

O USO DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA NO CONTEXTO DO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL

Priscilla Moura¹ ; Mayara Costa¹, Jussanã Milograna² & Vladimir Caramori Borges de Souza³

RESUMO – O artigo analisa a evolução terminológica no manejo sustentável de águas pluviais urbanas, onde múltiplas nomenclaturas geraram fragmentação e barreiras à comunicação. A partir de 2012, o termo Soluções Baseadas na Natureza (SBN) emergiu como conceito guarda-chuva unificador, indo além de técnicas de engenharia para propor uma abordagem sistêmica. A metodologia combinou busca na Scopus, um levantamento bibliométrico no Google Acadêmico e mapeamento normativo em legislações brasileiras. Os resultados mostraram grande crescimento no uso do termo SBN, superando terminologias tradicionais como BMPs e LID. O Brasil ocupa a 12ª posição global em publicações com uso do termo SBN e este foi identificado em diversas legislações federais, estaduais e municipais. Nesse sentido, considera-se que desafio atual não é mais "por que usar" SBNs, mas "como implementá-las" de forma técnica, social e economicamente adequada. A academia terá papel fundamental no enfrentamento desse desafio. As SBNs não podem ser vistas como panaceia, são soluções com limites de desempenho que exigem planejamento criterioso para implantação e garantia de sua perenidade.

Palavras-Chave – SBN, DMAPU, Resiliência urbana

ABSTRACT– The article analyzes the terminological evolution in sustainable urban stormwater management, where multiple nomenclatures generated fragmentation and barriers to communication. From 2012 onwards, the term Nature-based Solutions (NbS) emerged as a unifying umbrella concept, going beyond engineering techniques to propose a systemic approach. The methodology combined a search on Scopus, a bibliometric survey on Google Scholar, and a normative mapping of Brazilian legislation. The results showed significant growth in the use of the term NBS, surpassing traditional terminologies such as BMPs and LID. Brazil ranks 12th globally in publications using the term NbS, and it was identified in several federal, state, and municipal legislations. In this sense, the current challenge is no longer "why use" NbS, but "how to implement them" in a technically, socially, and economically adequate manner. Academia will play a fundamental role in facing this challenge. NbS cannot be seen as a panacea - they are solutions with performance limits that require careful planning for implementation and ensuring their longevity. Traduzido com auxílio da IA Deep Seek v3.2 e revisado pelos autores.

Key-words – NbS, Urban stormwater management, Urban resilience

1) Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG; Av. Antônio Carlos, 6627 - 31 270-901 - Belo Horizonte - MG. priscilla.moura@ehr.ufmg.br; mayara@mayara.eng.br

2) Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG; Av. Antônio Carlos, 6627 - 31 270-901 - Belo Horizonte - MG. UFMG. Instituto Federal de Goiás; milogranajussana@gmail.com

3) Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Alagoas – UFAL; Av. Lourival Melo Mota, 57072-970; Maceió – AL, caramori@ctec.ufal.br

INTRODUÇÃO

O manejo das águas pluviais em ambientes urbanos atravessou, nas últimas décadas, uma profunda transformação conceitual. Historicamente, na área da hidrologia urbana observou-se a utilização de termos diferentes para definir conceitos semelhantes em diferentes partes do mundo, potencialmente gerando sobreposições, contradições e confusão terminológica (Fletcher et al., 2015). Diversas nomenclaturas, como Best Management Practices (BMPs), Low Impact Development (LID), Sustainable Drainage Systems (SuDS) e, no contexto brasileiro, as Técnicas Compensatórias, foram utilizadas para descrever abordagens que visavam mitigar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico. Essa fragmentação não apenas dificultava a comunicação entre técnicos e gestores, mas também impunha barreiras significativas à comunicação científica, utilização prática e à padronização de projetos.

A partir de 2012, e com maior vigor em 2015 por iniciativa da União Europeia, o termo Soluções Baseadas na Natureza (SBN) emergiu como um conceito guarda-chuva. Diferente de seus predecessores, a SBN não se limita a uma técnica de engenharia, mas propõe uma abordagem sistêmica que mimetiza processos naturais para enfrentar desafios sociais, ambientais e econômicos de forma simultânea. Essa mudança terminológica tem se mostrado mais do que um ajuste semântico; ela tem funcionado como uma ponte de comunicação acessível para além do meio técnico, alcançando o vocabulário de gestores públicos e da sociedade civil.

Nesse sentido, esse trabalho busca trazer uma discussão sobre as possíveis implicações dessa mudança de paradigma no uso das SBN no contexto brasileiro. Se anteriormente o esforço acadêmico e técnico concentrava-se em convencer o tomador de decisão sobre a viabilidade dessas soluções frente à infraestrutura cinza convencional, acredita-se que atualmente o gestor já esteja convencido, pelo menos em relação ao princípio das SBNs, ainda que não se conheça tecnicamente as soluções. Assim, acredita-se que há já há uma crença de que as SBN s serão a panaceia para os problemas relacionados ao manejo de águas pluviais atuais e frente às mudanças climáticas, o que pode trazer riscos à sua adoção responsável e bem planejada.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Antes de apresentar a metodologia do trabalho desenvolvido para esse artigo é importante detalhar as premissas estabelecidas na introdução. Duas hipóteses norteiam essa investigação. A primeira é de que a dispersão das terminologias utilizadas para definir abordagens utilizadas para o manejo sustentável de águas pluviais - conforme evidenciado por Fletcher et al. (2015) -

historicamente prejudicou a sua disseminação, sobretudo fora do meio acadêmico. Assim, a nomenclatura soluções baseadas na natureza, a partir de seu surgimento, trouxe clareza e foi unificadora das terminologias anteriores. A própria interpretação do conceito de soluções baseadas na natureza utilizada pela IUCN (Cohen-Shacham et al., 2016), de que as SBN consistem em um conceito guarda-chuva que cobre uma gama de abordagens diferentes, traz indícios da plausibilidade dessa hipótese.

A segunda hipótese é de que a nomenclatura SBN, enquanto unificadora de conceitos, trouxe clareza para todos quanto aos seus benefícios e assim a sociedade como um todo enxerga essas soluções como indispensáveis e para um desenvolvimento sustentável. Assim, considera-se que estamos passando por uma mudança de paradigma favorável ao uso das SBNs no Brasil. Apesar dessa mudança ser aparentemente positiva, há riscos inerentes a um uso generalizado e não planejado dessas estratégias. O que se pretende nesse trabalho é discutir os impactos que essa mudança de paradigma pode acarretar no contexto do uso das SBNs para o manejo de águas pluviais no Brasil.

METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem exploratória e quali-quantitativa, estruturada em três fases distintas, descritas a seguir. A primeira delas foi uma busca pelo termo “nature-based solutions” na Scopus, incluindo publicações até o ano de 2025, sem distinção de tipo de publicação. Desses resultados foi avaliada a evolução temporal do número de publicações, os tipos de publicações e o país de origem do primeiro autor.

Foi também realizado um levantamento bibliométrico inspirado na metodologia proposta por Fletcher *et al.* (2015). A coleta de dados foi realizada na base de dados do Google Acadêmico, com o intuito de mensurar, ao longo do tempo, o uso de doze terminologias adotadas na drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. A fim de refletir as mudanças globais nas publicações dessa temática, foram analisados dez termos da lista original e adicionados duas novas terminologias emergentes: “Nature-based Solutions” e “Sponge Cities”. A busca abrangeu o período de 2010 a 2025, configurada para identificar frases exatas acompanhadas obrigatoriamente pelo qualificador de contexto “stormwater”. Os resultados numéricos foram organizados em oito intervalos bienais, permitindo observar a consolidação de termos tradicionais e a ascensão de novos paradigmas ao longo de quinze anos.

Finalmente, um mapeamento normativo foi realizado a partir de pesquisa documental nos portais <https://leisestaduais.com.br/>, <https://leismunicipais.com.br/> e <https://legislacao.presidencia.gov.br/>, em

busca de legislações e estaduais dos 26 estados brasileiros e municipais, com foco nas 26 capitais brasileiras e no Distrito Federal e legislações federais. O objetivo foi identificar a ocorrência do termo SBN nas legislações por meio da busca pela palavra-chave “soluções baseadas na natureza”. Essa busca foi realizada em 13/04/2026.

RESULTADOS

Os resultados da busca pelo termo “nature-based solutions” na base de dados da Scopus retornaram 37.498 documentos entre 2010, ano do registro do primeiro documento, e 2025 nos permitindo observar um crescimento extremamente acentuado do número de publicações por ano a partir de 2017, com taxas crescentes anualmente (Figura 1). A maior parte deles (70,9%) são publicações em artigos científicos, acrescidos de 11,7% que corresponde aos artigos de revisão de literatura. Os capítulos de livros e artigos em congressos também apresentam um número expressivo, correspondendo a 8,7% e 5,1%, respectivamente (Figura 2). No contexto dessas publicações, o Brasil se destaca, estando na 12ª posição dentre os países que mais publicaram, com 1.162 documentos publicados (Figura 3). Os países com maior número de publicações são China e Estados Unidos, seguidos do Reino Unido, Itália e Alemanha. As publicações encontradas foram publicadas por autores de um número expressivo de países do Mundo: 160 países.

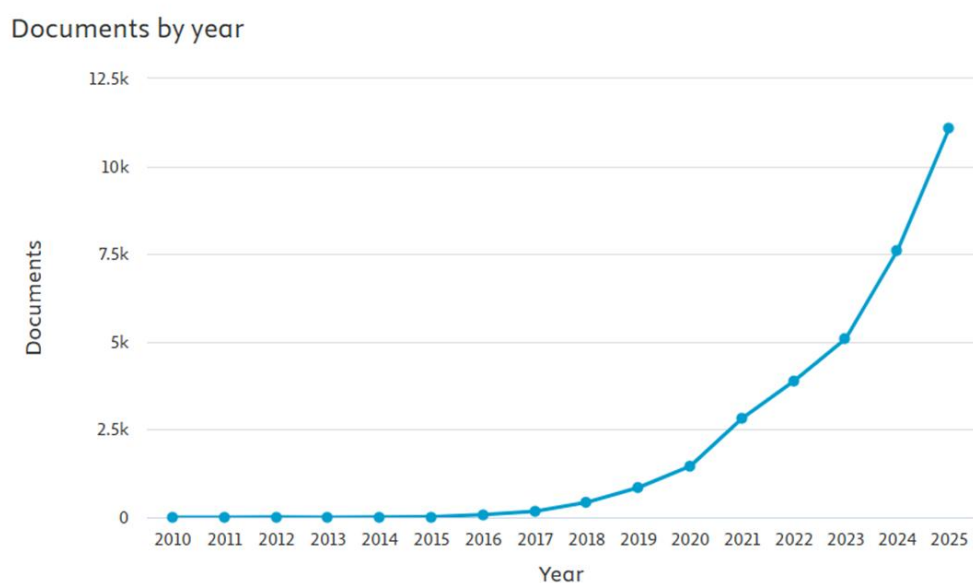


Figura 1 – Evolução anual do número de publicações com o termo “soluções baseadas na natureza” (Scopus, 2026)

Documents by type

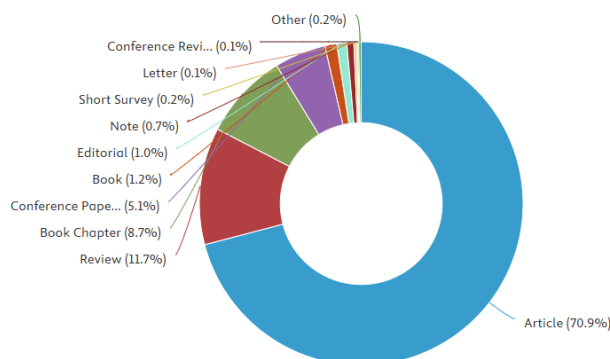


Figura 2 – Percentual de publicações com o termo “soluções baseadas na natureza”, por tipo de publicação (Scopus, 2026)

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

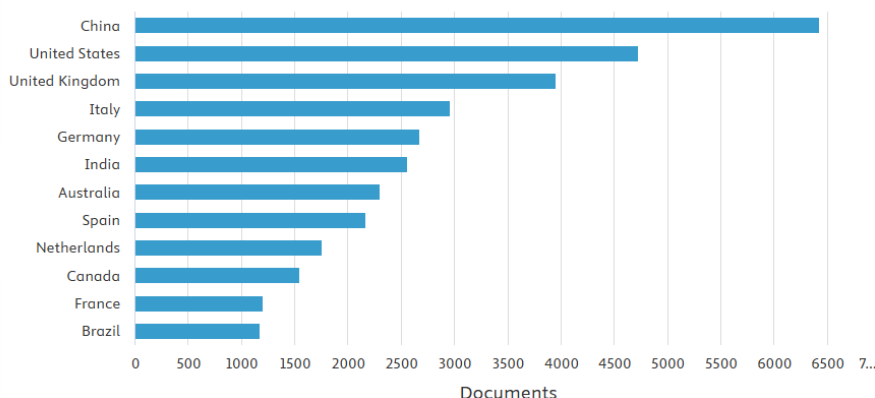


Figura 3 – Ranking dos 12 países com maior número de publicações com o termo “soluções baseadas na natureza” (Scopus, 2026)

De maneira análoga, os resultados obtidos em conformidade com a adaptação metodológica de Fletcher *et al.* (2015) evidenciam que “Nature-based Solutions” apresentou uma das trajetórias de crescimento mais acelerado da série histórica em questão. Saindo de apenas 23 ocorrências no biênio de 2010–2011 para 7.690 em 2024–2025, o uso do termo teve um salto percentual de 33.335% ao longo de 15 anos. Ressalta-se que, durante todo o período analisado, a terminologia manteve um incremento percentual positivo em todos os intervalos bienais comparativos, com destaque para um crescimento de 302% entre os biênios de 2014-2015 e 2016-2017. Ainda que, em números absolutos se posicione abaixo de “Green Infrastructure” (que lidera com 12.380 ocorrências no biênio final), o avanço de “Nature-based Solutions” foi significativamente intenso nas últimas décadas, refletindo uma rápida hegemonia e aceitação por parte da literatura científica internacional dessa terminologia. A seguir, na Figura 4 são apresentadas as principais tendências numéricas para os 12 termos analisados. Observa-se a nítida mudança paradigmática na nomenclatura relativa à área de drenagem

e manejo de águas pluviais. A partir de 2016-2017, “Nature-based Solutions” iniciou uma curva em constante crescimento ascendente superando, nos biênios finais da análise, termos historicamente consagrados e amplamente empregados como “Best Management Practices” (2990 citações) e “Low Impact Development e & LIUDD” (3876 citações).

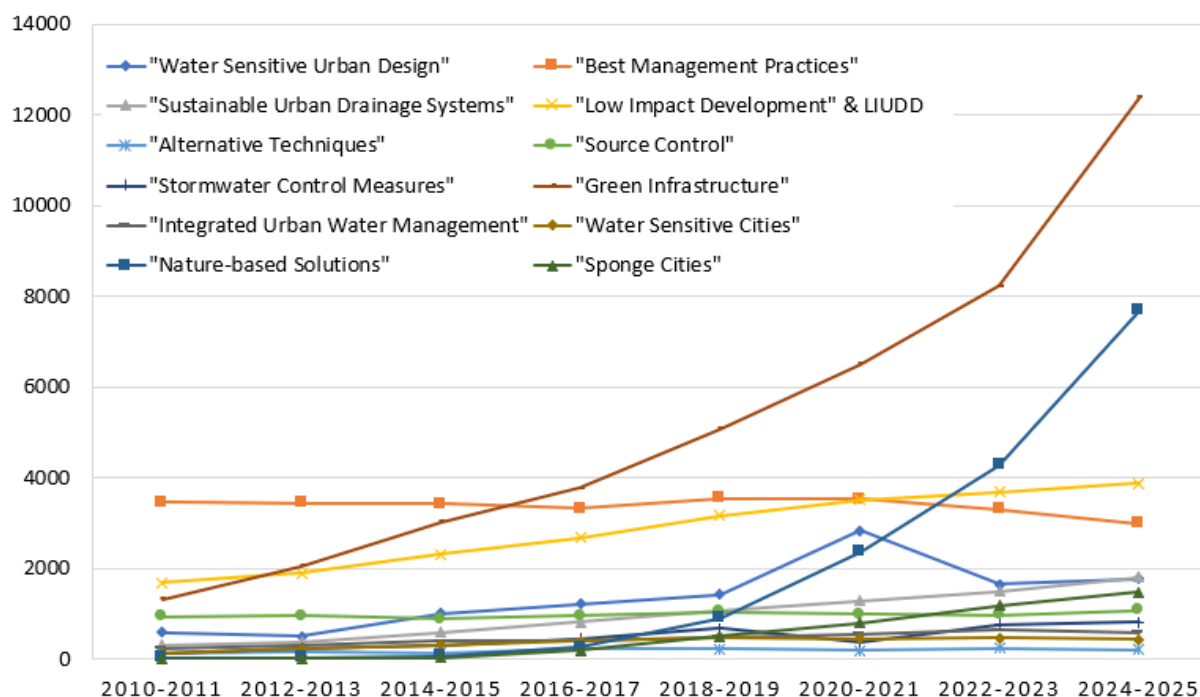


Figura 4 – Evolução de terminologias adotadas na drenagem e manejo de águas pluviais urbanas por biênio (Google Acadêmico, 2026)

Na busca pelas legislações federais, o termo “soluções baseadas na natureza” foi encontrado em cinco legislações federais recentes, duas delas revogadas e substituídas por legislações que continuaram a conter o termo SBN. Além disso, no contexto do manejo de águas pluviais, a Resolução nº 245 da ANA, que aprova a Norma de Referência nº 12/2025, menciona as SBNs em dez ocasiões, estabelecendo que os serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais devem adotar prioritariamente princípios de sustentabilidade e abordagens baseadas na natureza para atingir seus objetivos de resiliência.

No que concerne às legislações estaduais, a utilização do termo “soluções baseadas na natureza” foi encontrada em leis de 17 estados e no DF, conforme mostrado na Figura 5. Pode-se observar que estados de todas as regiões do país utilizam a nomenclatura. Nesse mesmo contexto, a avaliação das legislações municipais das Capitais e do DF mostraram (Figura 5) a existência de leis que mencionam as SBNs em instrumentos de 10 Capitais do país, correspondendo majoritariamente às Capitais dos estados do sul, sudeste e nordeste.

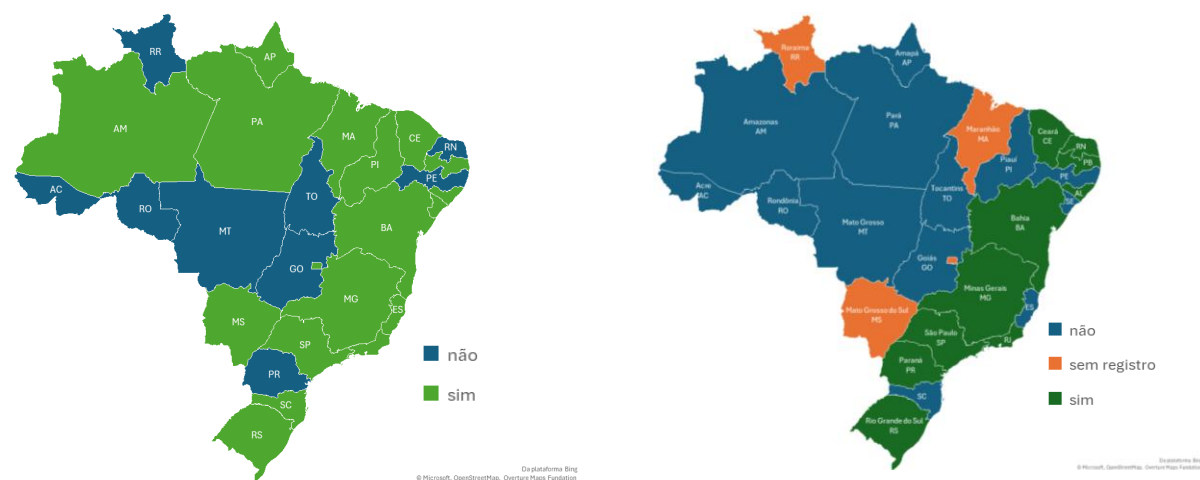


Figura 5 – À esquerda: Estados com legislações estaduais que utilizam o termo “soluções baseadas na natureza”; À direita: Estados cujas Capitais possuem legislações municipais que contenham o termo “soluções baseadas na natureza”

DISCUSSÃO

O uso do termo SBN em relação aos demais termos relacionados às soluções sustentáveis de manejo de águas pluviais urbanas demonstra uma consolidação dessa nomenclatura com um uso em publicações científicas em franca ampliação. O fortalecimento do termo SBN na comunidade pode ser evidenciado pela análise dos dados de produção acadêmica, que revelam um crescimento extremamente acentuado a partir de 2015. Enquanto em 2011 o termo era incipiente, o volume de publicações atuais demonstra uma inclinação de curva que sugere uma relevância científica consolidada e em expansão contínua. A distribuição geográfica dessa produção revela o protagonismo brasileiro. Embora a China e os Estados Unidos liderem o número total de publicações, o Brasil ocupa a 12ª posição global. Este dado é particularmente relevante ao considerar que o Brasil é o único país da América Latina e do hemisfério sul a figurar entre os maiores produtores científicos sobre o tema.

Além disso, a universalidade da terminologia pode ser comprovada pela presença de publicações originárias de 160 países. Ao comparar este número com os 193 países reconhecidos pela ONU conclui-se que SBN é uma linguagem científica globalizada. No Brasil, essa tendência se reflete em sua institucionalização. O mapeamento das legislações federais, estaduais e das capitais brasileiras indica que uma parcela importante já incorporou o termo em seus instrumentos legais, tais como Planos Diretores ou leis específicas de manejo de águas pluviais. Em 2022 a UNEP (2022) já havia demonstrado que as SBNs estavam sendo consideradas por diversos atores para ajudar a enfrentar desafios de sustentabilidade, por meio de compromissos por parte de governos, organizações internacionais, setor privado e sociedade civil.

A partir dos elementos pesquisados, acredita-se ter fortes indícios de que o uso do termo “soluções baseadas na natureza” vem substituindo as demais terminologias adotadas relacionadas ao manejo de águas pluviais e que esse termo é mundialmente difundido e aceito. Além disso, a presença do termo em legislações recentes ilustra essa aceitação e sua apropriação pelos gestores públicos.

Dessa forma, acredita-se que o desafio contemporâneo referente ao uso das SBNs se deslocou: não se trata mais de "por que usar", mas de "como implementar" de forma acessível, segura e escalável, superando os gargalos práticos que ainda restringem essas tecnologias a projetos experimentais ou isolados no país.

Nesse contexto, acredita-se que a academia tem papel crucial no enfrentamento desse novo desafio juntamente com o poder público, especialmente municipal. Preparada ou não, sua atribuição é de fornecer subsídios técnicos, legais, sociais e econômicos para os gestores, para o meio técnico e para a sociedade para o uso adequado dessas soluções. Reforçando o papel das pesquisas, a Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP/EA, 2022) enuncia, em sua Resolução 5, que as soluções baseadas na natureza são eficientes e eficazes quando projetadas com base em contextos específicos, alcançando múltiplos benefícios e devem ser aplicadas de acordo com a melhor ciência disponível.

O preparo da academia brasileira para desempenho dessa atribuição não se mostra simples. O retorno de experiências do uso de SBNs para o manejo de águas pluviais no Brasil ainda é escasso e fragmentado. Embora existam projetos de monitoramento de alta qualidade, a descontinuidade de financiamento para pesquisas de longo prazo impediu a criação de uma base de dados nacional sobre a eficiência real dessas estruturas em diferentes contextos. Assim, as barreiras a serem transpostas para um adequado fornecimento de subsídios para a implantação das SBNs para o manejo de águas pluviais no Brasil são transversais.

O Brasil possui uma diversidade climática e biológica vasta, sendo necessário, portanto, a adequação das SBNs às peculiaridades locais e biomas a fim reduzir a simples replicação de soluções em diferentes contextos. O uso das SBNs implica em uma abordagem transdisciplinar de forma a atingir suas múltiplas funcionalidades. Para tal deve-se avançar nas formas de interlocução e articulação entre os múltiplos atores que devem estar envolvidos no planejamento, execução e acompanhamento das soluções. Essa construção coletiva das soluções, discutida de forma detalhada por Martin et al. (2025), irá também contribuir para o uso de tecnologias sociais locais e a apropriação das soluções pela sociedade e pelos gestores, que serão responsáveis pela sua manutenção e

perenidade. A interconexão das SBNs com a infraestrutura cinza, verde e azul já implantada exige o cadastro técnico da infraestrutura existente e o monitoramento das variáveis climatológicas para uma concepção adequada dos sistemas urbanos de manejo de águas pluviais. O uso coerente das soluções passa por uma formação técnica adequada e para isso os currículos dos cursos técnicos e de graduação devem contemplar o arcabouço necessário para o desenvolvimento das SBNs.

A academia ainda pode auxiliar os gestores na capacitação de todos os atores envolvidos no processo de implementação de SBNs. A educação ambiental e a capacitação do meio técnico devem ser vistas como elementos estruturantes para a implantação efetiva e eficaz das soluções.

Finalmente, as soluções baseadas na natureza devem ser vistas como qualquer outro tipo de infraestrutura, que são dimensionadas para certas condições de funcionamento e que podem falhar caso ocorram condições diferentes. Assim, conforme enunciado por Alamdari (2026), as SBNs têm que ser vistas como soluções com limites de aplicabilidade e desempenho e devem ser implantadas onde e da forma que funcionem melhor, conhecidas as suas vulnerabilidades e complementadas quando forem insuficientes.

CONCLUSÕES

As Soluções Baseadas na Natureza estão deixando de ser exclusivamente uma tendência acadêmica e passaram a se tornar diretrizes normativas no Brasil. Apesar de estarmos passando por uma mudança de paradigma ainda existe um longo caminho a ser trilhado para que o seu conceito se sedimente e passe a ser incorporado, no geral, pelas legislações e pelo senso comum de maneira técnica, social e economicamente adequada. Assim, a legislação já exige a priorização dessas soluções. No entanto, sua acessibilidade real depende da superação dos gargalos técnicos e de gestão discutidos. É imperativo que o país dê condições para que a academia possa responder adequadamente aos desafios futuros.

A democratização das SBNs exige que elas deixem de ser vistas como uma "alternativa" para ser compreendidas como a base do planejamento urbano. Somente através da união entre o rigor técnico da engenharia, a abordagem ecossistêmica e o engajamento social será possível transformar nossas cidades em ambientes resilientes e sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Capes, Fapemig e CNPq pelo financiamento das pesquisas.

REFERÊNCIAS

- Alamdari, N. (2026) “*When nature-based solutions meet their limits: rethinking urban water resilience under climate extremes*”. Front. Water 8:1808577. doi: 10.3389/frwa.2026.1808577
- Cohen-Shacham E, Walters G, Janzen C, Maginnis S. (eds.). (2016). “*Nature-based Solutions to address global societal challenges*”. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/46191>
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). “*SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*”. Urban Water Journal, 12(7), 525-542. <https://doi.org/10.1080/1573062x.2014.916314>
- Martin, J. , Scolobig, A., Linnerooth-Bayer, J., Irshaid, J., Aguilera Rodriguez, J.J., Fresolone-Caparrós, A. , & Oen, A. (2025). “*The nature-based solution implementation gap: A review of nature-based solution governance barriers and enablers*”. Journal of Environmental Management 388 e126007. 10.1016/j.jenvman.2025.126007.
- United Nations Environment Programme (2022). “*Nature-based Solutions: Opportunities and Challenges for Scaling Up*”. Nairobi.
- UNEP/EA.5/Res.5 (2022). “*Nature-based Solutions for supporting sustainable development*”. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>