvores e cobertura aérea (>75%)                      |
| Calçada larga (>3 m)                                  |

Fonte: Adaptado de Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023.

3.2.13 Índice de caminhabilidade incluindo a percepção dos pedestres sobre o ambiente construído

O estudo propõe uma metodologia para calcular um índice de caminhabilidade com base na percepção dos indivíduos sobre as características da infraestrutura pe-donal, usando o estudo de caso dos arredores da estação ferroviária de Milano Rogo-redo, na cidade de Milão, na Italia.

O objetivo do estudo de Trolese; De fabiis; Coppola (2023) foi de fornecer uma visão mais realista da área de influência de um nó de transporte (estação de um mo-dal) e identificar políticas para melhorar a acessibilidade pedonal.

Tabela 3.17: Tabela resumo do Índice de caminhabilidade incluindo a percepção dos pedestres sobre o ambiente construído.

|                                          |
|------------------------------------------|
| <b>INDICADORES: infraestrutura</b>       |
| Largura da calçada                       |
| <b>INDICADORES: atração</b>              |
| Pontos de interesse                      |
| <b>INDICADORES: conflitos veiculares</b> |
| Intersecções                             |
| Travessias de pedestres                  |
| Faixas de carros                         |
| <b>INDICADORES: ambiente urbano</b>      |
| População                                |
| Áreas verdes e vegetação                 |
| Elevação dos edifícios                   |
| Iluminação                               |
| Bancos (mobiliário urbano)               |
| Fontes                                   |

Fonte: Adaptado de Trolese; de Fabiis; Coppola, 2023.

Para essa pesquisa, houve uma seleção de características previamente identificadas na literatura relacionadas à infraestrutura em áreas urbanas para a caminhabilidade. As características que foram divididas em 4 grupos (Infraestrutura, atração, conflitos veiculares e ambiente urbano), apresentadas na Tabela 3.17, foram selecionadas com base na disponibilidade de dados de acesso aberto e com o escopo de propor uma metodologia que seja fácil de ser transferida para outros contextos.

### 3.2.14 Índice para avaliar a qualidade do ambiente pedonal

O estudo de Anapakula; Eranki (2021) descreve o desenvolvimento e a aplicação de um índice para avaliar o ambiente pedonal, com o objetivo de guiar as autoridades locais na tomada de decisões e priorização de investimentos para melhorias. O estudo de caso ocorre na cidade de Bangalor, capital da Carnataca, ao sul da Índia, e destaca a importância de considerar tanto as características físicas do ambiente como a percepção do público, para promover a caminhada e melhorar a qualidade de vida nas cidades.

Tal qual apresentado na Tabela 3.18, para os indicadores, foram identificados cinco domínios: segurança nas interseções, tráfego, desenho urbano, percepção de segurança e condições geográficas, considerando a relevância para o contexto indiano.

Tabela 3.18: Tabela resumo do Índice para avaliar a qualidade do ambiente pedonal.

| <b>INDICADORES: segurança nas interseções</b>               |
|-------------------------------------------------------------|
| Faixa de pedestres                                          |
| Travessia por passarela                                     |
| Sinais de trânsito                                          |
| Disputa na travessia de pedestres                           |
| Recursos de moderação de tráfego ( <i>traffic calming</i> ) |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

| <b>INDICADORES: tráfego</b>                         |
|-----------------------------------------------------|
| Número de faixas                                    |
| Tráfego bidirecional                                |
| Limite de velocidade                                |
| Volume de tráfego                                   |
| Obstruções de trânsito (como estacionamento na rua) |
| <b>INDICADORES: desenho urbano</b>                  |
| Largura da calçada                                  |
| Condição da superfície da calçada                   |
| Obstruções na calçada                               |
| Árvores                                             |
| Presença de balizadores                             |
| Assentos públicos                                   |

Fonte: Adaptado de Anapakula; Eranki, 2021.

### 3.2.15 Índice Composto de Caminhabilidade para Peel

A região de Peel, em Ontário, Canadá, é uma área suburbana com crescimento rápido e tem um ambiente construído que desencoraja o transporte ativo. O estudo de Mukhtar *et al.* (2019) apresenta um estudo sobre o desenvolvimento de um Índice composto de Caminhabilidade para a região de Peel com o objetivo de avaliar e monitorizar as características do ambiente construído que incentivam a caminhada. O índice é composto é construído com base em 14 indicadores que consideram densidade, diversidade e conectividade conforme apresentado na Tabela 3.19.

Tabela 3.19: Tabela resumo do Índice Composto de Caminhabilidade para Peel.

| INDICADORES                                                         |
|---------------------------------------------------------------------|
| Densidade residencial                                               |
| Densidade populacional                                              |
| Densidade populacional mais emprego                                 |
| Proximidade dos moradores ao destino frequente                      |
| Proximidade dos moradores aos espaços verdes                        |
| Proximidade dos moradores às lojas de alimentos                     |
| Proximidade dos moradores às escolas                                |
| Proximidade dos moradores aos serviços comunitários e de varejo     |
| Diversidade de uso do solo                                          |
| Diversidade de estoque de moradias                                  |
| Densidade de intersecções                                           |
| Porcentagem de calçadas com copa de árvores                         |
| Proximidade dos moradores às redes de bicicletas                    |
| Porcentagem de estradas locais com velocidades inferiores a 40 km/h |

Fonte: Adaptado de Mukhtar *et al.*, 2019.

### 3.2.16 Índice de caminhabilidade para uma cidade grega de médio porte

Os autores Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023) apresentam um estudo sobre a construção e aplicação de um índice de caminhabilidade na cidade de Larissa, na Grécia, com o objetivo de fornecer uma ferramenta para avaliar e melhorar a qualidade do ambiente urbano para pedestres. O estudo destaca a importância de diversos parâmetros, como o uso misto do solo, a densidade residencial e a condição das calçadas, na promoção da caminhada e no desenvolvimento de cidades mais sustentáveis. De maneira sintética, o estudo utiliza de apenas cinco indicadores apresentados na Tabela 3.20

Tabela 3.20: Tabela resumo do Índice de Caminhabilidade para uma cidade grega de médio porte.

| INDICADORES                       |
|-----------------------------------|
| Densidade residencial             |
| Variedade do uso do solo          |
| Conectividade                     |
| Condições das calçadas            |
| Áreas amigáveis para os pedestres |

Fonte: Adaptado de Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023.

### 3.3 RESUMO DOS INDICADORES PARA CALÇADAS SUSTENTÁVEIS

Não existe uma ferramenta única para medir qualitativamente a infraestrutura das calçadas, pois diferentes grupos da sociedade, condições ambientais e necessidades distintas exigem diferentes abordagens (Moayed *et al.*, 2013). Porém, o levantamento de dados sobre indicadores fundamentais trouxe importante contribuição para a abrangência do conjunto proposto, ao passo que foram considerados estudos que direcionaram suas pesquisas para idosos, mulheres e crianças, que são reconhecidamente os grupos que requerem mais cuidados no espaço urbano (Gehl, 2013; Alves *et al.*, 2020; Molina-García *et al.*, 2020; Golan *et al.*, 2019). Hipoteticamente, um conjunto de indicadores adequado para os três grupos, será adequado para todos os sujeitos no ambiente urbano.

Em cada pesquisa foram determinados os indicadores de acordo com as finalidades e é plausível afirmar que muitos destes se repetem. Também é possível identificar semelhanças em seus propósitos. Por exemplo, o que Mayne *et al.* (2013); Alves *et al.* (2020); Molina-García *et al.* (2020); Lam *et al.* (2022) denominam de *land use mix* (“Variedade no uso do solo”), Ribeiro; Hoffmann (2018); Tsiompras; Photis (2017) chamam de *Entropy Index* (“Índice de entropia”) e, com a leitura dos artigos, pode-se inferir que as duas nomenclaturas compartilham propósito semelhante. Dessa maneira, na Tabela 3.21 a seguir, serão apresentados os indicadores encontrados, relacionados aos autores das pesquisas, com o intuito de destacar aqueles que foram abordados em mais de um trabalho. Esses últimos, apresentados nas pesqui-

sas presumidamente mais influentes, serão considerados para configurar o conjunto de indicadores para calçadas sustentáveis. De um total de 67 indicadores levantados, cuja importância deve ser acatada, 33 foram abordados em mais de uma pesquisa, sendo considerados por sua recorrência os mais significativos e, por essa razão, serão associados às dimensões ambiental, social, econômica e de governança, para a configuração de um conjunto de indicadores capaz de avaliar a sustentabilidade da infraestrutura das calçadas no ambiente urbano.

Tabela 3.21: Tabela resumo dos indicadores pesquisados.

| INDICADORES                                     | AUTORES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Qualidade da superfície para pedestres</b>   | Alves <i>et al.</i> (2020); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Anapakula; Eranki (2021); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023)                                                                                                                                                                              |
| <b>Existência e largura adequada da calçada</b> | Alves <i>et al.</i> (2020); Golan <i>et al.</i> (2019); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Trolese; De fabiis; Coppola (2023); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                                                     |
| <b>Densidade de Interseções</b>                 | Alves <i>et al.</i> (2020); Tsiompras; Photis (2017); Mayne <i>et al.</i> (2013); Molina-García <i>et al.</i> (2020); Lam <i>et al.</i> (2022); Al shammas; Escobar (2019); Ribeiro; Hoffmann (2018); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Trolese; De fabiis; Coppola (2023); Mukhtar <i>et al.</i> (2019)                                                                                  |
| Existência de escadas                           | Alves <i>et al.</i> (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Existência de obstáculos na calçada</b>      | Alves <i>et al.</i> (2020); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Variedade no uso do solo</b>                 | Alves <i>et al.</i> (2020); Tsiompras; Photis (2017); Mayne <i>et al.</i> (2013); Molina-García <i>et al.</i> (2020); Lam <i>et al.</i> (2022); Al shammas; Escobar (2019); Ribeiro; Hoffmann (2018); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023) |
| <b>Densidade de espaços verdes</b>              | Alves <i>et al.</i> (2020); Lam <i>et al.</i> (2022); Trolese; De fabiis; Coppola (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

| INDICADORES                                                     | AUTORES                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Existência de mobiliário urbano</b>                          | Alves <i>et al.</i> (2020); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                 |
| <b>Qualidade da iluminação pública</b>                          | Alves <i>et al.</i> (2020); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Trolese; De fabiis; Coppola (2023)         |
| <b>Diversidade de placas informativas</b>                       | Alves <i>et al.</i> (2020); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023)                                                                           |
| <b>Proximidade de destinos frequentes e pontos de interesse</b> | Tsiompras; Photis (2017); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Molina-García <i>et al.</i> (2020); Trolese; De fabiis; Coppola (2023)                                                        |
| <b>Densidade populacional</b>                                   | Tsiompras; Photis (2017); Lam <i>et al.</i> (2022); Al shammas; Escobar (2019); Trolese; De fabiis; Coppola (2023); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023) |
| <b>Densidade residencial</b>                                    | Mayne <i>et al.</i> (2013); Molina-García <i>et al.</i> (2020); Ribeiro; Hoffmann (2018); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023)                           |
| <b>Número de faixas de tráfego</b>                              | Molina-García <i>et al.</i> (2020); Trolese; De fabiis; Coppola (2023); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                      |
| <b>Faixa de estacionamento na rua</b>                           | Molina-García <i>et al.</i> (2020); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                                                          |
| Travessias elevadas                                             | Molina-García <i>et al.</i> (2020)                                                                                                                                                    |
| Características positivas da paisagem urbana                    | Molina-García <i>et al.</i> (2020)                                                                                                                                                    |
| Estética e características sociais                              | Molina-García <i>et al.</i> (2020)                                                                                                                                                    |
| <b>Qualidade dos cruzamentos</b>                                | Molina-García <i>et al.</i> (2020); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023)                                                                                 |
| Densidade de calçadas                                           | Lam <i>et al.</i> (2022)                                                                                                                                                              |
| <b>Densidade e presença de paradas de Transporte público</b>    | Lam <i>et al.</i> (2022); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023)                                                                              |
| Medo do crime                                                   | Golan <i>et al.</i> (2019)                                                                                                                                                            |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

| INDICADORES                                  | AUTORES                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Presença de moradores de rua ou acampamentos | Golan <i>et al.</i> (2019)                                                                                                                                                                          |
| Limpeza de ruas e calçadas                   | Golan <i>et al.</i> (2019)                                                                                                                                                                          |
| <b>Volume de tráfego de veículos</b>         | Golan <i>et al.</i> (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                    |
| <b>Parques e espaços abertos</b>             | Golan <i>et al.</i> (2019); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023)                      |
| <b>Tipo de comércio na rua</b>               | Golan <i>et al.</i> (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                            |
| Estacionamentos e garagens fora da rua       | Golan <i>et al.</i> (2019)                                                                                                                                                                          |
| <b>Ocorrência de grafites e pichações</b>    | Golan <i>et al.</i> (2019); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023)                                                                                                                        |
| <b>Rampas de meio-fio</b>                    | Golan <i>et al.</i> (2019); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023)                                                           |
| <b>Declives</b>                              | Golan <i>et al.</i> (2019); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                             |
| <b>Ruído urbano</b>                          | Al shammas; Escobar (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                            |
| <b>Condições de sombra/sol</b>               | Al shammas; Escobar (2019); Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                             |
| <b>Velocidade de trânsito</b>                | Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Anapakula; Eranki (2021); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023)                                            |
| <b>Barreiras e balizadores</b>               | Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                                                                             |
| Menos faixas de tráfego                      | Labdaoui <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                                       |
| Travessia no meio do quarteirão              | Labdaoui <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                                       |
| <b>Paisagem e árvores</b>                    | Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Anapakula; Eranki (2021); Mukhtar <i>et al.</i> (2019) |
| <b>Marcação de faixa de pedestres</b>        | Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                           |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

| INDICADORES                                                                                                                                  | AUTORES                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Espaços sociais (cafés)                                                                                                                      | Labdaoui <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                     |
| <b>Sanitários públicos</b>                                                                                                                   | Labdaoui <i>et al.</i> (2021); Reisi; Nadoushan; Aye (2019)                                                                                                                       |
| Distância de travessia mais curta                                                                                                            | Labdaoui <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                     |
| <b>Disponibilidade de travessia</b>                                                                                                          | Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Visvizi <i>et al.</i> (2021); Trolese; De fabiis; Coppola (2023)                                                                                    |
| Instalações para pessoas com deficiência                                                                                                     | Reisi; Nadoushan; Aye (2019)                                                                                                                                                      |
| <b>Presença de semáforos adequados para facilitar a travessia</b>                                                                            | Visvizi <i>et al.</i> (2021); Anapakula; Eranki (2021)                                                                                                                            |
| <b>presença de bancos e pontos de descanso</b>                                                                                               | Visvizi <i>et al.</i> (2021); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Trolese; De fabiis; Coppola (2023); Anapakula; Eranki (2021); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023) |
| Conectividade de internet na cidade                                                                                                          | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Pontos de conexão Wi-Fi gratuitos                                                                                                            | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Sistemas de gestão de tráfego e emergências melhorados pelas TIC                                                                             | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Aplicações de cidades inteligentes                                                                                                           | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Nós públicos para mobilização (pontos de carregamento, unidades de diagnóstico métrico)                                                      | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Disponibilidade de dispositivos de acesso público para acessar informações                                                                   | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Existência de estratégias a nível municipal que apoiem o uso de caminhadas utilitárias e não utilitárias                                     | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Existência de estratégias a nível municipal concebidas para estimular o desenvolvimento de infraestruturas favoráveis aos deslocamentos a pé | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Regulamentos sobre invasão de calçadas em usos vizinhos                                                                                      | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |
| Regulamentos sobre infraestrutura de edifícios adjacentes em relação à calçada                                                               | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                      |

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

| INDICADORES                                                              | AUTORES                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Regulamentos sobre a largura das calçadas                                | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                        |
| Regras sobre a prioridade de passagem dos pedestres                      | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                        |
| Execução da prioridade de passagem e segurança dos pedestres             | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                        |
| Regras sobre a largura dos caminhos e a altura dos passeios obrigatórios | Visvizi <i>et al.</i> (2021)                                                                                        |
| <b>Presença de ciclovias</b>                                             | Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Beltsiou; Gemenetzi; Manetos (2023) |
| Edifícios bem conservados                                                | Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023)                                                                    |
| Elevação dos edifícios                                                   | Trolese; De fabiis; Coppola (2023)                                                                                  |
| Presença de fontes                                                       | Trolese; De fabiis; Coppola (2023)                                                                                  |
| Travessia por passarela                                                  | Anapakula; Eranki (2021)                                                                                            |
| Recursos de moderação de tráfego (traffic calming)                       | Anapakula; Eranki (2021)                                                                                            |
| Tráfego bidirecional                                                     | Anapakula; Eranki (2021)                                                                                            |

Fonte: Autor.

## 4 INDICADORES PARA CALÇADAS SUSTENTÁVEIS

Neste capítulo serão apresentados os resultados deste trabalho, ou seja, o conjunto de indicadores para calçadas sustentáveis baseado nas pesquisas mais influentes recentemente publicadas na base de dados *Scopus*.

Os indicadores revelados no capítulo anterior serão associados e justificados para cada dimensão da sustentabilidade com o propósito de que a infraestrutura das calçadas possam ser analisadas separadamente sob a óptica ambiental, social, econômica e de governança.

### 4.1 PILARES DA SUSTENTABILIDADE

O conceito de desenvolvimento sustentável é multifacetado e evoluiu ao longo do tempo. Segundo o relatório de Brundtland (1987), o desenvolvimento sustentável visa atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades. Essa definição influenciou as definições posteriores de sustentabilidade urbana. Para a autora, as cidades desempenham um papel crucial na busca pela sustentabilidade pois elas são centros de atividade econômica, social e cultural, onde a maioria da população mundial vive e onde grande parte do consumo de recursos e da produção de resíduos ocorre.

A sustentabilidade urbana deve assegurar um equilíbrio entre o desenvolvimento social, econômico, ambiental e físico (Sharifi, 2021). Isso significa que as ações de desenvolvimento devem considerar não apenas o crescimento econômico, mas também o bem-estar social, a proteção ambiental e a qualidade de vida das pessoas.

Neste sentido é possível destacarmos a importância da governança para o desenvolvimento urbano sustentável, ao passo que essa deve garantir que os recursos sejam utilizados de forma eficiente, que as necessidades da sociedade sejam atendidas, que as decisões sejam tomadas de forma transparente e participativa, e que os impactos ambientais sejam minimizados (Sharifi, 2021). A governança, portanto, é

um pilar essencial para a construção de cidades mais justas, inclusivas, resilientes e sustentáveis.

## 4.2 CONJUNTO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA CALÇADAS

Posteriormente à revisão dos conceitos e definições das dimensões da sustentabilidade abordadas nesse trabalho, foi possível relacionar cada indicador destacado na Tabela 3.21 para uma das dimensões citadas. Os indicadores da tabela citada foram evidenciados por terem sido tratados em mais de uma pesquisa considerada significativa, sendo depreendido sua relevância global para a temática da qualificação da infraestrutura das calçadas. Por contrapartida, foi inferido que os indicadores citados apenas uma vez, seriam específicos à singularidade do tema de certos trabalhos. Ao final, foram obtidos 33 indicadores associados da seguinte maneira:

- 7 indicadores relacionados com a dimensão **ambiental**;
- 11 indicadores relacionados com a dimensão **social**;
- 7 indicadores relacionados com a dimensão **econômica**;
- 8 indicadores relacionados com a dimensão **de governança**.

### 4.2.1 Indicadores ambientais

A dimensão ambiental no desenvolvimento urbano sustentável refere-se a um conjunto de práticas e objetivos que visam a minimizar o impacto negativo das cidades no meio ambiente, garantindo que o crescimento urbano não comprometa a saúde do planeta e a qualidade de vida das futuras gerações (Zeng *et al.*, 2022). Além disso, relacionados a infraestrutura das calçadas, serão práticas que visem também a melhoria da qualidade do ar; uso eficiente de recursos naturais em busca de mais valor com menos consumo; a promoção de sistemas de transporte mais ecológicos, com foco no transporte público, ativo e nas necessidades das pessoas mais vulneráveis no ambiente urbano; a capacidade da infraestrutura de se adaptar e se recuperar de desastres e eventos climáticos extremos; mitigação dos efeitos da mudança climática

através da redução de emissões de gases de efeito estufa e melhoria da drenagem urbana (Ipea, 2018); assim como a manutenção e melhoria da capacidade dos serviços ecossistêmicos de infraestrutura verde e ecologia urbana (Sharifi, 2021), todos consonantes com os indicadores apresentados na Tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão ambiental.

| INDICADORES AMBIENTAIS                 |
|----------------------------------------|
| Qualidade da superfície para pedestres |
| Densidade de espaços verdes            |
| Parques e espaços abertos              |
| Declives                               |
| Ruído urbano                           |
| Condições de sombra/sol                |
| Paisagem e árvores                     |

Fonte: Autor.

- **Qualidade da superfície para pedestres:** Tem o objetivo de avaliar o quão adequado um espaço é para a caminhada, particularmente para os grupos mais vulneráveis (Alves *et al.*, 2020; Labdaoui *et al.*, 2021; Visvizi *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Anapakula; Eranki, 2021; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). O seu estado pode influenciar a decisão de um indivíduo de usar ou não esse espaço, e a aplicação de materiais adequados poderá contribuir para a drenagem urbana. Os dados podem ser adquiridos através de métodos de observação direta e avaliações no local.
- **Densidade de espaços verdes:** É uma métrica utilizada para avaliar a presença e a quantidade de áreas verdes em um determinado local (Alves *et al.*, 2020; Lam *et al.*, 2022; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023). Poderá ser calculada como a proporção da área total dedicada a esses espaços, como parques públicos, jardins e florestas, em relação à área total da zona em análise.
- **Parques e espaços abertos:** Mede a disponibilidade e a acessibilidade de áreas verdes e recreativas dentro de um determinado local (Golan *et al.*, 2019; Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Bartzokas-Tsiompras; Bakogian-

nis; Nikitas, 2023; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). Este indicador considera a influência que esses espaços têm sobre a atividade física, saúde mental, conforto térmico e qualidade ambiental.

- **Declives:** Avalia a inclinação do terreno em áreas urbanas no intuito de considerar o esforço físico necessário para caminhar que afete a segurança e o conforto dos pedestres (Golan *et al.*, 2019; Labdaoui *et al.*, 2021; Visvizi *et al.*, 2021). A medição do declive, indicando a razão entre a diferença de altura e a distância horizontal, pode ser realizada através de diversas técnicas, incluindo ferramentas de SIG e modelos digitais de elevação.
- **Ruído urbano:** Avalia os níveis de som em áreas urbanas, à medida que níveis elevados de ruído podem desencorajar o uso de espaços públicos, além de impactar negativamente a saúde e o bem-estar (Al shammas; Escobar, 2019; Visvizi *et al.*, 2021). Os níveis de ruído podem ser ponderados ao longo de períodos específicos para calcular médias de longo prazo medida em decibéis (dB) e poderá ser feita através de mapas de ruído, estações de monitorização e aparelhos de medição portáteis.
- **Condições de sombra/sol:** Avalia a presença ou ausência de sombra e luz solar em espaços urbanos, sendo um fator determinante para o conforto térmico (Al shammas; Escobar, 2019; Labdaoui *et al.*, 2021; Visvizi *et al.*, 2021). A medição deste indicador pode ser realizada através de modelagem tridimensional, análise de imagens e observações em campo, sendo esta última mais trabalhosa e menos precisa para cobrir grandes áreas.
- **Paisagem e árvores:** Avalia a presença e a qualidade de elementos naturais e paisagísticos, como árvores, vegetação e espaços verdes, em ambientes urbanos, reconhecendo a sua importância para o conforto e a estética (Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Visvizi *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Anapakula; Eranki, 2021; Mukhtar *et al.*, 2019). A medição pode ser feita através de observações em campo, análise de imagens aéreas ou de satélite, e dados SIG.

#### 4.2.2 Indicadores sociais

A dimensão social no desenvolvimento urbano sustentável refere-se à busca por equidade, inclusão, justiça social e bem-estar para todos os habitantes das cidades (Zeng *et al.*, 2022). Ademais, visa garantir que o desenvolvimento urbano beneficie a todos, especialmente os mais vulneráveis, promovendo a igualdade de oportunidades e o acesso a serviços básicos das funções sociais da cidade e a uma qualidade de vida digna.

Os principais aspectos da dimensão social no desenvolvimento urbano sustentável, para a infraestrutura das calçadas, segundo o Ipea (2018) incluem o direito de que todos os cidadãos, independentemente de sua origem, gênero, raça, etnia ou condição socioeconômica, tenham acesso igualitário às oportunidades e aos frutos do desenvolvimento, e essa inclusão também está relacionada com a acessibilidade e a garantia de que o ambiente urbano seja acessível para todos, incluindo pessoas com deficiência, idosos e outros grupos vulneráveis.

A mobilidade urbana é um elemento chave da dimensão social, pois garante o acesso a oportunidades de emprego, educação, lazer e serviços de saúde. Além disso, engloba a segurança, com a tentativa de redução da criminalidade e a criação de espaços públicos acessíveis e seguros para todos, estimulando a promoção de hábitos saudáveis. Esses aspectos estão de acordo com os indicadores apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão social.

| INDICADORES SOCIAIS                     |
|-----------------------------------------|
| Qualidade da iluminação pública         |
| Diversidade de placas informativas      |
| Qualidade dos cruzamentos               |
| Tipo de comércio de rua                 |
| Ocorrência de grafites e pichações      |
| Rampas de meio-fio                      |
| Barreiras e balizadores                 |
| Disponibilidade de travessia            |
| Volume de tráfego de veículos           |
| Velocidade de trânsito                  |
| Presença de bancos e pontos de descanso |

Fonte: Autor.

- **Qualidade da iluminação pública:** Avalia a adequação e a eficácia da iluminação nas vias públicas, considerando a sua influência na segurança, no conforto e na caminhabilidade dos espaços urbanos (Alves *et al.*, 2020; Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023). A aferição pode ser realizada através de observações diretas, medições com equipamentos de iluminação, análise de imagens e dados de SIG.
- **Diversidade de placas informativas:** Avalia a variedade e a qualidade das placas de sinalização e informação disponíveis nos espaços públicos, com foco na sua importância para a orientação, segurança e experiência dos pedestres (Alves *et al.*, 2020; Labdaoui *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023). A medição pode ser feita através de checagem no local, análise de fotos e vídeos, e uso de sistemas de SIG para mapear a localização e características das placas.
- **Qualidade dos cruzamentos:** Avalia a segurança, a acessibilidade e o conforto dos cruzamentos para os pedestres, considerando vários fatores tais quais a

existência e visibilidade de faixas de pedestres e semáforos, rebaixamentos de guias ou travessia elevada, tempo disponível para a travessia, distância para cruzamento, e demais fatores que afetam a sua experiência ao atravessar as ruas (Molina-García *et al.*, 2020; Visvizi *et al.*, 2021; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). A medição pode ser feita através de observações no local, análise de mapas, fotos e vídeos, e uso de SIG para mapear a localização e características físicas dos cruzamentos.

- **Tipo de comércio de rua:** Refere-se ao quão convidativo e acessível para os pedestres se apresenta a variedade e a natureza dos estabelecimentos comerciais em uma rua ou área, considerando que diferentes tipos de negócios podem ter um impacto positivo ou negativo na experiência de caminhada (Golan *et al.*, 2019; Visvizi *et al.*, 2021). A medição do indicador pode ser determinada pelo cálculo do número de estabelecimentos de categorias pré-estabelecidas por área.
- **Ocorrência de grafites e pichações:** Avalia o impacto da presença de grafites e pichações nas ruas e espaços públicos e a percepção de segurança, bem como na qualidade geral do ambiente urbano Golan *et al.* (2019); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023). A medição da ocorrência de grafites e pichações pode ser feita através de inspeções visuais em campo, contabilizando a frequência e a extensão desses elementos em diferentes áreas da cidade.
- **Rampas de meio-fio:** Avalia a presença e a qualidade das rampas nas travessias das calçadas, que facilitam a acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida, como cadeirantes, idosos, pessoas com carrinhos de bebê entre outras (Golan *et al.*, 2019; Labdaoui *et al.*, 2021; Visvizi *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023). A avaliação da presença de rampas de meio-fio, bem como a qualidade da sua construção e sua inclinação, pode incluir inspeções visuais e medições em campo.
- **Barreiras e balizadores:** Considera a presença e o impacto de elementos físicos que podem obstruir ou direcionar o fluxo de pedestres em espaços urbanos, incluindo calçadas, ruas e áreas de lazer. Estes elementos podem ser tanto obstáculos que dificultam a passagem, como balizadores que organizam ou protegem o espaço para pedestres, influenciando significativamente a segurança Labdaoui *et al.* (2021); Anapakula; Eranki (2021). A avaliação de barreiras e

balizadores pode ser executada por inspeções visuais no local, medições das distâncias e larguras, e a análise do tipo e distribuição dos elementos.

- **Disponibilidade de travessia:** Avalia a existência e a adequação de locais seguros e acessíveis para pedestres cruzarem ruas e outros espaços com fluxo de veículos, buscando garantir que a infraestrutura urbana suporte a mobilidade a pé de forma segura e eficiente (Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Visvizi *et al.*, 2021; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023). A aferição deste indicador pode ser efetuada pela contagem e mapeamento das travessias existentes em uma determinada área e análise da distância entre as travessias, para verificar se estão adequadamente distribuídas para atender às necessidades dos pedestres.
- **Volume de tráfego de veículos:** Este indicador está relacionado com a intensidade do tráfego e o potencial de conflito entre veículos e pedestres. Um volume elevado de tráfego pode desencorajar a caminhada, aumentar os riscos de acidentes e afetar a qualidade do ambiente urbano (Golan *et al.*, 2019; Visvizi *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Anapakula; Eranki, 2021). A medição pode ser executada por contagem do número de veículos que circulam em uma determinada via ou área num período de tempo.
- **Velocidade de trânsito:** Avalia a rapidez com que os veículos se deslocam numa determinada área, sendo crucial para a segurança e conforto dos pedestres. A velocidade do trânsito, combinada com o volume de tráfego de veículos, influencia o risco de acidentes e a percepção de segurança (Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Anapakula; Eranki, 2021; Mukhtar *et al.*, 2019; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). Este indicador poderá ser medido por meio do uso de radares e outros equipamentos de monitorização de velocidade para determinar a velocidade média dos veículos motorizados.
- **Presença de bancos e pontos de descanso:** Avalia a disponibilidade e a qualidade de espaços de descanso para pedestres em áreas urbanas. Estes espaços são importantes para o conforto e a acessibilidade, incentivando caminhadas mais longas e tornando os espaços públicos mais inclusivos, especialmente para idosos, pessoas com mobilidade reduzida e outros que necessitam de pausas durante os percursos (Visvizi *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023; Anapakula; Eranki, 2021; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). A medição pode envolver a contagem

do número de bancos e pontos de descanso em uma determinada área, assim como distância entre os pontos de descanso.

4.2.3 Indicadores econômicos

A dimensão econômica no desenvolvimento urbano sustentável refere-se à busca por um crescimento econômico que seja inclusivo, sustentável e que promova a prosperidade de todos os habitantes das cidades, sem comprometer a qualidade de vida, os recursos naturais e o bem-estar das futuras gerações (Sharifi, 2021).

No caso da infraestrutura das calçadas no ambiente urbano, inclui o acesso à atividades econômicas que sejam variadas, ambientalmente responsáveis, que gerem empregos dignos e que contribuam para a melhoria da qualidade de vida (Ipea, 2018). Além do mais, o desenvolvimento de infraestruturas resilientes para garantir a segurança e o funcionamento da economia urbana, incluindo um sistema de transportes que seja confiável, sustentável e capaz de resistir a choques e desastres; Para Tsiompras; Photis (2017), a garantia da conectividade relacionada aos deslocamentos possíveis entre as origens e destinos nas cidades também denotam a dimensão econômica do desenvolvimento urbano sustentável, cujos indicadores selecionados estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão econômica.

| INDICADORES ECONÔMICOS                                   |
|----------------------------------------------------------|
| Existência e largura adequada da calçada                 |
| Densidade de Interseções                                 |
| Variedade no uso do solo                                 |
| Proximidade de destinos frequentes e pontos de interesse |
| Densidade populacional                                   |
| Densidade residencial                                    |
| Densidade de Transporte público                          |

Fonte: Autor.

- **Existência e largura adequada da calçada:** Avalia a presença de passeios e a adequação de suas dimensões, sendo um fator essencial a segurança e conforto dos pedestres (Alves *et al.*, 2020; Golan *et al.*, 2019; Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Visvizi *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023; Anapakula; Eranki, 2021). A existência de calçadas no ambiente urbano será fundamental para o serviço adequado no sistema de mobilidade urbana e consequente possibilidade de conexões econômicas (Reis; Vêras, 2024). A medição pode ser feita através de observações diretas no local, registrando a presença ou ausência, a largura e a continuidade das calçadas, uso de ferramentas de SIG para mapear e analisar a extensão e as características das calçadas em uma área maior, fotos e vídeos, e a consulta de normas e diretrizes de planejamento urbano para garantir que as calçadas cumpram os requisitos mínimos de largura.
- **Densidade de Interseções:** Avalia a frequência com que as ruas se cruzam em uma determinada área (Alves *et al.*, 2020; Tsiompras; Photis, 2017; Mayne *et al.*, 2013; Molina-García *et al.*, 2020; Lam *et al.*, 2022; Al shammas; Escobar, 2019; Ribeiro; Hoffmann, 2018; Visvizi *et al.*, 2021; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023; Mukhtar *et al.*, 2019). Este indicador influencia a conectividade da rede viária e a escolha de rotas para os pedestres, ao passo que uma alta densidade de interseções geralmente indica uma malha viária mais permeável e amigável para pedestres, enquanto uma baixa densidade pode levar a percursos mais longos e menos diretos. A medição poderá ser feita com recursos de SIG, que permitem mapear e analisar a relação entre a quantidade de interseções por área.
- **Variedade no uso do solo:** Relativo a diversidade de atividades e funções presentes numa determinada área (Alves *et al.*, 2020; Tsiompras; Photis, 2017; Mayne *et al.*, 2013; Molina-García *et al.*, 2020; Lam *et al.*, 2022; Al shammas; Escobar, 2019; Ribeiro; Hoffmann, 2018; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Visvizi *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Mukhtar *et al.*, 2019; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). Uma alta variedade de uso do solo geralmente indica que os pedestres podem encontrar diversos destinos, serviços e atividades nas proximidades, incentivando a caminhada, enquanto uma baixa variedade pode levar a ambientes monótonos e menos convidativos. Os dados sobre uso do solo podem ser obtidos a partir de cadastros municipais, levantamentos de campo, ou bases de dados de SIG.

- **Proximidade de destinos frequentes e pontos de interesse:** Avalia a acessibilidade a pé a locais que as pessoas visitam regularmente e a pontos de interesse relevantes, como comércios, serviços, espaços de lazer e transportes públicos. Este indicador influencia a conveniência e a atratividade de uma área para os pedestres (Tsiompras; Photis, 2017; Mukhtar *et al.*, 2019; Molina-García *et al.*, 2020; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023). A medição da proximidade a destinos e pontos de interesse pode ser feita através de ferramentas de SIG, para calcular as distâncias entre diferentes pontos e destinos.
- **Densidade populacional:** Relativo a concentração de pessoas numa determinada área, geralmente expressa pelo número de habitantes por unidade de área (Tsiompras; Photis, 2017; Lam *et al.*, 2022; Al shammas; Escobar, 2019; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023; Mukhtar *et al.*, 2019; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). Os dados populacionais são geralmente obtidos através de censos demográficos e registos municipais.
- **Densidade residencial:** Avalia a concentração de unidades habitacionais numa determinada área, medindo o número de residências por unidade de área (Mayne *et al.*, 2013; Molina-García *et al.*, 2020; Ribeiro; Hoffmann, 2018; Mukhtar *et al.*, 2019; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). Assim como os dados relacionados à densidade populacional, os dados sobre o número de domicílios podem ser obtidos através de censos demográficos e registos municipais.
- **Densidade e presença de paradas de Transporte público:** Considera a disponibilidade e acessibilidade do transporte público numa determinada área, combinando dois aspetos principais: a concentração de paradas de transporte público e a sua proximidade aos utilizadores Lam *et al.* (2022); Reisi; Nadoushan; Aye (2019); Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas (2023). Os dados sobre a localização das paradas podem ser obtidos através de bases de dados de operadores de transportes públicos ou de SIG disponíveis a nível municipal ou regional.

#### 4.2.4 Indicadores de governança

A gestão urbana eficiente e transparente é crucial para o desenvolvimento sustentável. Isso envolve a alocação adequada de recursos, a implementação de políticas

públicas eficazes e o monitoramento constante dos resultados (Ipea, 2024). Para os autores, a dimensão de governança no desenvolvimento urbano sustentável trata de como as decisões são tomadas e implementadas, e como os diferentes atores se envolvem nesse processo, visando a criação de cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Essa dimensão também aborda a forma como as cidades são administradas, planejadas e controladas, garantindo a participação social e a transparência (Sharifi, 2021).

Estando de acordo com os indicadores apresentados na Tabela 4.4, os aspectos da dimensão de governança relacionados às calçadas também dizem respeito à diversidade e inclusão, na medida que a governança urbana sustentável deve garantir a inclusão e a participação de todos os grupos sociais, especialmente os mais vulneráveis, como mulheres, crianças, pessoas com deficiência, idosos e minorias étnicas, e acesso a serviços básicos da cidade como o sistema de transportes. O ordenamento e monitoramento do espaço público das calçadas, seja por participação da sociedade civil ou por instituições públicas, também estão associados à dimensão de governança (Ipea, 2018).

Tabela 4.4: Tabela apresentando o conjunto de indicadores da dimensão de governança.

| INDICADORES DE GOVERNANÇA                                  |
|------------------------------------------------------------|
| Existência de obstáculos na calçada                        |
| Existência de mobiliário urbano                            |
| Número de faixas de tráfego                                |
| Faixa de estacionamento na rua                             |
| Marcação de faixa de pedestres                             |
| Sanitários públicos                                        |
| Presença de semáforos adequados para facilitar a travessia |
| Presença de ciclovias                                      |

Fonte: Autor.

- **Existência de obstáculos na calçada:** Verifica a presença de barreiras físicas que dificultam ou impedem a circulação livre e segura de pedestres nas calçadas (Alves *et al.*, 2020; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019; Visvizi *et al.*, 2021; Ana-

pakula; Eranki, 2021). Os obstáculos nas calçadas podem ser de diversos tipos incluindo elementos fixos tais quais mobiliário urbano mal posicionado, elementos arbóreos e parte de construções que invadam o espaço da calçada; elementos temporários como cones de sinalização, bicicletas estacionadas de forma desordenada, entulho acumulado e mesas e cadeiras que obstruam a calçada; e podem ser provenientes de problemas na superfície da calçada como irregularidades, buracos, fissuras, degraus altos ou mesmo a aplicação de material inadequado ou escorregadio na superfície da calçada. De toda maneira, exige ordenamento e planejamento urbano adequados. A medição e quantificação da existência de obstáculos na calçada pode ser feita através de observação direta no local, registo fotográfico ou por vídeo, uso de ferramentas de SIG e aplicação de questionários a pedestres para avaliar a sua percepção sobre os obstáculos existentes nas calçadas.

- **Existência de mobiliário urbano:** Avalia a presença e a qualidade dos elementos de mobiliário disponíveis nos espaços públicos, que oferecem suporte e conforto aos pedestres (Alves *et al.*, 2020; Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Naddoushan; Aye, 2019; Visvizi *et al.*, 2021). Os dados poderão ser levantados por meio de inspeção visual e, se disponível, ferramenta de SIG, para identificar e registar a presença, tipo e estado de conservação do mobiliário urbano, assim como a medição da distância entre os elementos do mobiliário.
- **Número de faixas de tráfego:** Refere-se à quantidade de faixas de rolamento disponíveis para veículos motorizados numa determinada via (Molina-García *et al.*, 2020; Trolese; De fabiis; Coppola, 2023; Anapakula; Eranki, 2021). A medição do número de faixas de tráfego pode ser feita por meio de contagem direta no local, análise de mapas e dados de autoridades de trânsito.
- **Faixa de estacionamento na rua:** Relativo à presença de espaços designados para o estacionamento de veículos ao longo de uma via pública, geralmente adjacentes à calçada. (Molina-García *et al.*, 2020; Anapakula; Eranki, 2021). Assim como o indicador referente aos obstáculos na calçada, requer ordenamento e planejamento urbano adequados. Os dados poderão ser levantados por inspeção visual para identificar a presença, localização e extensão das faixas de estacionamento ao longo de uma via, assim como a obtenção de informações sobre a utilização das faixas de estacionamento por meio de dados municipais de tráfego e de estacionamento.

- **Marcação de faixa de pedestres:** Avalia a presença e às características das marcações pintadas ou demarcadas no pavimento de uma via para indicar áreas destinadas à travessia de pedestres (Labdaoui *et al.*, 2021; Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Anapakula; Eranki, 2021). Os dados poderão ser levantados por meio de inspeção visual, cadastros em ferramentas de SIG e fotos aéreas.
- **Sanitários públicos:** Refere-se à disponibilidade e às características de instalações sanitárias acessíveis ao público em espaços urbanos. Este indicador influencia o conforto, a conveniência e a saúde dos pedestres (Labdaoui *et al.*, 2021; Reisi; Nadoushan; Aye, 2019). A medição deste indicador pode ser realizada através de observação direta, registrando a localização e a condição dos sanitários públicos, e também poderá ser feita através de mapeamento em SIG.
- **Presença de semáforos adequados para facilitar a travessia:** Avalia a disponibilidade e às características dos semáforos que auxiliam a travessia de pedestres em vias urbanas (Visvizi *et al.*, 2021; Anapakula; Eranki, 2021). A avaliação pode ser feita através de observação direta, verificando a presença, localização e funcionamento dos semáforos para pedestres, e a análise espacial através de mapeamento em SIG
- **Presença de ciclovias:** Refere-se à existência e às características das vias exclusivas ou preferenciais para ciclistas em áreas urbanas (Bartzokas-Tsiompras; Bakogiannis; Nikitas, 2023; Mukhtar *et al.*, 2019; Beltsiou; Gemenetzi; Manetos, 2023). A presença de ciclovias pode indiretamente beneficiar a caminhabilidade ao criar um ambiente urbano mais seguro, atraente e com menos tráfego de veículos. No entanto, é fundamental que o planejamento urbano considere as necessidades de todos os usuários, integrando as ciclovias com a infraestrutura para pedestres, garantindo que não haja conflitos e que ambos os modos de transporte sejam priorizados. A medição deste indicador pode ser realizada através de observação direta, verificando a presença e a condição das ciclovias, e por meio do uso de SIG, para permitir mapear as ciclovias, calcular sua extensão, sua conectividade e sua relação com outros elementos urbanos.

#### 4.2.5 Síntese dos resultados

A criação de indicadores sustentáveis para calçadas é importante para o desenvolvimento urbano, pois sobretudo incentiva o caminhar como meio de transporte, o que tem benefícios para o meio ambiente, a economia e a saúde pessoal. Além disso, indicadores sustentáveis para calçadas podem contribuir para a gestão municipal, através da definição de parâmetros para as infraestruturas pedonais na cidade. Foram considerados para a definição dos indicadores de calçadas encontrados nesse trabalho, tanto fatores objetivos quanto subjetivos.

Os fatores objetivos incluem características da infraestrutura da calçada, como largura, condição do pavimento, presença de obstáculos, mobiliário urbano e presença de vegetação. Também consideram a segurança direta do pedestre, incluindo a presença de faixas de pedestres, balizadores, sinalização, e velocidade do tráfego. Além disso, a densidade populacional, a diversidade de atividades comerciais e a conectividade das ruas também são fatores objetivos relevantes.

No caso dos fatores subjetivos, estão relacionados à percepção dos pedestres sobre o ambiente, incluindo conforto térmico, níveis de ruído urbano, sensação de segurança no espaço das calçadas e atratividade aos serviços oferecidos. Também podemos mencionar como fatores subjetivos a percepção das condições de sombra e sol, e a qualidade da iluminação pública.

Ao final dessa pesquisa, foram encontrados 33 indicadores de sustentabilidade para calçadas elaborados a partir da RSL e da metodologia escolhida, que puderam ser relacionados às dimensões ambiental, social, econômica e de governança da sustentabilidade. Portanto, é possível depreender que tais indicadores, apresentados reunidos na Tabela 4.5, são presumidamente adequados aos objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU.

Tabela 4.5: Tabela apresentando o conjunto de 33 indicadores de sustentabilidade para calçadas.

| <b>DIMENSÃO</b> | <b>INDICADORES</b>                                         |
|-----------------|------------------------------------------------------------|
| Ambiental       | Qualidade da superfície para pedestres                     |
|                 | Densidade de espaços verdes                                |
|                 | Parques e espaços abertos                                  |
|                 | Declives                                                   |
|                 | Ruído urbano                                               |
|                 | Condições de sombra/sol                                    |
|                 | Paisagem e árvores                                         |
| Social          | Qualidade da iluminação pública                            |
|                 | Diversidade de placas informativas                         |
|                 | Qualidade dos cruzamentos                                  |
|                 | Tipo de comércio de rua                                    |
|                 | Ocorrência de grafites e pichações                         |
|                 | Rampas de meio-fio                                         |
|                 | Barreiras e balizadores                                    |
|                 | Disponibilidade de travessia                               |
|                 | Volume de tráfego de veículos                              |
|                 | Velocidade de trânsito                                     |
|                 | Presença de bancos e pontos de descanso                    |
| Econômica       | Existência e largura adequada da calçada                   |
|                 | Densidade de Interseções                                   |
|                 | Variedade no uso do solo                                   |
|                 | Proximidade de destinos frequentes e pontos de interesse   |
|                 | Densidade populacional                                     |
|                 | Densidade residencial                                      |
|                 | Densidade de Transporte público                            |
| de Governança   | Existência de obstáculos na calçada                        |
|                 | Existência de mobiliário urbano                            |
|                 | Número de faixas de tráfego                                |
|                 | Faixa de estacionamento na rua                             |
|                 | Marcação de faixa de pedestres                             |
|                 | Sanitários públicos                                        |
|                 | Presença de semáforos adequados para facilitar a travessia |
|                 | Presença de ciclovias                                      |

Fonte: Autor.

Os indicadores classificados na Tabela 4.5 para cada dimensão da sustentabi-

lidade, por conta da subjetividade relativa a uma análise qualitativa, podem ser associados a mais de uma dimensão às quais foram classificadas.

Indicadores associados à dimensão social tais quais o tipo de comércio de rua, volume e velocidade de tráfego de veículos poderiam ser observados sob o ponto de vista da dimensão econômica. Contudo, em detrimento do consequente impacto econômico, por causa da perspectiva dos autores identificados como significativos após a RSL, foram destacados nesses indicadores os aspectos relacionados à sensação de segurança social, logo, dimensão social.

Da mesma maneira e também como exemplo, muito embora o indicador relacionado a existência e largura adequada da calçada tenha sido classificado como dimensão econômica, o seu impacto na dimensão social é inerente, ao passo que também pode estar associado à inclusão social, mobilidade e acessibilidade às calçadas.

Assim, o ponto de vista dos autores em cada pesquisa selecionada após a RSL foi determinante para a classificação final dos indicadores, mesmo que suas características apresentem ambiguidade quanto à dimensão adequada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento sustentável e a resiliência urbana são conceitos interligados e complementares, ambos essenciais para a construção de cidades mais seguras, inclusivas e prósperas. Ambos os conceitos compartilham objetivos, ao passo que visam garantir a qualidade de vida para as gerações presentes e futuras, o bem-estar da sociedade, a proteção do meio ambiente e o uso eficiente dos recursos naturais.

A busca pelo desenvolvimento sustentável também envolve a mitigação das mudanças climáticas, o que inclui a redução da vulnerabilidade a eventos extremos, como inundações, secas, tempestades, ondas de calor e frio, que podem causar danos significativos para as cidades e seus habitantes. Isso significa a implementação de medidas de prevenção, mitigação e resposta a desastres, bem como o desenvolvimento de tecnologias e práticas mais resilientes para as cidades.

Tal qual visto nessa pesquisa, os indicadores desempenham um papel crucial na avaliação e melhoria da caminhabilidade, ao fornecer métricas quantificáveis e qualitativas que ajudam a entender e aprimorar a experiência dos pedestres. A sua função é fundamental para orientar o planejamento urbano, políticas públicas e investimentos direcionados para criar ambientes mais propícios à caminhada. Contudo, o levantamento de informações para a criação de indicadores enfrenta diversos problemas, que podem ser agrupados em categorias como qualidade dos dados, disponibilidade, metodologia e subjetividade. Estes problemas podem afetar a precisão e a aplicabilidade dos resultados.

No resultado desse trabalho pode chamar a atenção a maior quantidade de indicadores relacionados à dimensão social, comparado às demais dimensões. No entanto, a maior presença de indicadores sociais de caminhabilidade pode refletir a centralidade da experiência humana e das interações sociais no ato de caminhar.

Sob o ponto de vista da experiência humana, esse trabalho evidenciou que não apenas a avaliação da infraestrutura das calçadas, suas conexões, e a experiência do ato de caminhar são suficientes para configurar a caminhabilidade. São significativos

também elementos urbanos acessórios tais quais sanitários públicos e bancos para descanso, que atribuem comodidade ao ato de caminhar, para além do pragmatismo utilitário do deslocamento entre origem e destino.

Finalmente, a classificação nas dimensões ambiental, social, econômica e de governança dos indicadores encontrados nesse estudo foi um desafio. Muito por conta da interconexão e sobreposição entre essas categorias. A atribuição a uma única dimensão ambiental ou social ou econômica ou de governança, pareceu reducionista, tornando indispensável a validação da aplicabilidade desse conjunto de indicadores em estudo de caso, para ratificação ou aprimoramentos.

## **5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir da determinação de indicadores adequados, será possível a construção de índices, ou seja, de medidas estatísticas mais complexas baseadas no conjunto de indicadores determinados. Após atribuição de métricas e pesos aos indicadores, posterior normalização, as dimensões determinadas neste trabalho poderiam se tornar valores que reflitam o nível de sustentabilidade das calçadas.

Seria recomendado integrar medidas objetivas do ambiente construído com avaliações subjetivas da experiência da caminhada, a medida que a inclusão da percepção dos utilizadores pode captar melhor as nuances da experiência da caminhada e melhorar a relevância dos índices para as necessidades reais dos pedestres. Isso pode ser feito através de associar o levantamento de dados a questionários, entrevistas ou uso de sensores para capturar a experiência do pedestre em tempo real.

Por fim, para trabalhos futuros poderá ser explorada a dimensão de resiliência da infraestrutura em conjunto com as determinadas nesse estudo, inclusive discorrer sobre a contribuição fundamental da drenagem urbana para a configuração das calçadas, de modo a evidenciar esse importante aspecto do desenvolvimento urbano sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABDELFATTAH, L.; DEPONTE, D.; FOSSA, G. The 15-minute city: interpreting the model to bring out urban resiliencies. **Transportation Research Procedia**, [S.l.], v.60, p.330–337, 1 2022.
- ABSHIRINI, E.; KOCH, D. Rivers as integration devices in cities. **City, Territory and Architecture**, [S.l.], v.3, 12 2016.
- AL SHAMMAS, T.; ESCOBAR, F. Comfort and time-based walkability index design: a gis-based proposal. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.l.], v.16, n.16, 2019.
- ALVES, F. et al. Walkability index for elderly health: a proposal. **Sustainability (Switzerland)**, [S.l.], v.12, n.18, 2020.
- ANAPAKULA, K. B.; ERANKI, G. A. Developing an index to evaluate the quality of pedestrian environment: case study application in an indian metro. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, [S.l.], v.11, 2021.
- ANTP, A. N. D. T. P. **Sistema de Informacoes da Mobilidade Urbana da Associacao Nacional de Transportes Públicos – Simob - Relatorio geral 2018**. [S.l.]: ANTP, 2020.
- ARRIGHI, C.; PREGNOLATO, M.; CASTELLI, F. Indirect flood impacts and cascade risk across interdependent linear infrastructures. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, [S.l.], v.21, p.1955–1969, 2021.
- ARUP; SIEMENS. **Resilient Urban Mobility**. 2013.
- BAHIA, L. O. **GUIA REFERENCIAL PARA CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE INDICADORES**. [S.l.]: Fundação Escola Nacional de Administração Pública, 2021.
- BARTZOKAS-TSIOMPRAS, A.; BAKOGIANNIS, E.; NIKITAS, A. Global microscale walkability ratings and rankings: a novel composite indicator for 59 european city centres. **Journal of Transport Geography**, [S.l.], v.111, 2023.
- BARTZOKAS-TSIOMPRAS, A. et al. Microscale walkability indicators for fifty-nine European central urban areas: an open-access tabular dataset and a geospatial web-based platform. **Data in Brief**, [S.l.], v.36, 2021.
- BELTSIOU, V.; GEMENETZI, G.; MANETOS, P. **Assessing walkability**: index construction and application to a medium-size greek city. 2023. v.436.
- BENEVOLO, L.; MAZZA, S. **História da cidade**. [S.l.]: Perspectiva, 2003.
- BERNARDES, G.; REZENDE, M.; ARAÚJO, S. M. S. D. AS CIDADES E AS ÁGUAS: ocupações urbanas nas margens de rios. **Revista de Geografia (Recife)**, [S.l.], v.33, p.119–135, 2016.

- BONATTO, D. D. A. M.; ALVES, F. B. Application of Walkability Index for Older Adults' Health in the Brazilian Context: the case of Vitória-es, Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.l.], v.19, n.3, 2022.
- BRADSHAW, C. Creating - And Using - A Rating System For Neighborhood Walkability Towards An Agenda For 'Local Heroes'. **14th International Pedestrian Conference, Boulder, Colorado**, [S.l.], 10 1993.
- 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 nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. Decreto nº 9.573, de 22 de novembro de 2018. Aprova a Política Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF, 2020.
- BRUNDTLAND, G. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: our common future**. 1987.
- BUCKO, A. G. et al. Walkability indices and children's walking behavior in rural vs. urban areas. **Health and Place**, [S.l.], v.72, 2021.
- CAMPOS, V.; BANDEIRA, R.; BANDEIRA, A. A Method for Evacuation Route Planning in Disaster Situations. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S.l.], v.54, p.503–512, 10 2012.
- CARVALHO, B.; BARBOSA, G.; DRACH, P. **Investigating the Walkability Index of a Commercial City Center Using Simulation and Surveys: the juiz de fora case study**. 2020. v.503, n.1.
- CORNO, M.; SAVARESI, S. **Measuring Urban Sidewalk Practicability: a sidewalk robot feasibility index**. 2020. 15053 – 15058p. v.53, n.2.

- CROCE, S.; VETTORATO, D. Urban surface uses for climate resilient and sustainable cities: a catalogue of solutions. **Sustainable Cities and Society**, [S.l.], v.75, p.103313, 12 2021.
- DIEESE. **Novo Plano de Aceleração do Crescimento (PAC)**: a retomada dos investimentos e os possíveis impactos para o desenvolvimento brasileiro. 2023.
- D'ORSO, G.; MINAUDO, L.; MIGLIORE, M. Comparing Macroscale and Microscale Walkability Indicators to Establish Pick-Up/Drop-Off Locations for a Microtransit Service in a Suburban Area. **Infrastructures**, [S.l.], v.8, n.12, 2023.
- ERLANGGA, D.; HANDAYANI, D.; SYAFI'I. **Analysis of Walkability Index and Handling of Pedestrian Facilities of Slamet Riyadi Street, Surakarta**. 2021. v.1858, n.1.
- FANG, Y.; JAWITZ, J. W. The evolution of human population distance to water in the USA from 1790 to 2010. **Nature Communications**, [S.l.], v.10, 12 2019.
- FENG, D.; SHI, X.; RENAUD, F. G. Risk assessment for hurricane-induced pluvial flooding in urban areas using a GIS-based multi-criteria approach: a case study of hurricane harvey in houston, usa. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v.904, 12 2023.
- FERNANDES, V. A. et al. Resiliência da mobilidade urbana: uma proposta conceitual e de sistematização. **TRANSPORTES**, [S.l.], v.25, p.147, 12 2017.
- GEHL, J. **Cidades para Pessoas**. [S.l.]: Perspectiva, 2013.
- GIANNOTTI, M.; PIZZOL, B.; LOGIODICE, P. **A desigualdade na mobilidade urbana**: entre ativa e não ativa | nexos políticas públicas. 2020.
- GOLAN, Y. et al. Gendered walkability: building a daytime walkability index for women. **Journal of Transport and Land Use**, [S.l.], v.12, n.1, p.501 – 526, 2019.
- GUAN, X.; WANG, J.; XIAO, F. Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v.303, 6 2021.
- HAGHIGHATAFSHAR, S. et al. Paradigm shift in engineering of pluvial floods: from historical recurrence intervals to risk-based design for an uncertain future. **Sustainable Cities and Society**, [S.l.], v.61, 10 2020.
- HEAD, B. W. Managing urban water crises: adaptive policy responses to drought and flood in southeast queensland, australia. **Ecology and Society, Published online: May 20, 2014 | doi:10.5751/ES-06414-190233**, [S.l.], v.19, 5 2014.
- HOLLING, C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems. **<https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>**, [S.l.], v.4, p.1–23, 11 1973.
- HORAK, J. et al. Spatial Pattern of the Walkability Index, Walk Score and Walk Score Modification for Elderly. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [S.l.], v.11, n.5, 2022.
- HOUSTON, H. . community development department. **Houston Resilient Sidewalks Plan**: citywide toolkit. 2023.

- IPEA, I. D. P. E. A. **ODS - Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Proposta de adequação**. 2018.
- IPEA, I. D. P. E. A. **Agenda 2030** : objetivos de desenvolvimento sustentável : avaliação do progresso das principais metas globais para o brasil : ods 11 : tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. 2024.
- IRAFANY, S. A. et al. Walkability index based on pedestrian needs in the Losari beach area of Makassar city. **Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology**, [S.l.], v.14, n.4, p.7936 – 7947, 2020.
- ITDP, I. D. P. D. T. E. D. **Índice de Caminhabilidade versão 2.0**. 2019.
- JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. [S.l.]: Martins Fontes, 2007.
- JARDIM, B.; CASTRO NETO, M. de. Walkability Indicators in the Aftermath of the COVID-19 Pandemic: a systematic review. **Sustainability (Switzerland)**, [S.l.], v.14, n.17, 2022.
- KATO, H.; KANKI, K. Development of walkability indicator for smart shrinking: case study of sprawl areas in northern osaka metropolitan. **International Review for Spatial Planning and Sustainable Development**, [S.l.], v.8, n.1, p.39 – 58, 2020.
- KHAVARIAN-GARMSIR, A. R.; SHARIFI, A.; SADEGHI, A. The 15-minute city: urban planning and design efforts toward creating sustainable neighborhoods. **Cities**, [S.l.], v.132, p.104101, 1 2023.
- LABDAOUI, K. et al. Utilizing thermal comfort and walking facilities to propose a comfort walkability index (CWI) at the neighbourhood level. **Building and Environment**, [S.l.], v.193, 2021.
- LABDAOUI, K. et al. The Street Walkability and Thermal Comfort Index (SWTCI): a new assessment tool combining street design measurements and thermal comfort. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v.795, 2021.
- LAM, T. M. et al. Development of an objectively measured walkability index for the Netherlands. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [S.l.], v.19, n.1, 2022.
- LIM, H.; LIM, M. B.; PIANTANAKULCHAI, M. A Review of Recent Studies on Flood Evacuation Planning. **Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, [S.l.], v.10, p.147–162, 2013.
- LORENS, P. Planning for the North-European Waterfront Cities. In: **Anais...** Institute of Physics Publishing, 2019. v.603.
- LU, Y. H. et al. Understanding regional mobility resilience and its relationship with regional culture during the COVID-19 pandemic: a pathogen-stress theory perspective. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v.339, 3 2022.
- MATA MARTINS, M. C. da; SILVA, A. N. R. da; PINTO, N. An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [S.l.], v.77, p.352–363, 12 2019.

- MAYNE, D. J. et al. An objective index of walkability for research and planning in the Sydney Metropolitan Region of New South Wales, Australia: an ecological study. **International Journal of Health Geographics**, [S.l.], v.12, n.1, 2013.
- MITCHELL, G. Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators. **Sustainable Development**, [S.l.], v.4, p.1–11, 1996.
- MOAYEDI, F. et al. Conceptualising the indicators of walkability for sustainable transportation. **Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)**, [S.l.], v.65, n.3, p.85 – 90, 2013.
- MOLINA-GARCÍA, J. et al. Different neighborhood walkability indexes for active commuting to school are necessary for urban and rural children and adolescents. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [S.l.], v.17, n.1, 2020.
- MONTAGNA, T.; VIEIRA, R. Infraestrutura de mobilidade urbana e sua articulação com a drenagem sustentável. <http://journals.openedition.org/confins>, [S.l.], 12 2019.
- MORENO, C. et al. Introducing the “15-Minute City”: sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. **Smart Cities 2021, Vol. 4, Pages 93-111**, [S.l.], v.4, p.93–111, 1 2021.
- MOZZI, P.; PIOVAN, S.; CORRÒ, E. Long-term drivers and impacts of abrupt river changes in managed lowlands of the Adige River and northern Po delta (Northern Italy). **Quaternary International**, [S.l.], v.538, p.80–93, 2 2020.
- MUKHTAR, M. et al. An objective walkability index for public health and planning in Peel Region, Ontario, Canada. **Preventing Chronic Disease**, [S.l.], v.16, n.7, 2019.
- NA, L.; XUEYAN, S.; MINGLIANG, Q. A Bi-objective Evacuation Routing Engineering Model with Secondary Evacuation Expected Costs. **Systems Engineering Proceedings**, [S.l.], v.5, p.1–7, 1 2012.
- NUNDY, S. et al. Impact of COVID-19 pandemic on socio-economic, energy-environment and transport sector globally and sustainable development goal (SDG). **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v.312, p.127705, 8 2021.
- PUTRANTO, L.; KHUANA, R. **Index of Walkability to and from Public Transport Stops or Terminals in Greater Jakarta to Enhance Walking Environment**. 2022. v.1000, n.1.
- REIS, E. C. G. dos; VÉRAS, M. P. B. Desigualdades sociais, territórios da vulnerabilidade e mobilidade urbana. **Cadernos Metrópole**, [S.l.], v.26, p.537–560, 5 2024.
- REISI, M.; NADOUSHAN, M. A.; AYE, L. Local walkability index: assessing built environment influence on walking. **Bulletin of Geography. Socio-economic Series**, [S.l.], v.46, n.46, p.7 – 21, 2019.
- RIBEIRO, A. I.; HOFFMANN, E. Development of a neighbourhood walkability index for porto metropolitan area. How strongly is walkability associated with walking for transport? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.l.], v.15, n.12, 2018.

- ROBBINS, G. **How the Pandemic Is Creating New Urban Wastelands**. 2021.
- RODRÍGUEZ-ROJAS, M. I. et al. A study of the application of permeable pavements as a sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: a case study in the south of Spain. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v.205, p.151–162, 1 2018.
- RUSLAN, N. et al. SPATIAL WALKABILITY INDEX (SWI) OF PEDESTRIAN ACCESS TO RAIL TRANSIT STATION IN KUALA LUMPUR CITY CENTER. **Planning Malaysia**, [S.l.], v.21, n.5, p.237 – 252, 2023.
- SANTOS, P. M. dos et al. 8 PRINCÍPIOS DA CALÇADA Construindo cidades mais ativas. **WRI BRASIL**, [S.l.], 2017.
- SCHACKOW, A. et al. Permeable concrete plates with wastes from the paper industry: reduction of surface flow and possible applications. **Construction and Building Materials**, [S.l.], v.250, p.118896, 7 2020.
- SCOPUS. **Content Coverage Guide**. 2023.
- SEYEDASHRAF, O.; BOTTACIN-BUSOLIN, A.; HAROU, J. J. A design framework for considering spatial equity in sustainable urban drainage infrastructure. **Sustainable Cities and Society**, [S.l.], v.85, 10 2022.
- SHARIFI, A. **Urban sustainability assessment**: an overview and bibliometric analysis. [S.l.]: Elsevier B.V., 2021. v.121.
- SICHE, R. et al. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente Sociedade**, [S.l.], v.10, n.2, p.137–148, Jul 2007.
- SILVA, E. R. A. da; PELIANO, A. M.; CHAVES, J. V. **Caderno ODS. ODS 11**: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis - o que mostra o retrato do Brasil? [S.l.]: Ipea, 2019.
- SILVA, J. B. et al. **Urban Rivers as Factors of Urban (Dis)integration**. 2006.
- SILVA, O. H. D.; ANGELIS NETO, G. de. Índice de Serviço das Calçadas (ISC). **Ambiente Construído**, [S.l.], v.19, p.221–236, 3 2019.
- SPECK, J. **Cidade Caminhável**. [S.l.]: Perspectiva, 2016.
- STOCKTON, J. C. et al. Development of a novel walkability index for London, United Kingdom: cross-sectional application to the Whitehall II study. **BMC Public Health**, [S.l.], v.16, n.1, 2016.
- THACKER, S. et al. **Infrastructure**: underpinning sustainable development. 2018.
- THOMÉ, A. M. T.; SCAVARDA, L. F.; SCAVARDA, A. J. **Conducting systematic literature review in operations management**. [S.l.]: Taylor and Francis Ltd., 2016. 408-420p. v.27.

- TROLESE, M.; DE FABIIS, F.; COPPOLA, P. A Walkability Index including Pedestrians' Perception of Built Environment: the case study of milano rogoredo station. **Sustainability (Switzerland)**, [S.I.], v.15, n.21, 2023.
- TSIOMPRAS, A. B.; PHOTIS, Y. N. **What matters when it comes to "walk and the city"? Defining a weighted GIS-based walkability index**. 2017. 523 – 530p. v.24.
- VISVIZI, A. et al. Conceptualizing walking and walkability in the smart city through a model composite w2 smart city utility index. **Energies**, [S.I.], v.14, n.23, 2021.
- WONG, T. H.; BROWN, R. R. The water sensitive city: principles for practice. **Water Science and Technology**, [S.I.], v.60, p.673–682, 2009.
- WONG, T. H.; ROGERS, B. C.; BROWN, R. R. Transforming Cities through Water-Sensitive Principles and Practices. **One Earth**, [S.I.], v.3, p.436–447, 10 2020.
- ZENG, X. et al. **Urban Resilience for Urban Sustainability**: concepts, dimensions, and perspectives. [S.I.]: MDPI, 2022. v.14.
- ZHENG, H. W.; SHEN, G. Q.; WANG, H. **A review of recent studies on sustainable urban renewal**. [S.I.]: Elsevier Ltd, 2014. 272-279p. v.41.