

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ESCOAMENTO PLUVIAL EM JARDINS DE CHUVA COM BIORRETENÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Valberg dos Anjos Miranda¹; Glória Maria Marinho Silva²; Waleska Martins Eloi³

RESUMO

A intensificação da urbanização tem provocado alterações significativas no ciclo hidrológico, aumentando o escoamento superficial e o transporte de poluentes para os corpos hídricos. Nesse contexto, os sistemas de drenagem urbana passaram a incorporar critérios qualitativos, buscando mitigar os impactos da poluição difusa associada ao escoamento pluvial. Entre as alternativas sustentáveis, destacam-se os jardins de chuva e os sistemas de biorretenção, considerados importantes Soluções Baseadas na Natureza para o manejo das águas urbanas. Este estudo analisa, por meio de revisão sistemática da literatura utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio*, a qualidade da água do escoamento pluvial em sistemas de biorretenção, considerando aspectos relacionados ao desempenho hidrológico e à remoção de poluentes. A metodologia envolveu levantamento exploratório, definição de descritores, seleção das bases de dados, aplicação de critérios de filtragem e análise dos artigos com base no fator de impacto, ano de publicação e número de citações. Os resultados evidenciaram elevada eficiência dos sistemas na remoção de sólidos suspensos, nutrientes e metais, além da redução do volume escoado e da atenuação de picos de vazão. Contudo, ainda persistem lacunas relacionadas à realização de estudos de longo prazo, análises econômicas integradas e aplicações em regiões de clima tropical e semiárido.

Palavras-chave: Qualidade da Água. Biorretenção. *Methodi Ordinatio*.

ABSTRACT

The intensification of urbanization has caused significant changes in the hydrological cycle, increasing surface runoff and the transport of pollutants into water bodies. In this context, urban drainage systems have incorporated qualitative criteria to mitigate the impacts of diffuse pollution associated with stormwater runoff. Among the sustainable alternatives, rain gardens and bioretention systems stand out as important Nature-Based Solutions for urban water management. This study analyzes, through a systematic literature review using the *Methodi Ordinatio* methodology, the water quality of stormwater runoff in bioretention systems, considering aspects related to hydrological performance and pollutant removal. The methodology involved an exploratory survey, definition of descriptors, selection of databases, application of filtering criteria, and analysis of articles based on impact factor, publication year, and number of citations. The results demonstrated high efficiency of these systems in removing suspended solids, nutrients, and metals, as well as reducing runoff volume and attenuating peak flows. However, gaps still remain regarding long-term studies, integrated economic analyses, and applications in tropical and semi-arid regions.

Key-words: Water Quality. Bioretention. *Methodi Ordinatio*.

1) Pós-Graduando do Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Fortaleza; (85) 98552-2210; mirandavalberg@gmail.com;

2) Docente do Departamento de Química e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Fortaleza; (85) 98808-9450; gloriamarinho@ifce.edu.br.

3) Docente no Departamento de Construção Civil e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Fortaleza; (85) 99610-0600; waleska@ifce.edu.br;

1. INTRODUÇÃO

A urbanização das bacias hidrográficas promove profundas alterações no ciclo hidrológico, sobretudo em função da substituição da cobertura vegetal natural por superfícies impermeáveis, processo que reduz significativamente a infiltração da água no solo e intensifica o escoamento superficial.

Esses impactos têm sido amplamente documentados na literatura, que aponta a impermeabilização como um dos principais fatores responsáveis pelas mudanças hidrológicas em áreas urbanas, incluindo o aumento do volume escoado e a modificação dos tempos de resposta das bacias (Tucci *et al.*, 1995; Ferreira, 2008). Como consequência, observa-se a elevação da velocidade do escoamento e do risco de inundações, além do aumento do transporte de cargas poluentes para os corpos hídricos receptores, configurando um dos principais mecanismos de degradação da qualidade da água em ambientes urbanos (Vivacqua, 2005; Wang *et al.*, 2022).

Documentadamente, as intervenções em drenagem urbana foram fundamentadas em sistemas convencionais de macro e microdrenagem, projetados prioritariamente para o controle quantitativo das águas pluviais, com foco na condução rápida do escoamento e na prevenção de alagamentos. Contudo, tais sistemas mostram-se limitados ao não incorporarem, de forma sistemática, o controle qualitativo da água de escoamento, o que compromete sua eficácia na mitigação da poluição difusa gerada pelas atividades urbanas (Ferreira, 2008).

No contexto urbano, técnicas como jardins de chuva e sistemas de biorretenção, enquadradas como infraestrutura verde, desempenham papel relevante ao reduzir o escoamento superficial, aumentar a infiltração e atenuar picos de vazão, além de melhorar a qualidade da água pluvial por meio de processos físicos, químicos e biológicos (Corbett *et al.*, 2024). Revisões recentes da literatura indicaram que essas estruturas apresentam elevada eficiência na remoção de sólidos suspensos, metais e nutrientes do escoamento urbano, além de contribuírem para a recarga dos aquíferos, o incremento da biodiversidade e a valorização paisagística e social dos espaços urbanos (Wang *et al.*, 2024).

Diante das limitações dos sistemas convencionais e da crescente demanda por soluções mais resilientes frente às mudanças climáticas, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) emergem como estratégias promissoras e multifuncionais para o manejo sustentável das águas urbanas (Tawfik *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar criticamente a produção científica recente sobre a qualidade da água do escoamento pluvial em jardins de chuva e sistemas de biorretenção, por meio de uma revisão sistemática da literatura baseada no método *Methodi Ordinatio*. Busca-se identificar o desempenho dessas estruturas na remoção de poluentes, mapear

tendências e focos temáticos da pesquisa internacional, bem como evidenciar lacunas de conhecimento que possam subsidiar o aprimoramento e a aplicação de soluções baseadas na natureza no manejo sustentável das águas pluviais urbanas.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão sistemática da literatura, utilizando o método *Methodi Ordinatio*, proposto por Pagani *et al.* (2015), com o objetivo de identificar, classificar e hierarquizar publicações científicas relevantes relacionadas à qualidade da água de escoamento pluvial e às tecnologias aplicadas em jardins de chuva e sistemas de biorretenção.

O *Methodi Ordinatio* integra critérios quantitativos e qualitativos, conferindo maior rigor metodológico, avaliação, rastreabilidade e transparência ao processo de seleção dos estudos, além de permitir a construção de um panorama robusta e comparável da produção científica sobre o tema.

Conforme descrito por Pagani *et al.* (2015), o método é estruturado em nove etapas sequenciais, que orientam de forma sistemática todas as fases da revisão, desde a definição do tema até a análise crítica dos estudos selecionados.

Inicialmente, realizou-se a definição do tema de pesquisa, seguida da identificação de palavras-chave associadas à temática investigada, com foco em soluções baseadas na natureza e em técnicas de *Low Impact Development* (LID) aplicadas ao controle e ao tratamento do escoamento superficial urbano. Em seguida, os termos-chave foram sistematicamente organizados e combinados em dois procedimentos distintos, ambos utilizando o operador booleano *AND*, cuja finalidade é restringir os resultados da busca à interseção entre os termos, garantindo que todos os descritores selecionados estejam simultaneamente presentes nos documentos recuperados.

No primeiro procedimento, as combinações foram realizadas exclusivamente com o uso do operador booleano *AND*. Posteriormente, essas mesmas combinações foram repetidas com a utilização de aspas duplas, recurso empregado para assegurar a recuperação de expressões exatas, preservando a ordem e a associação semântica dos termos, o que contribui para a precisão e refinamento dos resultados obtidos. As estratégias finais de busca adotadas estão apresentadas na Tabela 1.

Após a definição das estratégias e das palavras-chave utilizadas, foram estabelecidas as combinações finais entre os termos, destacando-se a expressão “*water quality*” *AND* “*LID*” *AND* “*bioretention cell*” *AND* “*rain garden*” *AND* “*stormwater runoff*” como a mais representativa e alinhada aos objetivos do estudo proposto.

Tabela 1 – Combinações de palavras-chave

COMBINAÇÕES
<i>water quality AND LID AND bioretention</i>
<i>water quality AND LID AND bioretention AND rain Garden</i>
<i>water quality AND LID AND bioretention AND rain garden AND stormwater runoff</i>
<i>water quality AND LID AND bioretention cell</i>
<i>water quality AND LID AND bioretention cell AND rain Garden</i>
<i>water quality AND LID AND bioretention cell AND rain garden AND stormwater runoff</i>
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention"</i>
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention" AND "rain garden"</i>
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention" AND "rain garden" AND "stormwater runoff"</i>
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention cell"</i>
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention cell" AND "rain garden"</i>
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention cell" AND "rain garden" AND "stormwater runoff"</i>

Fonte: Autor (2026).

Na sequência, procederam-se as buscas nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *ScienceDirect*, selecionadas em função de sua ampla cobertura e relevância científica na área ambiental. Foram aplicados filtros para a seleção de artigos científicos publicados entre 2020 e 2025, redigidos no idioma inglês, incluindo-se, de forma complementar, estudos de 2018 e 2019 cuja contribuição conceitual e metodológica justificou sua incorporação ao corpo analisado. Além disso, restringiu-se a busca a trabalhos do tipo artigo científico, por fornecerem uma visão mais consolidada e aprofundada do estado da arte.

Posteriormente, realizou-se a exclusão de duplicatas com o auxílio do *software JabRef*, seguida de uma análise preliminar dos títulos, resumos e palavras-chave, com o objetivo de verificar a aderência dos estudos ao escopo da pesquisa. Em seguida, aplicou-se o índice *InOrdinatio*, conforme a Equação 1, que considera simultaneamente o fator de impacto do periódico, o número de citações e o ano de publicação, permitindo a hierarquização sistemática e transparente dos artigos selecionados, conforme proposto por Pagani *et al.* (2015).

$$InOrdinatio = \left(\frac{FI}{1000} \right) + \alpha (10 - (Apesq - Apub)) + Ci \quad (1)$$

Sendo: FI = fator de impacto do periódico no qual o artigo foi publicado; α (alfa) = coeficiente de ponderação atribuído pelo pesquisador, que representa a importância relativa da atualidade do artigo em relação ao número de citações (normalmente varia entre 1 e 10); Apesq = ano em que a pesquisa foi realizada; Apub = ano de publicação do artigo; Ci = número de citações do artigo.

Os artigos foram então ordenados de acordo com o valor do índice *InOrdinatio*, e procedeu-se à leitura integral dos estudos com maior pontuação, assegurando a seleção final dos trabalhos mais

relevantes. Por fim, os artigos selecionados foram analisados de forma crítica e sistemática, conferindo robustez à discussão dos resultados e a síntese do conhecimento produzido sobre a qualidade da água de escoamento pluvial em jardins de chuva e sistemas de biorretenção.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir das combinações de palavras-chave previamente definidas, foi possível identificar o quantitativo de publicações indexadas nas bases de dados reportadas na literatura. Esses resultados permitiram mapear a abrangência e a recorrência dos termos pesquisados, evidenciando tendências e lacunas temáticas, conforme apresentado de forma sistematizada na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantitativo de publicações por base de dados

COMBINAÇÕES DE KEYWORDS	WEB OF SCIENCE	SCOPUS	SCIENCE DIRECT	TOTAL
<i>water quality AND LID AND bioretention</i>	71	849	421	1341
<i>water quality AND LID AND bioretention AND rain Garden</i>	49	359	251	659
<i>water quality AND LID AND bioretention AND rain garden AND stormwater runoff</i>	30	341	243	614
<i>water quality AND LID AND bioretention cell</i>	27	438	257	722
<i>water quality AND LID AND bioretention cell AND rain Garden</i>	32	214	159	405
<i>water quality AND LID AND bioretention cell AND rain garden AND stormwater runoff</i>	24	203	154	381
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention"</i>	54	714	368	1136
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention" AND "rain garden"</i>	44	297	208	549
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention" AND "rain garden" AND "stormwater runoff"</i>	22	212	146	380
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention cell"</i>	10	349	179	538
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention cell" AND "rain garden"</i>	27	173	110	310
<i>"water quality" AND "LID" AND "bioretention cell" AND "rain garden" AND "stormwater runoff"</i>	24	148	50	222

Fonte: Autor (2026).

A Tabela 3 sintetiza o processo de filtragem e seleção dos documentos que compuseram o portfólio final desta pesquisa, evidenciando as etapas metodológicas adotadas para garantir rigor e relevância científica.

Tabela 3 – Resultados da filtragem de documentos

CRITÉRIO	NÚMERO DE DOCUMENTOS
Total de documentos coletados	222
Eliminação de duplicatas	10
Eliminação por leitura (título)	103
Total de artigos Eliminados	113
Total de artigos no Portfólio	109

Fonte: Autor (2026).

A partir da última combinação de palavras-chave, definida na etapa metodológica por apresentar maior aderência aos objetivos do estudo, a filtragem final resultou na seleção de 109 artigos que compõem o portfólio definitivo da pesquisa. Esse resultado evidencia a efetividade do processo de busca e refinamento adotado, ao concentrar estudos com maior relevância científica e alinhamento temático. O conjunto de publicações selecionadas confere maior consistência às análises desenvolvidas.

Na Figura 1 está mostrada a distribuição das publicações por ano, evidenciando um interesse crescente e sustentado no tema da gestão de águas pluviais e no uso de Dispositivos de Baixo Impacto (LID), com um pico de produção científica nos anos de 2022 e 2023.

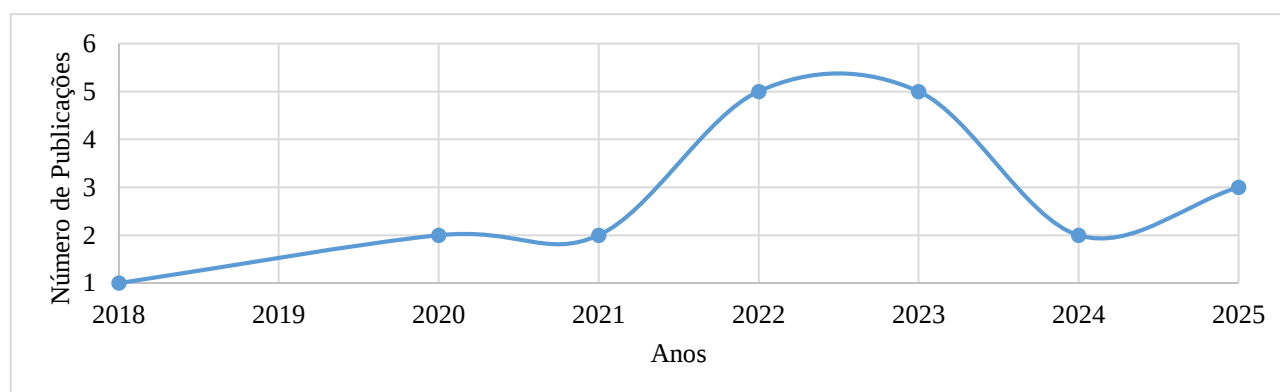


Figura 1 – Número de publicações por ano.

As publicações mais antigas referem-se a estudos sobre biorretenção em climas subtropicais, abordando redução de volume e melhoria da qualidade da água para segurança hídrica. A pesquisa se intensifica a partir de 2022, com foco em modelagem, otimização de design e impactos de poluentes emergentes.

No que se refere aos focos temáticos, identificados a partir da leitura integral dos artigos e do fichamento por temas em comum, observa-se uma forte convergência em torno da biorretenção e dos

Dispositivos de Baixo Impacto (LID) como estratégias centrais para a gestão sustentável das águas pluviais em ambientes urbanos, conforme sistematizado na Tabela 4.

Tabela 4 – Foco temático por fichamento a partir de temas em comum

Tema Central	Foco Principal do Tema
Otimização da Biorretenção e Remoção de Nitrogênio (N)	Uso de aditivos (biochar, ferro zero-valente (ZVI), materiais poliméricos) e zonas de armazenamento interno de água para potencializar a desnitrificação e a remoção de N e P. A BR-3 otimizada mostrou maior eficiência na remoção de nitrogênio total (TN) ($64,03 \pm 8,72\%$).
Modelagem Hidrológica e Avaliação de Desempenho	Comparação e calibração de modelos (SWMM, DRAINMOD-Urban, HYDRUS) para simular hidrogramas e volumes de escoamento. Foco na análise de sensibilidade de parâmetros verticais (altura das camadas) e estratégias de posicionamento (a montante/jusante) para mitigar inundações.
Qualidade da Água e Poluentes Específicos	Estudo de poluentes críticos: nitrogênio, fósforo, COD, TSS e metais pesados. Foco na distribuição e composição de microplásticos em biorretenção (dominância de PP, EVA, PS e borracha EPDM) e sua acumulação na camada superficial.
Impactos Regionais, Urbanização e Inundação	Avaliação de projetos de melhoria da qualidade da água em áreas urbanas (China e Egito). Análise da poluição por escoamento inicial de águas pluviais sob diferentes cenários de chuva. Discussão sobre a aplicação de LID em países em desenvolvimento (Indonésia) e suas barreiras (densidade e custo).
Avaliação Econômica e Custo-Efetividade	Comparação de custos de ciclo de vida (LCC) entre soluções de drenagem convencionais (CDS) e LID (telhados verdes, superfícies permeáveis) para mitigação de inundações. O LID é frequentemente mais atraente ao considerar co-benefícios ambientais e sociais.

Fonte: Autor (2026).

Pela análise integrada dos artigos selecionados, evidencia-se um forte consenso quanto à eficácia das Soluções Baseadas na Natureza (SbN), especialmente jardins de chuva, sistemas de biorretenção e outras práticas de *Low Impact Development* (LID), no manejo sustentável das águas pluviais urbanas. De modo geral, os estudos convergem ao demonstrar reduções significativas do volume de escoamento superficial, atenuação de picos de vazão e melhoria expressiva da qualidade da água, reforçando o papel dessas estruturas como alternativas viáveis aos sistemas convencionais de drenagem urbana.

No que se refere ao desempenho hidrológico, os trabalhos indicaram que a biorretenção apresenta elevada capacidade de retenção e infiltração, contribuindo para a diminuição do escoamento direto e para o aumento da resiliência urbana frente a eventos extremos de precipitação. Estudos em diferentes escalas, desde unidades experimentais até análises em nível de bacia hidrográfica, demonstram que a eficácia dessas soluções depende fortemente de fatores como características climáticas, tipo de solo, configuração do sistema e posicionamento espacial das estruturas. Modelagens hidrológicas com ferramentas como SWMM e *DRAINMOD-Urban* reforçam esses achados, evidenciando a importância da calibração adequada dos parâmetros de projeto para maximizar o desempenho dos dispositivos LID.

Quanto à qualidade da água, a literatura revela elevada eficiência dos sistemas de biorretenção na remoção de sólidos suspensos, nutrientes (nitrogênio e fósforo), matéria orgânica e metais. Diversos estudos apontam que a incorporação de materiais filtrantes modificados, como biochar, ferro zero-valente, zeólitas, rochas vulcânicas e materiais poliméricos, potencializa significativamente os processos de adsorção, desnitrificação e retenção de contaminantes. Resultados de longo prazo indicam que esses materiais não apenas melhoram a eficiência de remoção, mas também influenciam positivamente a dinâmica microbiana do meio filtrante, favorecendo processos biogeoquímicos essenciais para o tratamento do escoamento pluvial.

Outro aspecto relevante abordado nos artigos refere-se à diversidade de poluentes emergentes associados ao escoamento urbano. Estudos recentes destacam a presença e a acumulação de microplásticos nos meios filtrantes de sistemas de biorretenção, especialmente nas camadas superficiais, indicando que essas estruturas atuam como importantes sumidouros desses contaminantes. Embora esse papel seja ambientalmente positivo, os resultados também apontam desafios relacionados à manutenção, ao gerenciamento dos resíduos acumulados e à avaliação dos impactos a longo prazo. De forma complementar, análises comparativas entre soluções convencionais de controle de cheias e estratégias sustentáveis mostram que, embora sistemas tradicionais apresentem respostas rápidas ao controle de vazões, as SbN se destacam pela multifuncionalidade, oferecendo benefícios ambientais, sociais e econômicos adicionais. Avaliações de custo-benefício e de ciclo de vida indicam que, quando consideradas vantagens adicionais e positivas, os dispositivos LID tendem a apresentar maior atratividade a médio e longo prazo.

A análise da distribuição bibliográfica dos trabalhos mais bem posicionados no *ranking* evidencia um cenário de colaboração científica global, com nítida concentração geográfica da produção acadêmica, conforme apresentado na Tabela 5.

Percebe-se o predomínio de estudos originados ou aplicados na China, que concentra o maior número de publicações (10 trabalhos), seguida pelos Estados Unidos, com três estudos, configurando esses países como polos centrais na pesquisa relacionada às Soluções Baseadas na Natureza, biorretenção e Dispositivos de Baixo Impacto. Essa concentração reflete tanto o elevado investimento em pesquisa quanto a relevância dos desafios urbanos enfrentados nessas regiões, especialmente no que se refere à gestão das águas pluviais.

Tabela 5 – Distribuição geográfica da bibliografia consultada

País/Região	Número de Trabalhos	Autores Principais / Maior Contribuição
China	10	Jiajie Chen, Ling Yang, Yepeng Mai, Guohao Li, Gongduan Fan, Yike Meng, Husnain Tansar, Shaofeng Yan, Shuanglin Yang, Mahmoud Mabrouk

Estados Unidos	3	W.A. Lisenbee, Md Yeasir A. Rahman, Katharina Lange (co-autoria EUA/Suécia/Alemanha)
Alemanha	2	Philipp Stinshoff, Joanna Bąk (co-autoria Polônia/Alemanha)
África do Sul	2	Ndivhuwo Ramovha, Margit Kõiv-Vainik (co-autoria multi)
Brasil	1	Marina Batalini de Macedo
Grécia	1	Ioannis M. Kourtis
Indonésia	1	Fidyasari Kusuma Putri
Outros (Afiliações Múltiplas/Secundárias)	5	Austrália, Dinamarca, Suécia, Egito, Japão, Estônia, Hungria, Polônia

Fonte: Autor (2026).

Além desses países, a produção científica apresenta contribuições relevantes da Alemanha e da África do Sul, com dois trabalhos cada, bem como participações pontuais de Brasil, Grécia e Indonésia, cada um com um estudo. A presença de países em desenvolvimento entre as publicações analisadas indica um interesse crescente na adoção de soluções baseadas na natureza em contextos urbanos diversos, ainda que em menor escala quando comparados aos países com maior tradição em pesquisa e financiamento científico.

Destaca-se também a categoria de afiliações múltiplas ou secundárias, que reúne cinco trabalhos com colaboração internacional envolvendo países como Austrália, Dinamarca, Suécia, Egito, Japão, Estônia, Hungria e Polônia. Esse resultado reforça o caráter interdisciplinar e transnacional das pesquisas, evidenciando a formação de redes colaborativas voltadas ao aprimoramento de tecnologias verdes e estratégias sustentáveis de drenagem urbana.

4. CONCLUSÃO

A revisão sistemática demonstrou que jardins de chuva e sistemas de biorretenção são soluções eficazes para o manejo sustentável das águas pluviais, contribuindo para a redução do escoamento superficial e para a melhoria da qualidade da água. Os estudos analisados evidenciaram elevada eficiência na remoção de sólidos suspensos, nutrientes e metais, especialmente com o uso de meios filtrantes otimizados, como biochar e ferro zero-valente. Ferramentas de modelagem hidrológica também se mostraram essenciais para o aprimoramento do desempenho dos dispositivos LID e para o planejamento urbano resiliente. Apesar dos avanços científicos e do crescimento das pesquisas sobre o tema, ainda existem lacunas relacionadas a estudos de longo prazo, integração entre análises hidrológicas, qualitativas e econômicas, além da aplicação limitada em climas tropicais e semiáridos. Ainda assim, a biorretenção se destaca como uma estratégia multifuncional alinhada às

Soluções Baseadas na Natureza, com grande potencial para promover cidades mais sustentáveis e resilientes.

5. REFERÊNCIAS

CORBETT, E.; IJAZ, U. Z.; JACKSON, I.; PHOENIX, V. R. Stormwater quality and microbial ecology in an urban rain garden system. *Frontiers in Water*, v. 6, 2024. DOI: 10.3389/frwa.2024.1383382.

FERREIRA, L. C. A. *Variação da qualidade da água do escoamento superficial de duas bacias de drenagem de Natal/RN – Brasil*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: A proposed methodology to select and rank relevant scientific papers. *Scientometrics*, Amsterdã, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

TAWFIK, M.; HOOGESTEGER, J.; MOUSSA, M.; HELLEGERS, P. “Squeezing out” the Nile Delta’s drainage water to irrigate Egypt’s desert land. *Water*, v. 16, n. 1, p. 157, 2024. DOI: 10.3390/w16010157.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. *Drenagem urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

VIVACQUA, M. C. R. *Qualidade da água do escoamento superficial urbano: revisão visando o uso local*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

Wang, M.; Zhuang, J.; Sun, C.; Wang, L.; Zhang, M.; Fan, C.; Li, J. The Application of Rain Gardens in Urban Environments: A Bibliometric Review. *Land* 2024, 13, 1702. <https://doi.org/10.3390/land13101702>

WANG, S.; MA, Y.; ZHANG, X.; YU, Y.; ZHOU, X.; SHEN, Z. Nitrogen transport and sources in urban stormwater with different rainfall characteristics. *Science of the Total Environment*, v. 837, p. 155902, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155902.