

Drenagem Urbana Sustentável e Mobilidade Urbana: uma revisão sistemática sobre Soluções Baseadas na Natureza

Juliana Gusmão¹ & Altair Rosa² & Juliana Machado³

RESUMO – A urbanização acelerada e a expansão das superfícies impermeáveis intensificaram os eventos de alagamento nas cidades, comprometendo não apenas a dinâmica hidrológica urbana, mas também o funcionamento dos sistemas de mobilidade. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo investigar o estado da arte das pesquisas sobre Soluções Baseadas na Natureza (SbN) aplicadas à drenagem urbana sustentável, com foco na relação entre alagamentos e mobilidade urbana. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão sistemática da literatura, estruturada a partir de etapas inspiradas nas diretrizes metodológicas do PRISMA, com análise de 50 artigos científicos publicados entre 2020 e 2025 nas bases Web of Science, Scopus e SciELO. Os resultados demonstram crescimento recente das pesquisas sobre SbN, com predominância de estudos voltados às escalas locais e ao desempenho hidrológico das intervenções. Observou-se que técnicas como jardins de chuva, telhados verdes e pavimentos permeáveis apresentam elevado potencial na mitigação do escoamento superficial e na ampliação da resiliência urbana. Entretanto, apenas cerca de 10% dos estudos analisados abordam diretamente a mobilidade urbana, evidenciando uma lacuna científica relacionada à integração entre drenagem urbana, acessibilidade e planejamento territorial resiliente.

Palavras-Chave – Soluções Baseadas na Natureza; drenagem urbana sustentável; mobilidade urbana.

ABSTRACT– Rapid urbanization and the expansion of impermeable surfaces have intensified flooding events in cities, compromising not only urban hydrological dynamics but also the functioning of mobility systems. In this context, this article aims to investigate the state of the art of research on Nature-Based Solutions (NbS) applied to sustainable urban drainage, focusing on the relationship between flooding and urban mobility. The research was developed through a systematic literature review, structured from steps inspired by the PRISMA methodological guidelines, with analysis of 50 scientific articles published between 2020 and 2025 in the Web of Science, Scopus, and SciELO databases. The results demonstrate a recent growth in NbS research, with a predominance of studies focused on local scales and the hydrological performance of interventions. It was observed that techniques such as rain gardens, green roofs, and permeable pavements have high potential in mitigating surface runoff and increasing urban resilience. However, only about 10% of the studies analyzed directly address urban mobility, highlighting a scientific gap related to the integration between urban drainage, accessibility, and resilient territorial planning.

Key-words – Nature-Based Solutions; sustainable urban drainage; urban mobility.

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada, associada às mudanças climáticas e à expansão das megacidades, tem intensificado problemas socioambientais nas áreas urbanas, especialmente aqueles relacionados

1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, Curitiba, PR, Brasil, CEP 80215-901. E-mail: juliana.gusmao@pucpr.edu.br

2) Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo com período como Visiting Scholar na Virginia Tech University - EUA. Professor do Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, Curitiba, PR, Brasil, CEP 80215-901. E-mail: altair.rosa@pucpr.br.

3) Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana (PPGTU) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. R. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba - PR - (41) 3271-2623. E-mail: julitoledomachado@gmail.com.

à impermeabilização do solo e à ampliação dos eventos de alagamento (WANG, 2022; BALADO, 2024). A substituição de áreas naturais por infraestrutura urbana convencional altera significativamente a dinâmica hidrológica das cidades, aumentando o volume e a velocidade do escoamento superficial. Nesse contexto, a infraestrutura viária voltada ao transporte motorizado individual destaca-se como um dos principais vetores de impermeabilização urbana (ROY et al., 2008).

A relação entre mobilidade urbana e drenagem pluvial torna-se evidente à medida que ruas, avenidas e estacionamentos contribuem para a sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem e, simultaneamente, sofrem os impactos diretos dos eventos de inundação. Camilo (2020) e Mendes (2021) apontam que a expansão urbana dissociada da capacidade natural de drenagem intensifica problemas hidrológicos e compromete o funcionamento da infraestrutura urbana. Além dos danos físicos, os alagamentos interrompem fluxos viários, reduzem a acessibilidade e afetam os deslocamentos cotidianos da população (PREGNOLATO et al., 2017; SCHILLING, 2024). Segundo a UNISDR (2015), as inundações correspondem ao desastre natural mais recorrente em escala global.

Diante desse cenário, estratégias associadas ao Low Impact Development (LID), Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) e às Soluções Baseadas na Natureza (SbN) vêm sendo discutidas como alternativas capazes de reintegrar funções hidrológicas ao espaço urbano. Roy et al. (2008) destacam que essas abordagens representam uma mudança de paradigma em relação ao modelo higienista tradicional de drenagem.

Apesar do avanço das pesquisas relacionadas às técnicas compensatórias de drenagem urbana, ainda predominam estudos voltados ao desempenho hidrológico dessas intervenções, sendo limitadas as análises sobre seus impactos na mobilidade urbana e na funcionalidade territorial em escalas mais amplas (PAXTON, 2023; 2024).

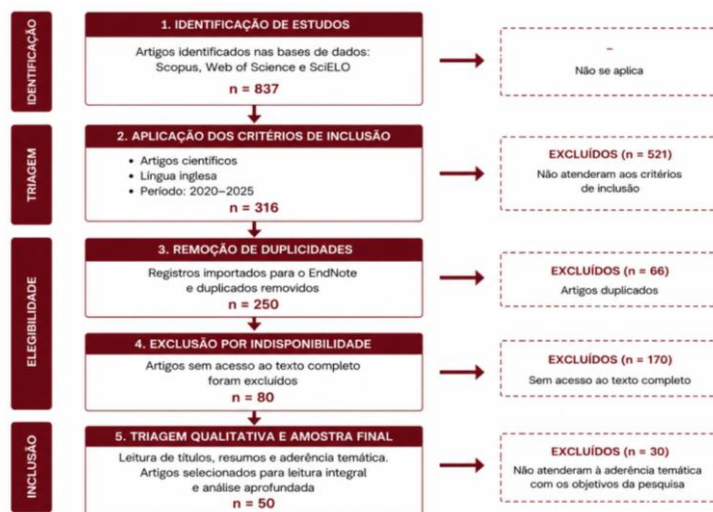
Diante disso, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: como as técnicas compensatórias de drenagem urbana podem contribuir para minimizar os impactos dos alagamentos sobre a mobilidade urbana? Para tanto, adotou-se uma revisão de literatura baseada na análise de 50 artigos científicos relacionados à drenagem urbana sustentável, mobilidade urbana e adaptação climática. A pesquisa também dialoga com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015) e com políticas brasileiras voltadas à gestão hídrica e adaptação climática.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão sistemática da literatura, estruturada a partir de etapas de identificação, triagem e elegibilidade dos estudos, inspiradas nas diretrizes

metodológicas do PRISMA (conforme apresentado na figura 1), estruturada a partir de buscas realizadas nas bases Web of Science, Scopus e SciELO.

Figura 1- Fluxograma metodológico da revisão sistemática



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A estratégia de busca foi estruturada a partir da combinação de termos relacionados à drenagem urbana sustentável, Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e infraestrutura verde, incluindo descritores como “Sustainable Urban Drainage Systems”, “Sponge City”, “Stormwater Management”, “Green Infrastructure” e “Bioretention”. Cada um desses termos foi combinado simultaneamente, por meio do operador booleano AND, aos descritores “urban planning”, “urban management” e “urban mobility”. Embora apresentem distinções conceituais e contextuais, abordagens como LID, SUDS e SbN possuem significativa convergência funcional no contexto da drenagem urbana sustentável. As buscas foram realizadas nas bases Web of Science, Scopus e SciELO, priorizando estudos que apresentassem interface entre drenagem urbana, adaptação climática e funcionalidade territorial. Essa abordagem buscou direcionar a revisão para pesquisas alinhadas à perspectiva interdisciplinar do planejamento urbano resiliente. Entretanto, reconhece-se que a utilização de combinações temáticas específicas pode ter restringido parcialmente a abrangência do corpus analisado.

Foram considerados artigos científicos revisados por pares, publicados entre 2020 e 2025, em língua inglesa, relacionados à drenagem urbana sustentável, Soluções Baseadas na Natureza (SbN), mobilidade urbana e adaptação climática. Foram excluídos estudos duplicados, trabalhos sem acesso ao texto completo, documentos não científicos e pesquisas sem aderência temática aos objetivos do estudo. Após a seleção final, 50 artigos foram analisados qualitativamente a partir de categorias temáticas relacionadas às escalas espaciais de aplicação das SbN, tipologias metodológicas, abordagens de participação comunitária e integração entre drenagem urbana e mobilidade.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

O primeiro aspecto analisado correspondeu à distribuição temporal das publicações científicas relacionadas às Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e às técnicas compensatórias de drenagem urbana. Essa análise permitiu compreender a evolução do interesse científico sobre a temática e identificar tendências recentes da literatura internacional. Conforme observado na Figura 2, verifica-se um crescimento expressivo das publicações nos últimos anos, evidenciando que as pesquisas relacionadas às SbN e ao Desenvolvimento de Baixo Impacto (Low Impact Development – LID) ainda se encontram em processo de expansão e consolidação científica.

Observa-se que mais de 50% dos estudos analisados foram publicados entre 2023 e 2024, demonstrando a contemporaneidade da temática e evidenciando o avanço recente de metodologias associadas à modelagem preditiva, Deep Learning e mapeamentos sistemáticos globais. Além disso, parte significativa das pesquisas mais recentes já incorpora cenários prospectivos e horizontes de simulação climática projetados até 2055, indicando uma mudança importante no direcionamento da literatura científica, que deixa de priorizar exclusivamente análises históricas e passa a incorporar abordagens preventivas e adaptativas frente às mudanças climáticas.

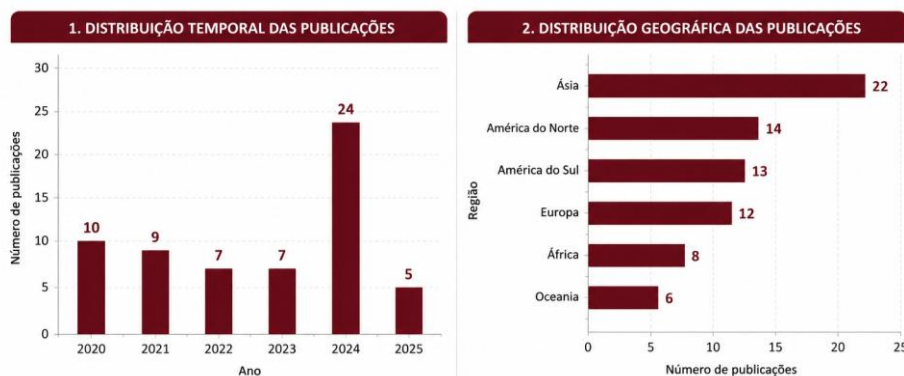
O crescimento temporal da produção científica também se relaciona à expansão geográfica das pesquisas identificadas na Figura 2. Esse resultado demonstra que as SbN deixaram de constituir abordagens pontuais e passaram a integrar agendas internacionais de adaptação climática urbana, especialmente em regiões fortemente impactadas por eventos hidrológicos extremos. Nesse contexto, observa-se uma mudança de paradigma no planejamento urbano e na engenharia hidráulica, marcada pela transição do modelo tradicional de drenagem para abordagens que buscam reproduzir o funcionamento do ciclo hidrológico natural (FLETCHER et al., 2015; YEH, 2023).

Conforme apresentado os resultados da Figura 2, a produção científica concentra-se majoritariamente no continente asiático, seguido pela América do Norte, América do Sul, Europa, África e Oceania. O protagonismo asiático relaciona-se diretamente à consolidação das políticas de “Sponge Cities”, amplamente difundidas na China como estratégia de adaptação climática urbana. Já a forte representatividade da América do Norte associa-se à consolidação histórica de abordagens como Low Impact Development (LID), Green Infrastructure (GI) e Water Sensitive Urban Design (WSUD), difundidas internacionalmente devido à sua eficácia na redução do escoamento superficial na fonte (ROY et al., 2008).

Na América Latina, especialmente no contexto brasileiro, o crescimento das pesquisas sobre SbN e técnicas compensatórias relaciona-se ao intenso processo de urbanização e à ampliação dos impactos hidrológicos urbanos. A literatura regional demonstra que a impermeabilização excessiva do solo intensifica significativamente os alagamentos urbanos e amplia as vazões em bacias

urbanizadas (TUCCI, 2000; SILVEIRA, 2002). Mais recentemente, o aumento da recorrência de eventos extremos vem impulsionando políticas públicas e pesquisas voltadas à implementação de dispositivos como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e bacias de retenção (PARRA, 2021).

Figura 2 – Panorama temporal e geográfico da produção científica



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A expansão temporal e geográfica das pesquisas sobre SbN também se reflete na diversidade metodológica identificada na literatura analisada. A Figura 3 demonstra a predominância dos estudos de caso na literatura analisada, evidenciando o forte caráter aplicado das pesquisas sobre Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e técnicas compensatórias. Essa abordagem é amplamente utilizada para avaliar a eficácia dessas estratégias em contextos urbanos reais, especialmente em áreas sujeitas a alagamentos e limitações infraestruturais.

As revisões e simulações também apresentam elevada representatividade, indicando a consolidação de estudos voltados tanto à síntese do conhecimento científico quanto à projeção de cenários futuros relacionados à drenagem urbana e às mudanças climáticas. As revisões sistemáticas destacam-se pela identificação de lacunas e padrões da literatura, enquanto os estudos de simulação utilizam modelos matemáticos para avaliar a redução do escoamento superficial e das vazões de pico a partir da implementação de técnicas compensatórias.

Por fim, a modelagem computacional aparece como ferramenta estratégica para o planejamento e otimização de sistemas de drenagem sustentável, sendo o software SWMM uma das plataformas mais utilizadas na literatura para análises hidrológicas e hidráulicas urbanas.

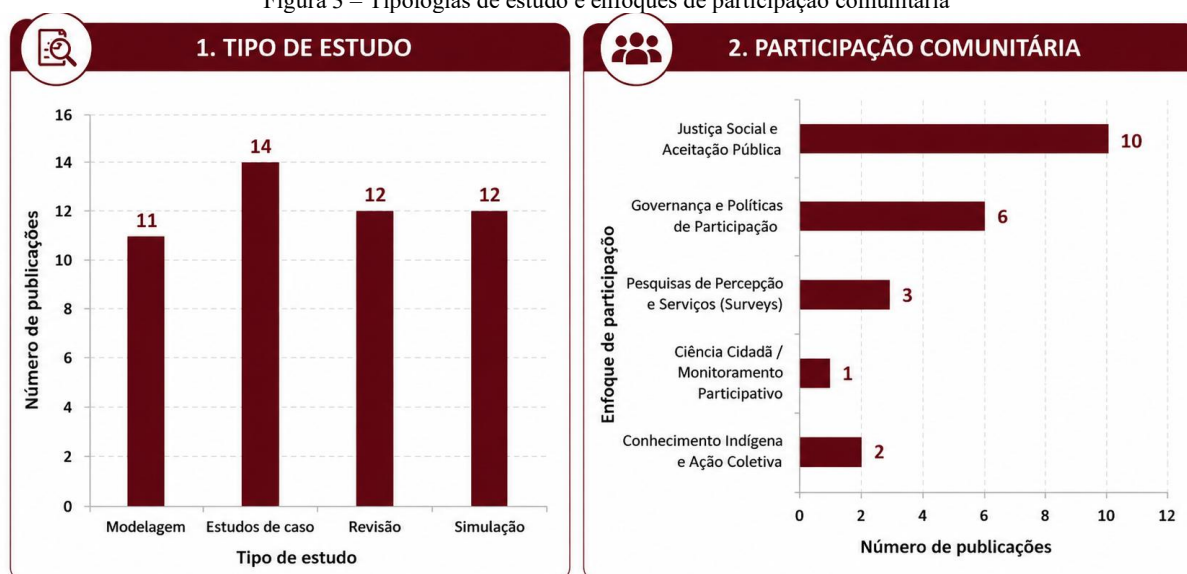
Apesar da consolidação das abordagens hidrológicas e computacionais, a literatura recente demonstra que a efetividade das SbN não depende exclusivamente do desempenho técnico dessas intervenções, mas também de fatores sociais, institucionais e territoriais relacionados à aceitação pública, governança urbana e participação comunitária.

A Figura 3 evidencia que a participação comunitária e o engajamento social vêm assumindo papel central nas pesquisas sobre Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Dos 50 documentos analisados, 22 abordam a participação social como elemento fundamental para a implementação,

aceitação e manutenção das infraestruturas verdes urbanas, demonstrando que a drenagem urbana sustentável ultrapassa abordagens exclusivamente técnicas e hidrológicas.

A Matriz de Evidências (Heatmap) constitui uma ferramenta analítica de síntese utilizada para mapear a distribuição da literatura científica, relacionando estratégias de intervenção com diferentes escalas espaciais, permitindo identificar padrões de consolidação do conhecimento, concentrações temáticas e lacunas de pesquisa. No contexto do planejamento urbano, essa abordagem possibilita compreender como as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e as estratégias de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) vêm sendo investigadas desde a escala do lote até a escala da bacia hidrográfica. Os níveis de intensidade da matriz foram definidos a partir da frequência de ocorrência das estratégias na literatura analisada, classificadas em níveis relativos de incidência.

Figura 3 – Tipologias de estudo e enfoques de participação comunitária



Total de artigos analisados na revisão sistemática: n = 50.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 4 evidencia que os telhados verdes e os jardins de chuva apresentam as evidências mais consolidadas na escala de lote (micro), demonstrando forte aplicação em estratégias descentralizadas de drenagem urbana sustentável. A literatura aponta que essas soluções possuem elevada eficiência no gerenciamento imediato das águas pluviais, além de contribuírem para a mitigação de ilhas de calor e qualificação ambiental urbana.

O principal “ponto quente” identificado na matriz encontra-se na relação entre técnicas LID e a escala de bairro/distrito. Segundo Bibri (2021), o distrito urbano funciona como um “laboratório de inovação”, pois apresenta complexidade suficiente para incorporar sistemas urbanos integrados, mantendo simultaneamente viabilidade para modelagens hidrológicas controladas. Estudos como os de Camilo (2020) e Mendes (2021) reforçam essa tendência ao utilizarem sub-bacias urbanas para

simular o desempenho de jardins de chuva, pavimentos permeáveis e outras infraestruturas verdes no controle do escoamento superficial.

Figura 4 - Matriz de evidências: Estratégias Baseadas na Natureza vs Escalas de Análise

Estratégias (Baseadas na Natureza)	Escalas de Análise			
	Lote (Micro) (< 0,5 ha) 	Bairro / Distrito (0,5 – 10 km²) 	Cidade (Municipal) (10 – 1.000 km²)	Bacia Hidrográfica (> 1.000 km²) 
 Telhados Verdes (Green Roofs)	 Muito Forte (n = 3)	 Moderado (n = 6)	 Baixo (n = 3)	 Nulo (n = 0)
 LID (Geral/Simulação)	 Moderado (n = 4)	 PONTO QUENTE (n = 8)	 Moderado (n = 3)	 GAP (n = 2)
 Jardins de Chuva (Rain Gardens)	 Muito Forte (n = 4)	 Muito Forte (n = 14)	 Baixo (n = 15)	 Nulo (n = 0)
 Zonas Úmidas (Wetlands)	 Baixo (n = 4)	 Moderado (n = 16)	 Moderado (n = 18)	 Baixo (n = 19)
 NBS Costeira (Soluções Costeiras)	 Nulo (n = 0)	 Muito Forte (n = 1)	 Baixo (n = 0)	 Baixo (n = 1)

 **Muito Forte**
Evidência robusta e amplamente suportada pela literatura
  **Moderado**
Evidência presente, mas com menor abrangência ou consistência
  **Baixo**
Evidência limitada ou incipiente
  **Nulo**
Ausência de estudos ou evidências identificadas
  **GAP / Ponto Quente**
Lacuna crítica ou área prioritária para pesquisa

Nota: (n) = número de estudos incluídos na revisão sistemática que abordam a estratégia na respectiva escala.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

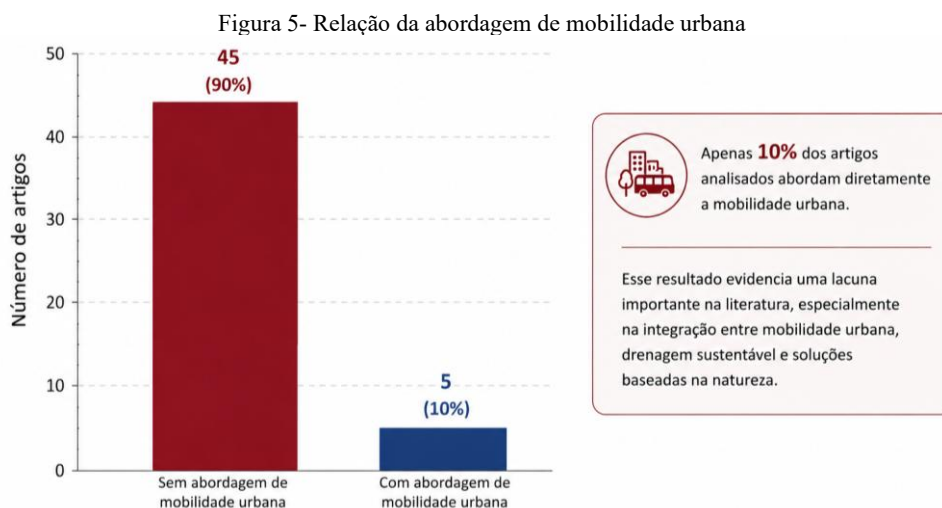
Por outro lado, a escala de bacia hidrográfica representa a principal lacuna científica identificada na matriz. Observa-se baixa incidência de estudos voltados à avaliação sistêmica das SbN em escalas regionais, especialmente no caso das estratégias LID. De acordo com Paxton (2024), aproximadamente 85% das evidências sobre o desempenho dessas soluções concentram-se em escalas locais, enquanto pesquisas em escala regional ainda permanecem limitadas devido à complexidade metodológica, ao monitoramento de longo prazo e aos elevados custos operacionais.

As zonas úmidas (wetlands) apresentam distribuição mais equilibrada entre diferentes escalas espaciais, sugerindo maior potencial de integração entre drenagem urbana, recuperação ambiental e planejamento territorial. Já as soluções costeiras baseadas na natureza concentram-se predominantemente em aplicações locais e intermediárias.

Essa limitação torna-se particularmente relevante quando analisada sob a perspectiva da mobilidade urbana, uma vez que os impactos dos alagamentos sobre os sistemas de circulação ocorrem de forma integrada e multiescalar. Embora as SbN apresentem elevada consolidação técnica em escalas locais, como lote e bairro, a funcionalidade da mobilidade urbana depende da articulação entre redes viárias, sub-bacias urbanas e sistemas territoriais mais amplos.

Apesar da relevância crescente das pesquisas relacionadas às Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e à drenagem urbana sustentável, a revisão sistemática identificou que apenas cerca de 10% do corpus analisado aborda a mobilidade urbana como eixo central de investigação dos impactos dos

alagamentos nas cidades, conforme apresentado na Figura 5. Esse resultado evidencia que a maior parte da literatura permanece concentrada em aspectos hidrológicos, hidráulicos e ambientais das intervenções, enquanto os efeitos territoriais associados à funcionalidade dos sistemas de circulação urbana ainda são pouco explorados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A análise dos estudos demonstra que a relação entre mobilidade urbana e alagamentos configura um ciclo de impactos mútuos, no qual a infraestrutura viária atua simultaneamente como vetor de impermeabilização do solo urbano e como elemento vulnerável aos eventos hidrológicos extremos. Nesse contexto, a expansão das superfícies pavimentadas destinadas ao transporte motorizado intensifica o escoamento superficial, enquanto os alagamentos comprometem diretamente a acessibilidade, os deslocamentos cotidianos e o funcionamento das redes de mobilidade urbana.

A literatura converge ao demonstrar que a urbanização acelerada e a ampliação da malha viária contribuíram significativamente para a selagem do solo urbano, reduzindo a capacidade natural de infiltração da água e aumentando a recorrência de alagamentos em áreas críticas (CAMILO, 2020; MENDES, 2021; MAROSTICA, 2024). Ruas, estacionamentos e grandes avenidas consolidaram-se como alguns dos principais vetores de impermeabilização das cidades contemporâneas, agravando os impactos hidrológicos associados à urbanização intensiva.

Além dos impactos ambientais, os eventos de inundação produzem severas disrupções nos sistemas de transporte urbano. Kurth (2024), com base em Pregnotato et al. (2017), demonstra que diferentes níveis de profundidade da água tornam as vias progressivamente intransitáveis, comprometendo a circulação de pessoas e mercadorias. Em escala global, Schilling (2024) destaca que milhões de pessoas e trilhões em infraestrutura de transporte encontram-se expostos aos riscos associados às inundações urbanas.

Apesar dos avanços recentes nas pesquisas sobre SbN, a integração entre drenagem urbana e mobilidade ainda permanece limitada devido à fragmentação histórica do planejamento urbano. A literatura aponta que o modelo higienista de urbanização, predominante ao longo do século XX, consolidou a separação entre os sistemas de drenagem e mobilidade, tratando a drenagem urbana como um problema exclusivamente técnico, voltado à rápida condução das águas pluviais por meio de canalizações. Paralelamente, a infraestrutura viária foi planejada prioritariamente para maximizar a circulação motorizada, contribuindo para a expansão das superfícies impermeáveis e para o agravamento dos impactos hidrológicos urbanos.

Outro aspecto relevante refere-se à predominância de estudos focados em métricas hidrológicas imediatas, como redução do escoamento superficial e controle das vazões de pico, enquanto os impactos sociais, econômicos e funcionais dos alagamentos sobre os sistemas de mobilidade permanecem pouco quantificados. Essa limitação também se relaciona à baixa integração multidisciplinar nas pesquisas sobre drenagem urbana sustentável, ainda fortemente concentradas em campos vinculados à engenharia hidráulica e ambiental, com menor participação de áreas como planejamento urbano, mobilidade, geografia e ciências sociais.

Além disso, a própria complexidade escalar das análises constitui um desafio para a integração entre mobilidade urbana e drenagem sustentável. Enquanto a maior parte das pesquisas sobre SbN ocorre em escalas locais, como lote e bairro, os impactos dos alagamentos sobre a mobilidade manifestam-se em redes territoriais mais amplas, envolvendo corredores viários, sub-bacias urbanas e sistemas integrados de circulação. Dessa forma, a avaliação da resiliência da mobilidade urbana frente aos eventos hidrológicos extremos exige modelos territoriais mais complexos e bases de dados integradas, ainda pouco consolidadas na literatura científica.

De maneira geral, os resultados demonstram que a fragmentação histórica entre drenagem urbana e planejamento da mobilidade constitui um dos principais desafios contemporâneos para a construção de cidades mais resilientes e adaptadas às mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão sistemática permitiu analisar o estado da arte das pesquisas sobre Soluções Baseadas na Natureza (SbN) aplicadas à drenagem urbana sustentável, com foco na relação entre alagamentos e mobilidade urbana. A análise da literatura demonstrou que as vias urbanas atuam simultaneamente como vetores de impermeabilização do solo e como elementos vulneráveis aos eventos hidrológicos extremos, evidenciando a relação direta entre a expansão da infraestrutura viária e a intensificação dos alagamentos urbanos.

Os resultados indicam que as Soluções Baseadas na Natureza apresentam elevado potencial para a mitigação dos alagamentos, especialmente por meio da ampliação da infiltração da água, redução do escoamento superficial e aumento da resiliência urbana frente às mudanças climáticas. Entretanto, a revisão evidenciou que ainda são limitados os estudos que abordam de forma integrada a relação entre alagamentos e mobilidade urbana, predominando abordagens centradas no desempenho hidrológico das intervenções, com limitada incorporação das dimensões territoriais e funcionais associadas aos sistemas de mobilidade. Entre as limitações da pesquisa, destacam-se a predominância de estudos internacionais e a baixa integração entre análises hidrológicas e investigações voltadas à mobilidade urbana.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de maior articulação entre planejamento urbano, mobilidade e drenagem sustentável, visando à construção de cidades mais resilientes frente aos eventos hidrológicos extremos e às mudanças climáticas. Além disso, reforça-se a importância do avanço de pesquisas interdisciplinares que investiguem os impactos dos alagamentos sobre os deslocamentos urbanos, a acessibilidade e o funcionamento das redes de mobilidade, especialmente em cidades latino-americanas marcadas por elevados índices de impermeabilização e vulnerabilidade socioambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem:

O Município de Curitiba, por meio da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), e à Associação Paranaense de Cultura (APC), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa, no âmbito do Termo de Fomento nº 27.300, decorrente do Chamamento Público nº 003/2024 – SMMA.

A Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo apoio à pesquisa, por meio do Convênio para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nº 545/2025 (Protocolo nº PBA2025201000376), celebrado com a Associação Paranaense de Cultura (APC) para a execução do projeto "Soluções Baseadas na Natureza e o Planejamento Urbano: Simulação do Impacto na Drenagem Pluvial em Curitiba".

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa, por meio do projeto "Benefícios da implementação de técnicas compensatórias na mitigação dos problemas causados pelas mudanças climáticas, através da gestão dos aspectos quali-quantitativos da drenagem urbana no Município de Curitiba – Paraná – Brasil" (Processo nº 406770/2022-0), contemplado na Chamada CNPq nº 59/2022 – Linha 5 – Projetos de Grupos de Pesquisa Emergentes, executado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

REFERÊNCIAS

- BALADO, J.; SOLLA, M. (2024). “Multi-Criteria GIS for Sponge City Planning with Open Data Sources in Vigo (Spain)”. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences X-4/W5-2024*, pp. 41-48.
- BIBRI, S. E. (2021). “Data-driven smart eco-cities and sustainable integrated districts: An evidence synthesis approach to a comprehensive state-of-the-art literature review”. *Sustainable Futures* 3, pp. 100047.
- CAMILO, M. et al. (2020). “Computational modelling of urban drainage network using LID alternatives in a sub-basin in Maringá city, Paraná, Brazil”. *REGET - Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 24(Edição Especial), pp. e3.
- FLETCHER, T. D. et al. (2015). “SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage”. *Urban Water Journal* 12(7), pp. 525-542.
- KURTH, M. H. et al. (2024). “Life cycle management of natural infrastructure: assessment of state of practice and current tools”. *Frontiers in Built Environment* 9, pp. 1181835.
- MAROSTICA, S. D.; SILVEIRA, A. L. L. (2024). “Sustainability indicators applied to urban drainage: evaluation of Low Impact Development (LID) techniques based on a literature review”. *Finisterra* 59(126), pp. e33416.
- MENDES, F. C.; ANDRADE, R. S. (2021). “Scenarios for urban drainage on a Legal Amazon planned city: a case study in Palmas, Brazil”. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 26(4), pp. 735-745.
- ONU (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. United Nations, New York.
- PARRA, G. G. et al. (2021). “Possibility of using compensatory urban drainage techniques as leisure units to expand public areas into subdivisions”. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* 13, pp. e20200208.
- PAXTON, A. B. et al. (2023). “What evidence exists on the performance of natural infrastructure for flood management: a systematic map protocol”. *Environmental Evidence* 12(1).
- PAXTON, A. B. et al. (2024). “Evidence on the ecological and physical performance of natural infrastructure for flood management: a systematic map”. *Environmental Evidence* 13(28).
- PREGNOLATO, M. et al. (2017). “The impact of flooding on road transport: a depth-disruption function”. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 55, pp. 67-81.
- ROY, A. H. et al. (2008). “Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: lessons from Australia and the United States”. *Environmental Management* 42(2), pp. 344-359.
- SCHILLING, K. E. et al. (2024). “Evaluation of flood metrics across the Mississippi-Atchafalaya River Basin and their relation to flood damages”. *PLoS ONE* 19(10), pp. e0307486.
- SILVEIRA, A. L. L. (2002). “Problems of modern urban drainage in developing countries”. *Water Science and Technology* 45(7), pp. 31-40.
- TUCCI, C. E. M. (2000). “Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 5(1), pp. 61-68.
- UNISDR (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- WANG, Y.; JIANG, Z.; ZHANG, L. (2022). “Sponge City Policy and Sustainable City Development: The Case of Shenzhen”. *Frontiers in Environmental Science* 9.

YEH, E. T. (2023). “The Making of Natural Infrastructure in China’s Era of Ecological Civilization”. The China Quarterly 255, pp. 611-627.