



ABORDAGENS BASEADA NA NATUREZA PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS EM AMBIENTES URBANOS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Nature-Based Approaches for Sustainable Stormwater Management in Urban Environments: A Bibliometric Analysis

Ronaldo Adriano Alves¹
Anderson Paulo Rudke^{2 3}
Jorge Alberto Martins²
Mauricio dos Santos Moreira^{1 2}



RESUMO

Este estudo avaliou as tendências emergentes e tópicos relevantes sobre gestão de águas pluviais em ambientes urbanos e sistemas de drenagem que englobam abordagens baseadas na natureza. Com base no banco de dados Scopus, 4.849 artigos publicados entre 1995 e 2023 foram selecionados para a análise bibliométrica. O software VOSviewer foi utilizado para agrupar os artigos em temas de importância e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para gerar representação cartográfica anamorfose, demonstrando os locais onde a temática é mais abordada. Além disso, o método de diagrama de cordas foi utilizado para verificar a cooperação internacional em pesquisas sobre a temática. No geral, os resultados revelaram um notável aumento na quantidade de estudos nos últimos anos. Os temas mais abordados estão fortemente vinculados ao escoamento, inundações, tempestades, águas pluviais e qualidade da água. Estados Unidos, China e países europeus se destacaram como principais protagonistas nessas pesquisas. Contudo, há uma crescente colaboração e participação de instituições de países em desenvolvimento na condução de estudos, mostrando uma tendência de internacionalização nas pesquisas. Por fim, verifica-se que não há uma padronização terminológica na abordagem dos sistemas de drenagem pluvial sustentável. Cada região global ou país reflete um entendimento compartilhado localmente, resultando em uma diversidade de terminologias empregadas.

Palavras Chave: Drenagem pluvial; Soluções Baseadas na Natureza; Revisão bibliométrica.

ABSTRACT

This study assessed emerging trends and relevant topics on stormwater management in urban environments and drainage systems that encompass nature-based approaches. Based on the Scopus database, 4,849 articles published between 1995 and 2023 were selected for bibliometric analysis. The VOSviewer software was used to cluster articles into essential themes, and Geographic Information Systems (GIS) were used to generate choropleth maps, demonstrating areas where the theme is most addressed. The chord diagram method was also employed to assess international collaboration in research on the subject. Overall, the results revealed a significant increase in the number of studies in recent years. The most addressed themes are strongly linked to runoff, floods, storms, stormwater, and water quality. The United States, China, and European countries contributed significantly to this research. However, there is a growing collaboration and participation of institutions from developing countries in conducting studies, indicating a trend of internationalization in research. Lastly, it is observed that there is no standardized terminology in the approach to sustainable stormwater drainage systems. Each global region or country reflects a locally shared understanding, resulting in diverse employed terminologies.

Keywords: Rainwater drainage; Nature-based solutions; Bibliometric review.

¹. Universidade Estadual de Londrina - UEL, e-mail: spgcce@uel.br

². Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, e-mail: derac-ld@utfpr.edu.br

³. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, e-mail: sadm@prpg.ufmg.br

RESUMEN

Este estudio evaluó las tendencias emergentes y los temas relevantes sobre la gestión de aguas pluviales en entornos urbanos y sistemas de drenaje que abarcan enfoques basados en la naturaleza. Con base en la base de datos Scopus, se seleccionaron 4,849 artículos publicados entre 1995 y 2023 para el análisis bibliométrico. Se utilizó el software VOSviewer para agrupar los artículos en temas de importancia y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar representaciones cartográficas anamórficas, mostrando las áreas donde se aborda más la temática. Además, se empleó el método de diagrama de cuerdas para verificar la cooperación internacional en la investigación sobre el tema. En general, los resultados revelaron un notable aumento en la cantidad de estudios en los últimos años. Los temas más tratados están fuertemente vinculados a la escorrentía, inundaciones, tormentas, aguas pluviales y calidad del agua. Estados Unidos, China y países europeos destacaron como principales protagonistas en esta investigación. Sin embargo, existe una creciente colaboración y participación de instituciones de países en desarrollo en la realización de estudios, lo que indica una tendencia de internacionalización en la investigación. Por último, se observa que no hay una estandarización terminológica en el enfoque de los sistemas de drenaje pluvial sostenible. Cada región global o país refleja una comprensión compartida a nivel local, lo que resulta en una diversidad de terminologías empleadas.

Palabras clave: Drenaje de aguas pluviales; Soluciones basadas en la naturaleza; Revisión bibliométrica.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais antigos, as cidades têm sido o ponto central do desenvolvimento social, cultural e econômico. Atualmente, em virtude de conflitos entre o crescimento socioeconômico e o ecossistema natural, enfrentamos adversidades que nos colocam em uma situação de maior vulnerabilidade (Ying et al., 2022). Sabe-se, por exemplo, que as mudanças no uso e cobertura do solo podem gerar impactos que vão desde a perda dos habitats naturais e produção vegetal até o aumento de inundações, poluição, riscos à saúde e, conseqüentemente, elevando custos sociais (Eskandari et al., 2022; Gabriels et al., 2022; Marsan, 2018; Rudke et al., 2022). Deste modo, conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, economia circular e crescimento inteligente emergiram como pilares cruciais no enfrentamento das problemáticas ambientais contemporâneas (Barbesgaard, 2018; Girling, 2010; Ramírez et al., 2016; Tsaligopoulos et al., 2022; Ying et al., 2022).

A temática relacionada à gestão sustentável dos recursos naturais vem avançando desde a década de 1970. Notavelmente, nos últimos anos, sua relevância tem aumentado exponencialmente devido à intensificação dos debates acerca das mudanças climáticas e seus impactos sobre o ciclo hidrológico. Neste sentido, diversas iniciativas têm sido desenvolvidas para reduzir riscos de desastres, dentre os quais, aqueles associados aos riscos hidrometeorológicos (e.g., inundações, secas, tempestades, deslizamentos de terra, ondas de calor) (Sahani et al., 2019). Diversos estudos

têm enfatizado que infraestruturas e abordagens urbanas tradicionais para o gerenciamento de águas pluviais, por exemplo, não serão capazes de lidar com o aumento e a intensificação dos riscos advindo das mudanças climáticas (Casal-Campos et al., 2015; Hamlin & Nielsen-Pincus, 2021; Kumar et al., 2020; Oanh et al., 2020).

Atualmente, há um crescente incentivo à adoção de abordagens baseadas em infraestruturas verdes (soluções vegetadas para águas pluviais, por exemplo), que têm sido incentivadas tanto na pesquisa quanto na prática. A terminologia evoluiu localmente ao longo do tempo (Fletcher et al., 2015). Logo, a literatura científica traz uma diversidade de termos para tais práticas sendo que os de maior sucesso são: *Sustainable Urban Drainage System (SUDS)*, *Low Impact Development (LID)*, *Water Sensitive Urban Designer (WSUD)*, *Sponge City* e *Nature-based Solutions (NBS)*. Na prática, esses conceitos são semelhantes e, em algumas ocasiões, diferenciam-se apenas pelo grau de integração com os ecossistemas (Fletcher et al., 2015).

Abordagens baseadas na natureza vêm, ao longo dos últimos anos, ganhando atenção especialmente como estratégias de gestão de áreas urbanas, onde são enfatizadas a gestão de águas pluviais e residuais e a conectividade ecológica e/ou aplicações voltadas à saúde e bem-estar (Kalantari et al., 2019; Laforteza et al., 2018; Maes & Jacobs, 2017; Vujcic et al., 2017; Zölch et al., 2017). Diversos destes estudos mostraram bom desempenho na redução do escoamento (vazões e volumes de pico) e melhoria na qualidade da água (Kazemi et al., 2017; Lin et al., 2018; O'Donnell et al., 2018; Perales-Momparler et al., 2017; Shafique et al., 2016). Estudos importantes de revisão de literatura publicados nos últimos anos contribuiram também para uma melhor compreensão sobre as técnicas atuais de controle de poluição e retenção do escoamento de chuva em áreas urbanas (Fletcher et al., 2015; Kia et al., 2017; Macedo et al., 2009; Singer et al., 2022; Thome et al., 2016; Ying et al., 2022; Zha et al., 2021). No entanto, até o presente momento, tem havido pouca ênfase na compilação de dados estatísticos em escala abrangente a partir de uma revisão quantitativa da literatura, que englobe os caminhos que estão sendo traçados pela comunidade científica no que diz respeito às abordagens destinadas a mitigar questões ambientais em ambientes urbanos.

A bibliometria é amplamente utilizada para avaliações quantitativas em diversas áreas de pesquisa, e as revisões bibliométricas podem oferecer informações valiosas sobre o panorama de uma área específica de estudo. Desse modo, esta pesquisa utilizou o método da bibliometria para realizar uma análise multidimensional e visual da distribuição, fronteira e tendência da literatura (Wang et al., 2021). O objetivo foi dar enfoque em sistemas urbanos de drenagem pluvial e soluções inspiradas na natureza. De forma mais específica, este estudo busca revelar um panorama geral das pesquisas, processos de desenvolvimento e as direções para um planejamento urbano sustentável.

METODOLOGIA

Uma revisão bibliométrica corresponde ao processo de utilização de modelos matemáticos e estatísticos para analisar as informações publicadas sobre uma determinada área de conhecimento (Araújo & Alvarenga, 2011). As fontes de um estudo bibliométrico, em geral, são artigos científicos provenientes de estudos originais, avaliados por pares e disponibilizados em bancos de dados. Um método planejado possibilita a coleta, seleção e análise crítica de estudos na busca de responder a alguma questão científica de interesse (Macedo et al., 2009). O presente estudo buscou analisar a produção científica relacionada às complexidades do meio urbano, onde são incorporadas soluções naturais, baseadas em infraestrutura verde. Desse modo, a pergunta norteadora desta pesquisa foi: “De que maneira têm evoluído globalmente os estudos sobre gestão de águas pluviais urbanas sob a perspectiva de abordagens baseadas na natureza?”

A fase inicial deste estudo envolveu a cuidadosa seleção do banco de dados, bem como a definição de palavras-chave e/ou termos de busca e período a ser investigado na plataforma de pesquisa (Tabela 1). Optou-se pelo uso da plataforma SCOPUS, uma base de dados abrangente que engloba mais de 19,5 mil títulos provenientes de mais de 5.000 editoras internacionais. Além de ser uma base de dados robusta, o que motivou a escolha dessa plataforma foram as vantagens oferecidas, como a possibilidade de realizar pesquisas por palavras no título e no resumo, além da indexação de um vocabulário atribuído a cada referência. O acesso a base de dados se deu através do Portal CAPES/ Brasil, uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza manuscritos científicos para institutos de pesquisa e universidades brasileiras.

Tabela 1. Revisão Sistemática da Literatura (RSL): Palavras-chave e termos de busca

Base de dados	Palavras-chaves e/ou Termos de busca e Operadores Booleanos	Período da pesquisa
Scopus	((("nature-based solutions" OR "sustainable urban drainage system" OR "low impact development" OR "water sensitive urban designer" OR "sponge city" OR "green infrastructure") AND ("flood risk management" OR "climate changes" OR "climate sensitive urban design" OR "ecosystem-based approaches" OR "environmental impact" OR "flood defense strategies" OR "environmental management" OR "green space" OR "hydro-climatic extremes" OR "land use change" OR "mitigation measure" OR "natural flood management" OR "source control" OR "storm runoff" OR "storm water" OR "stormwater management" OR "sustainable cities" OR "surface runoff" OR "sustainable development" OR "sustainable solutions" OR "urban design" OR "urban flood" OR "urban water planning" OR "water quality" OR "flood risk mitigation" OR "mitigating floods" OR "urban water management" OR adaptation OR "natural flood management" OR rainwater OR runoff OR sustainability))) AND NOT TITLE-ABS-KEY ((agriculture OR rural OR "rural areas" OR farming OR farm)))	1995 - 2023

A seleção dos artigos avaliados considerou o recorte temporal que se estende de 1995 a 2023. Além disso, aplicou-se filtro de busca para a seleção de artigos revisados por pares e publicados no idioma inglês. Inicialmente foram encontradas 4.930 publicações. Com a remoção de duplicatas, nas bibliotecas do Mendeley e Endnote web, o número de artigos inseridos na pesquisa reduziu para 4.849. Posteriormente estes dados foram trabalhados no software Vosviewer para gerar mapas de visualização de densidade.

O VOSviewer é um programa de representação gráfica criado na Universidade de Leiden, na Holanda (van Eck & Waltman, 2010). Essa ferramenta possui uma notável capacidade de agrupamento e proporciona uma visualização eficaz para explorar e identificar pontos de pesquisa relevantes em diversos campos (Ying et al., 2022). A finalidade da modelagem no software VOSViewer, é produzir uma representação visual em que os elementos são posicionados de modo que a distância entre quaisquer objetos seja um reflexo preciso de sua similaridade (Peixe & Pinto, 2022). Em suma, o VOSViewer é um programa que se concentra na criação, visualização e exploração de mapas baseados em dados de redes, como explicado no manual de (van Eck & Waltman, 2020).

Por fim, com base nos dados coletados através da busca sistemática, realizou-se uma análise descritiva dos dados, bem como a criação de mapas temáticos. Os mapas foram produzidos através do software QGIS versão 3.32.0. Neste estudo, optou-se pela criação de anamorfose cartográfica, uma vez que essa forma de representação facilita a visualização das áreas globais com maior ou menor relevância no contexto do fenômeno analisado. As representações em anamorfose cartográfica envolvem a distorção das áreas das unidades mapeadas de acordo com uma relação proporcional aos dados quantitativos representados (Ribeiro & Silva, 2020). No software QGIS, a conversão por anamorfose é realizada através do complemento Cartogram3. Nesta ferramenta é carregada a camada representativa de todos os países mapeados na pesquisa, bem como o campo que integra o dado quantitativo.

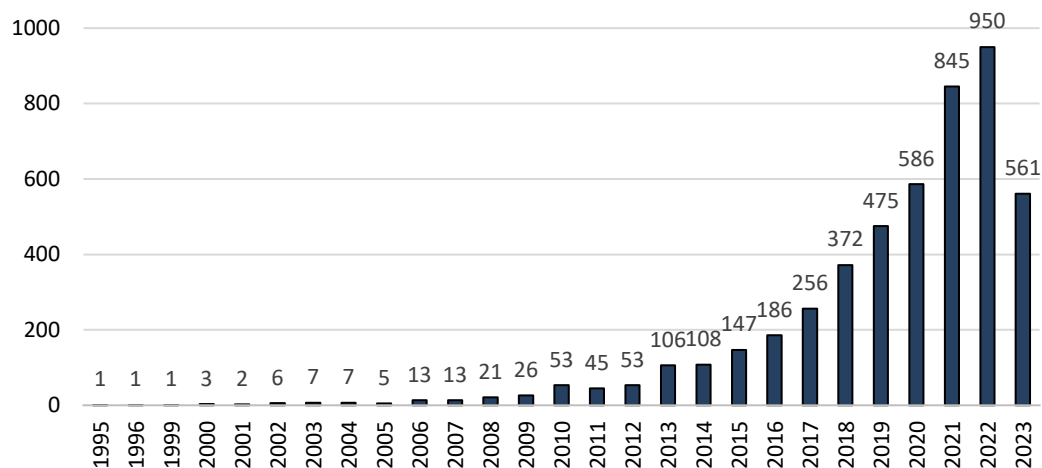
RESULTADOS

Visão Geral dos Dados

A análise começa com uma síntese dos resultados sobre a distribuição temporal das publicações ao longo do período investigado, conforme mostrado na Figura 1. Observa-se que durante a primeira década (1995 a 2005), foram publicados apenas 33 artigos, representando menos

de 1% do total de produções. É importante notar que, entre os anos de 1997 e 1998, caso tenha havido publicações, estas não foram filtradas pelos critérios de busca desta pesquisa.

Figura 1. Número de estudos publicados por ano (1995-2023) abrangendo os 4.849 artigos revelados pela busca sistemática na literatura.



O maior número de produções foi no ano de 2022, com 950 publicações. Observa-se que ao longo da última década (2012-2022), o crescimento médio de publicações por ano é de aproximadamente 35%. Para o ano de 2023, deve-se considerar que foram incluídas publicações realizadas somente até o mês de julho, mês em que foram conduzidas as buscas. Potencialmente o ano de 2023 será o ano com maior número de publicações, seguindo uma evidente tendência de aumento exponencial.

Análise do Uso de Palavras-chave e Tendências Metodológicas

A Figura 2 apresenta o mapa conceitual de palavras-chave gerado através do software VOSviewer. A imagem é interpretada com base nas cores, tamanhos e conexões apresentadas entre as palavras. Observa-se que quanto mais recorrente a palavra ou termo, maior sua representatividade em tamanho. As áreas vermelhas indicam um maior ou menor grau de associação da palavra em relação ao tema. Opondo-se ao vermelho, a tonalidade azul representa uma menor vinculação entre as palavras (van Eck & Waltman, 2010). Utilizou-se um valor de dez ocorrências mínimas para inclusão de palavras-chave utilizadas com maior frequência, sejam elas agrupadas no título ou nas palavras-chaves dos artigos. Um total de 937 palavras foram agrupadas em seis diferentes clusters (agrupamentos).

É possível identificar que há sempre uma ou mais palavras-chave primárias que representam campos específicos em cada agrupamento. Por exemplo, no cluster 1, as palavras-chave *urban area* (área urbana), *green space* (áreas verdes) e *urbanization* (urbanização) desempenham o papel principal de agrupamento. Junto a essas palavras-chave, encontram-se várias outras importantes, tais como *cities* (cidades), *urban planning* (planejamento urbano), *decision making* (tomada de decisão) e *public policy* (políticas públicas). No cluster 2, a palavra-chave central é *water quality* (qualidade da água), e está associada a outras como *storm water* (águas pluviais) e *controlled study* (estudo controlado), entre outras relevantes. No cluster 3, a palavra-chave principal é *runoff* (escoamento / enxurradas), que se agrupa a outras importantes como *flooding* (enchentes / inundações) e *low impact development* (desenvolvimento de baixo impacto). Já nos clusters 4, 5 e 6, as palavras-chave de maior relevância são, respectivamente, *urban water* (água urbana), *rain drainage* (drenagem pluvial) e *environmental modeling* (modelagem ambiental). Essas palavras desempenham papéis fundamentais em seus respectivos agrupamentos, refletindo temas-chave abordados nos estudos analisados.

Figura 2. Diagrama de exibição de densidade de palavras-chave

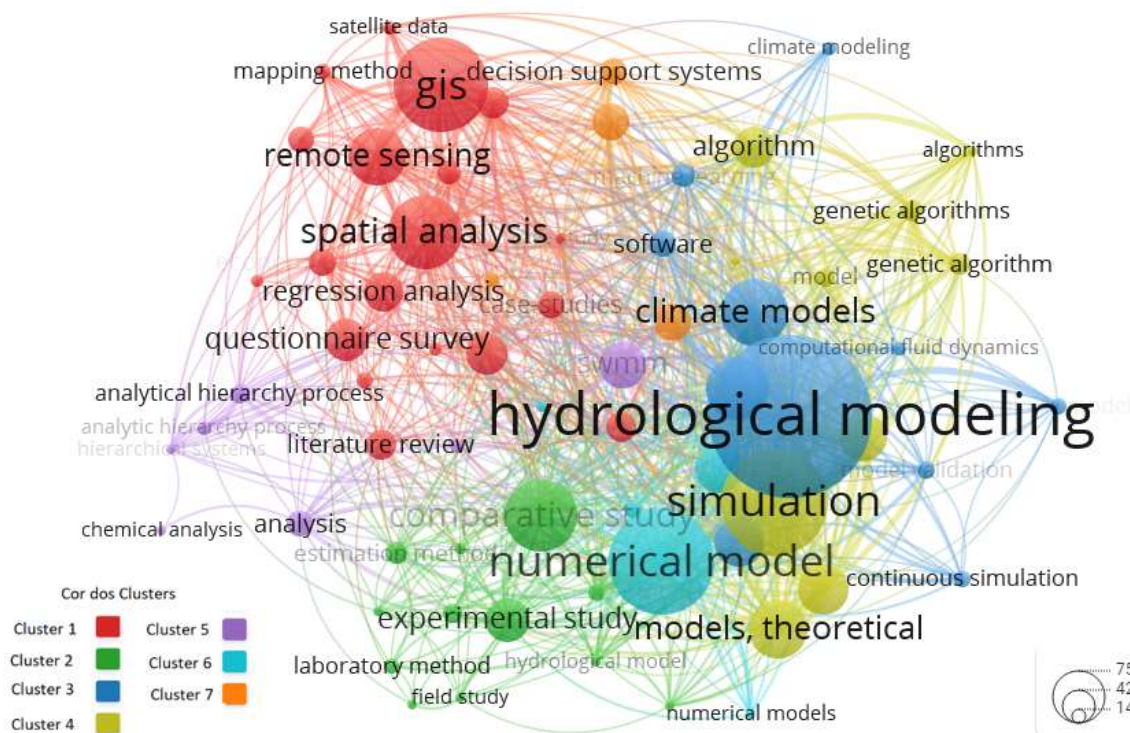


As palavras, termos e links de maior força e centralidade entre os estudos são: (1º) *runoff* (escoamento), com 1.112 ocorrências e 21.441 associações; (2º) *storms* (tempestades), com 843 ocorrências e 17.621 associações; (3º) *water management* (gestão da água), com 832 ocorrências e 15.914 associações; (4º) “*rainwater*” (águas pluviais), com 826 ocorrências e 15.868 associações;

(5°) *urban area* (área urbana) com 871 ocorrências e 15.152 associações. Além destas, destacaram-se também com um elevado nível de associações, superando 500 ocorrências, as seguintes palavras: *rain* (chuva), *green infrastructure* (infraestrutura verde), *climate changes* (mudanças climáticas), *water quality* (qualidade da água) e *low impact development* (desenvolvimento de baixo impacto).

O procedimento metodológico foi aplicado de forma semelhante para criar um outro mapa conceitual, desta vez, um diagrama representativo para os tipos de metodologias aplicadas nos estudos selecionados. Esse processo foi possível, uma vez que os autores frequentemente indexam em suas palavras-chave ou no título os termos associados à metodologia utilizada em seus trabalhos. Nesse sentido, foram capturadas apenas as palavras-chave que faziam menção aos processos metodológicos. O resultado pode ser observado na Figura 3. Foi possível identificar e selecionar 68 palavras-chave. As de maior peso, ou seja, mais frequentemente encontradas nos artigos, foram as seguintes: (1°) *hydrological modeling* (modelagem hidrológica), (2°) *numerical model* (modelo numérico), (3°) *simulation* (simulação), (4°) *geographic information systems* (Sistemas de Informações Geográficas -SIG)" e (5°) *spatial analysis* (análise espacial).

Figura 3. Diagrama de exibição de densidade de palavras-chave relacionadas as metodologias



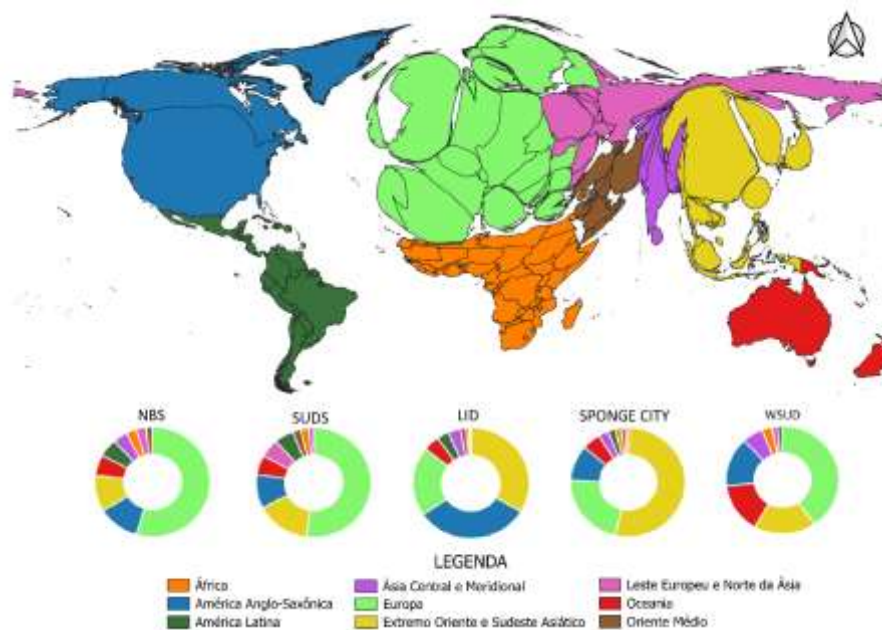
Quanto a formação dos clusters, identificamos que o cluster 01 é o que apresenta o maior conjunto de palavras-chave associadas. As palavras principais desse agrupamento são "GIS", "análise espacial" e "sensoriamento remoto". Estas palavras-chave estão associadas a outras

relevantes, tais como "análise de regressão", "mapeamento" e "dados de satélite". No segundo cluster, a palavra-chave principal é "estudos comparativos", a qual se encontra vinculada a termos como "laboratório", "estudos experimentais", "estudo de campo", "modelo matemático", entre outros. De maneira similar, no terceiro cluster, a palavra-chave principal é "modelagem hidrológica", estando conectada a termos como "aprendizado de máquina", "softwares" e "análise de sensibilidade", entre outras palavras-chave. De forma análoga, nos clusters 4, 5, 6 e 7, as palavras-chave principais são, respectivamente, "simulação", "modelo SWMM", "modelagem numérica" e "sistema de suporte à decisão". Essas palavras-chave refletem as principais abordagens metodológicas empregadas nos estudos analisados, evidenciando a diversidade de métodos utilizados na investigação do tema em questão.

Localização Geográfica dos Estudos

A análise da distribuição espacial dos estudos filtrados na pesquisa foi possível através da aplicação de diferentes ferramentas integradas ao software QGIS. Embora as cores do mapa agrupem diferentes regiões globais, é importante destacar que a camada representativa aplicada na ferramenta do QGIS está sobreposta a camada dos países. Ou seja, os arranjos representados na anamorfose são a representatividade dos países de acordo com a maior ou menor índice de produção de artigos científicos.

Figura 3. Anamorfose geográfica das produções científicas publicadas entre 1995 – 2022, com abordagens baseadas na natureza



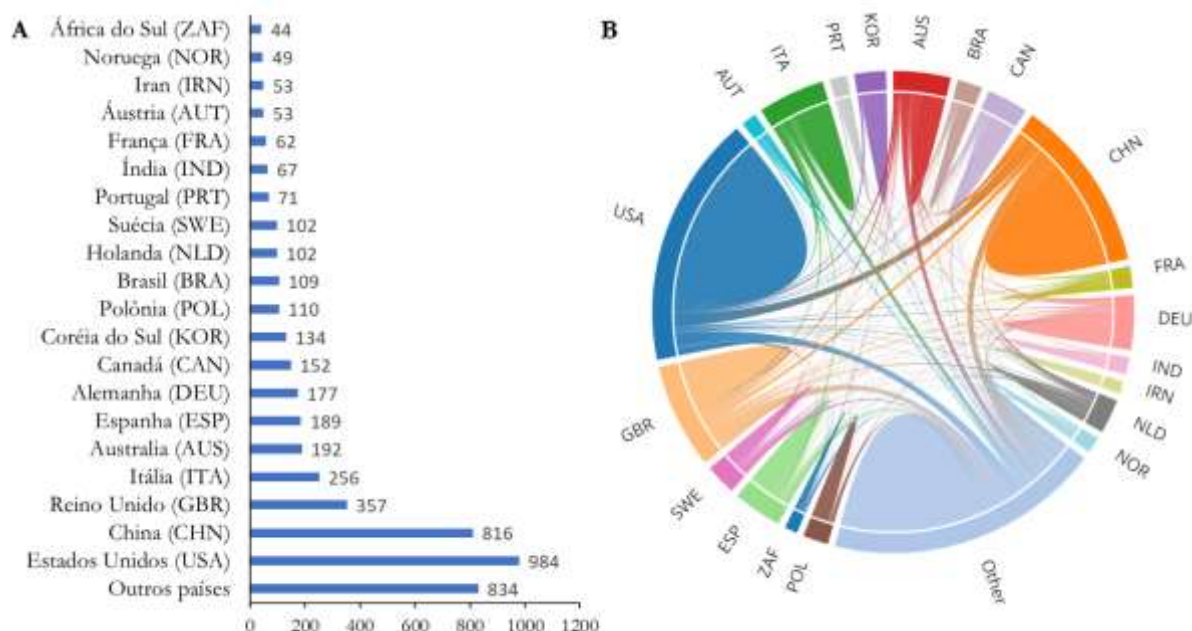
De acordo com as publicações por países, Estados Unidos aparece em primeiro lugar do ranque com 984 artigos publicados, o que representa 19,9%. A China aparece em segundo lugar com 816 produções (cerca de 16,5% do total). O Reino Unido ocupando a terceira posição, com 357 produções (7,2% dos artigos). Na Figura 3 é possível perceber a dimensão do total de publicações apuradas para cada país de acordo com as distorções no mapa. Nesta perspectiva, a anamorfose geográfica representada revela uma forte concentração de publicações nas seguintes regiões geográficas: Europa, América Anglo-saxônica e Extremo Oriente.

Os gráficos apresentados na Figura 3 também destacam que a nomenclatura relacionada as abordagens baseadas na natureza para gestão de águas pluviais apresentam uma grande variabilidade geográfica. Desse modo, a pesquisa estabeleceu uma relação entre cada uma das grandes regiões globais e as seguintes terminologias: *Nature-based Solutions (NBS)*, *Sustainable Urban Drainage System (SUDS)*, *Low Impact Development (LID)*, *Sponge City* e *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*. O objetivo era compreender quais terminologias são mais frequentemente adotadas em cada uma dessas regiões. Conforme evidenciado nos gráficos da Figura 3, as publicações de artigos provenientes da Europa utilizaram de forma significativa os termos "NBS", "SUDS" e "WSUD". Já a terminologia "Sponge City" foi predominantemente utilizada em produções do Extremo Oriente e Sudeste Asiático, que também adotam amplamente a terminologia "LID". Os países da América Anglo-saxônica apresentaram uma maior associação com o termo "LID", embora não de maneira significativamente maior em relação aos outros termos. Na Oceania, o conceito de WSUD foi usado com maior frequência, enquanto que na América Latina NBS e SUDS foram ligeiramente mais empregados.

Contribuintes de Pesquisa na Área e Afiliações Institucionais

A Figura 4 apresenta o número de publicações por país (Figura 4A) e a relação de parcerias internacionais firmadas para o desenvolvimento de pesquisa no campo das abordagens baseadas na natureza (Figura 4B). Considerou-se a coautoria dos manuscritos (Figura 4B) a fim de examinar as relações de cooperação internacional entre os pesquisadores, uma vez que a colaboração científica em atividades de pesquisa desempenha um papel de relevância mundial. Os dados apresentados na Figura 4A se baseiam na nacionalidade dos autores, atribuindo-se a origem dos artigos com base na afiliação do primeiro autor de cada trabalho.

Figura 4. (A) Ranking de contribuições em pesquisas globais considerando a afiliação do primeiro autor da publicação, e (B) Relação de cooperação em pesquisas entre os países através do Diagrama de cordas



Como demonstrado na figura e mencionado anteriormente, Estados Unidos, China e Europa são notáveis na esfera global em relação à produção científica voltada a gestão sustentável de águas pluviais. Conforme demonstrado na Figura 4A, o EUA ocupa o primeiro lugar no ranking com 984 publicações, seguidos pela China com um total de 816 produções. O Brasil aparece na 11ª posição entre os vinte países mais proeminentes, tendo publicado um total de 109 documentos.

Quanto aos resultados de cooperação internacional (Figura 4B), os resultados apresentados demonstram um número significativo de pesquisas que são realizados através de parcerias internacionais. Estudiosos afirmam que a cooperação internacional é um requisito da ciência moderna de qualidade (Melin & Persson, 1996), e ainda, que os artigos envolvendo autores de diferentes países tendem a ter maior impacto para a ciência. Neste sentido, após os dados terem sido organizados no software estatístico R, utilizou-se um outro software online, o “datasmith.org” para gerar um “diagrama de cordas”. A ideia básica do diagrama de cordas é mostrar simultaneamente a conexão entre as localidades (Lee et al., 2023), ou seja, entre a origem da publicação e as relações estabelecidas em coautorias com cientistas de outros países (Figura 4B). No diagrama, a quantidade de fluxo é representada pela amplitude da base do elo e pode ser identificada por meio das marcas de escala localizadas no exterior dos segmentos circulares (Dagnimo & D’Antona, 2016). A largura das faixas é proporcional à quantidade ou valor que está

sendo transferido entre as categorias. O sentido das faixas também é significativo, pois indica a direção do fluxo das relações (Dagnimo & D'Antona, 2016).

Através do diagrama de cordas, é possível perceber com maior clareza uma colaboração mais intensa entre alguns países. Notadamente, os Estados Unidos e a China sobressaem-se como líderes em termos de publicações, o que se traduz em um fluxo destacado de conexões no gráfico. Essa característica reflete o considerável número de artigos produzidos por pesquisadores provenientes dessas nações. A parceria primordial em termos de publicações de artigos manifesta-se entre os Estados Unidos e a China, com um total de 123 documentos lançados sob a autoria e/ou coautoria de pesquisadores desses dois países.

Os resultados evidenciam que a China, por exemplo, estabeleceu uma cooperação mais substancial em termos de pesquisa com os Estados Unidos, Austrália e Canadá. Por sua vez, os Estados Unidos ocupam a posição de principal parceiro em publicações, mantendo, de maneira respectiva, colaborações proeminentes com a China, Coreia do Sul, Índia e Irã. Por outro lado, merece destaque o Reino Unido, que apresenta as relações de cooperação mais abrangentes. Esse país desponta como aquele que mais frequentemente publicou artigos em colaboração com outras nações, citando com exemplo: Áustria, França, Alemanha, Itália, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia, África do Sul e Brasil.

Entendendo que os centros de pesquisa têm importante papel no avanço de tecnológico e no progresso da ciência e sociedade, realizamos o ranqueamento das principais afiliações dos estudos publicados. A Tabela 2 indica as 10 principais instituições com maior número de de artigos publicados sobre abordagens baseadas na natureza para a gestão pluvial em áreas urbanas.

Tabela 2. Ranking das principais instituições afiliadas a publicações de artigos sobre gestão sustentável de águas pluviais no período de 1995 – 2023.

Posição	Instituição	País	Total de artigos	Início	Nº artigos 1995 - 2023	Citações 1995 - 2023
1º	Ministry of Education China	CHN	137	2011		
2º	Chinese Academy of Sciences	CHN	123	2012		
3º	United States Environmental Protection Agency	USA	108	1999		
4º	NC State University	USA	95	2004		
5º	Wageningen University	NLD	92	2009		
6º	Tsinghua University	CHN	90	2012		
7º	University of Melbourne	AUS	78	2008		
8º	Helmholtz Zentrum für Umweltforschung	DEU	74	2014		
9º	Beijing University of Civil Engineering and Architecture	CHN	62	2010		
10º	CNRS Centre National de la Recherche Scientifique	FRA	61	2014		
33º	Universidade de São Paulo	BRA	46	2006		

A escala de cores utilizada na tabela representa tanto o número de publicações (sexta coluna da Tabela 2) quanto as citações desses estudos (sétima coluna da Tabela 2) por ano. A escala de cores adotada para cada uma das colunas é única, permitindo a comparação entre as instituições, e indica maiores valores em vermelho e menores em verde. Dentre as 10 instituições mais bem posicionadas no ranking, destacam-se o Ministry of Education China (MEC) e a Chinese Academy of Sciences (CAS) da China, em primeira e segunda posição, respectivamente. A United States Environmental Protection Agency (EPA) dos EUA, ocupando a terceira posição, destaca-se como precursora em pesquisas nessa área, considerando, é claro, apenas as instituições presentes na tabela. Desde 1999, a EPA tem publicado trabalhos com enfoque no tema da pesquisa. Por sua vez, a instituição brasileira melhor colocada é a Universidade de São Paulo (USP), que ocupa a trigésima terceira posição, contabilizando um total de 46 publicações.

Ao analisarmos as contribuições e avanços científicos em um determinado campo de estudos, é imprescindível considerar a relevância das revistas científicas. Estas desempenham um papel fundamental ao promover a disseminação de informações e a colaboração entre pesquisadores, impulsionando o progresso científico. Citações frequentes indicam que outros pesquisadores valorizam e utilizam os resultados e as descobertas apresentadas nos artigos como referência para suas próprias pesquisas. Neste sentido, foram realizadas análises das revistas de maior destaque nessa área, levando em conta critérios como o número de publicações, a quantidade de citações recebidas e o fator de impacto associado a cada uma delas. O resultado é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Periódicos com maior quantidade de publicações e mais frequentemente citados sobre abordagens sustentáveis para o gerenciamento de águas pluviais

Nome da Revista	Número de Publicações	Número de Citações	Fator de Impacto*	Editora
1 Sustainability (Switzerland)	370	4055	3.9	MDPI
2 Water (Switzerland)	238	2864	3.4	MDPI
3 Science of the Total Environment	186	4773	9.8	Elsevier
4 Urban Forestry and Urban Greening	182	5156	6.4	Elsevier
5 Journal of Environmental Management	145	4307	8.7	Elsevier
6 Journal of Hydrology	108	3693	6.4	Elsevier
7 Landscape and Urban Planning	107	7803	9.1	Elsevier
8 Land	104	1201	3.9	MDPI
9 Journal of Cleaner Production	92	2847	11.1	Elsevier
10 Water Science and Technology	75	1006	2.7	IWA Publishing

* JCR-2022 fornecido pelo *Journal Citation Report* (JCR), lançado em junho de 2023.

DISCUSSÕES

Apenas a partir de 2015, um considerável número de artigos que adotam abordagens baseadas na natureza para a gestão de águas pluviais começou a ser publicados. É importante notar que 2015 também é o ano de promulgação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável pelas Nações Unidas, que é composta por 17 objetivos (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS), e 169 metas associadas a esses objetivos (DESA-UN, 2015). A ODS 11 trata especificamente sobre a sustentabilidade das cidades onde, uma das metas é o estímulo a adoção de práticas de produção e consumo sustentáveis, reduzindo a pegada ecológica das cidades e mitigando os efeitos negativos sobre o meio ambiente (DESA-UN, 2015).

A análise das palavras-chave usadas nos artigos coloca as enxurradas nas áreas urbanas como uma das questões centrais nas pesquisas. O que é compreensível, visto que o escoamento superficial é sempre tido como um problema na paisagem urbana. Tanto que, as infraestruturas mais adotadas são aquelas que visam o descarte imediato da água da chuva tratando-a como um resíduo indesejado. Enchentes e inundações também foram palavras-chave altamente recorrentes nas pesquisas. Tais eventos têm se tornado mais frequentes advindo das mudanças climáticas (Boogaard et al., 2020; Kalbarczyk & Piegat, 2021). Logo, a combinação da adoção de sistemas de drenagem inadequados, o aumento das áreas impermeabilizadas e o surgimento de eventos extremos de chuva, faz com que o meio ambiente, a saúde, a propriedade e a vida das pessoas estejam em risco (Ahmed et al., 2018; Graham et al., 2004).

A maioria dos estudos filtrados nesta pesquisa concentra seus esforços em abordagens metodológicas, como modelagem hidráulica, numérica e modelos climáticos. Outra vertente compreende diversas pesquisas que adotaram análises espaciais e ferramentas SIG, incluindo o uso de sensoriamento remoto para o mapeamento de áreas. No entanto, observa-se que a avaliação e o monitoramento de infraestruturas verdes e soluções instaladas em escala real aparentemente têm recebido menor atenção.

O hemisfério norte, com seus países desenvolvidos, apresenta um número significativamente maior de estudos em relação ao hemisfério sul. O Estados Unidos se destaca como o país com a maior quantidade de publicações científicas. Se observarmos a categorização por regiões geográficas, a Europa ocupa uma posição de destaque nesse cenário. Em geral, os países de maior desenvolvimento socioeconômico estão muito a frente em termos de pesquisas quando comparados àqueles com histórico de colonização exploratória, situações de dependência econômica, conflitos e instabilidades políticas. Naturalmente esses países enfrentam desafios para equipararem-se a outras nações que dispõem de infraestrutura avançada e recursos tecnológicos,

os quais favorecem a condução de investigações científicas. Contudo, observa-se uma tendência dos países desenvolvidos em incentivar a colaboração entre instituições de pesquisa, promovendo a internacionalização dos estudos científicos.

Em muitos países, sobretudo os desenvolvidos, a ciência é valorizada e reconhecida como um motor de progresso e inovação (Zimring, 2019). A cultura científica permeia a sociedade e muitas instituições fomentam a pesquisa. Este estudo revelou as instituições globais com maior afiliação a produção de estudos científicos na área de soluções baseadas na natureza e gestão sustentável de águas pluviais. O Ministério da Educação da China e Academia Chinesa de Ciências foram classificadas como as instituições de maior contribuição global. De fato, nos últimos anos, a China tem desenvolvido um programa de governo denominado “Sponge City”, onde tem investido massivamente em estudos e políticas voltadas a drenagem urbana sustentável (Bohman et al., 2019; W. Li et al., 2023; Z. Li et al., 2018; Lu & Zhou, 2022). Os dados apresentados a partir desta revisão bibliométrica revelam o impulsionamento do governo chinês à pesquisa e à implementação de tecnologias inovadoras relacionadas à gestão de água, captação de água da chuva e sistemas de drenagem sustentável. O programa pode servir como um modelo para outras cidades ao redor do mundo que também enfrentam desafios relacionados à gestão de água e desastres naturais.

CONCLUSÃO

Neste estudo, foi conduzida uma análise abrangente da literatura, com o objetivo de identificar tendências emergentes e tópicos relevantes relacionados à gestão de águas em ambientes urbanos, com foco em sistemas de drenagem sustentável que incorporam abordagens baseadas na natureza. Este trabalho oferece *insights* sobre os principais pontos de interesse de pesquisa e as tendências observadas na literatura científica global. As principais conclusões desta análise são as seguintes:

1. Somente ao longo da última década uma quantidade apreciável de artigos com abordagens baseadas na natureza para o gerenciamento de águas pluviais começou a ser publicados. É observado que o crescimento do interesse em pesquisas na área se deu principalmente a partir do ano de 2015, coincidindo com a criação da Agenda 2030, um documento importante do ponto de vista sustentável, que traz diversos planos de ação, com uma série de metas globais para alcançar a sustentabilidade global.
2. Por meio da análise da distribuição de tópicos e dos mapas de co-ocorrência de palavras-chave, incluindo os gráficos de agrupamento gerados pelo VOSviewer, foi possível identificar um grande número de publicações científicas que abordam questões como

enxurradas, inundações, tempestades, gestão de águas, águas pluviais, enchentes e qualidade da água. No entanto, a revisão não fornece evidências suficientes para concluir que temas menos frequentes nas palavras-chave (por exemplo, análise de solo, águas subterrâneas, sistemas de abastecimento, etc.) não estão sendo estudados ou não fazem parte das agendas de pesquisas e debates.

3. O Estados Unidos, a China e países da Europa Ocidental se destacam como os países que mais contribuem com pesquisas na área de gestão de águas no espaço urbano e utilização de sistemas de drenagem sustentável.
4. Instituições de pesquisas, inclusive de países em desenvolvimento, têm apresentado uma crescente colaboração e participação no desenvolvimento de estudos em parcerias com outros países. Essa cooperação é muito positiva pois estimula a troca de conhecimentos e recursos entre cientistas de diferentes regiões do mundo.
5. As instituições mais associadas a pesquisas na área do gerenciamento sustentável de águas pluviais foram reveladas. Esse dado pode ser relevante, especialmente para agências de fomento, grupos corporativos e tomadores de decisão em gestão pública. Essas informações podem ser utilizadas para a preparação de planos futuros e para conceder subsídios a essas instituições, com o objetivo de apoiar o desenvolvimento de pesquisas nessa área.
6. O levantamento realizado neste estudo revelou as 10 revistas com o maior número de publicações e citações sobre a temática abordada nesta pesquisa. No topo da lista, ocupando 1º e 2º posição em número de publicações, estão respectivamente as revistas *Sustainability* e *Water* da editora (MDPI). Entretanto, conforme é mostrado na tabela, a quantidade de publicações por si só não é o único indicador de qualidade. Visto que existem outras revistas ranqueadas que têm um número de citações e fator de impacto maiores do que estas duas mencionadas. Ou seja, há outros fatores, como rigor no processo de revisão por pares, padrões éticos de publicação e impacto real das pesquisas publicadas, que também devem ser considerados ao avaliar a importância de uma revista na área de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, F., Moors, E., Alam, M. S., Warner, J., Terwisscha, C., & Scheltinga, V. (2018). Tipping points in adaptation to urban flooding under climate change and urban growth : The case of the Dhaka megacity. *Land Use Policy*, 79(April), 496–506. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.05.051>

- Araújo, R. F., & Alvarenga, L. (2011). A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007 10.5007/1518-2924.2011v16n31p51. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência Da Informação*, 16(31). <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2011v16n31p51>
- Barbesgaard, M. (2018). Blue growth: savior or ocean grabbing? *Journal of Peasant Studies*, 45(1), 130–149. <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1377186>
- Bohman, A., Glaas, E., Karlson, M., Cai, Y., Lin, X., Yue, W., Zhang, P., Steffen, J., Jensen, M., Pomeroy, C. A., Burian, S. J., Gogate, N. G., Raval, P. M., Cun, C., Zhang, W., Che, W., Sun, H., Meng, T., Hsu, D., ... Stone, J. J. (2019). Sustainable stormwater management in Yinchuan New Town. *Journal of Cleaner Production*, 5(2), 192–212. <https://doi.org/10.3390/w12010203>
- Boogaard, F. C., Venvik, G., de Lima, R. L. P., Cassanti, A. C., Roest, A. H., & Zuurman, A. (2020). ClimateCafe: An interdisciplinary educational tool for sustainable climate adaptation and lessons learned. *Sustainability (Switzerland)*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85085305188&doi=10.3390%2fsu12093694&partnerID=40&md5=5f2bb97dca974438997cbb18124b0d77>
- Casal-Campos, A., Fu, G., Butler, D., & Moore, A. (2015). An Integrated Environmental Assessment of Green and Gray Infrastructure Strategies for Robust Decision Making. *Environmental Science & Technology*, 49(14), 8307–8314. <https://doi.org/10.1021/es506144f>
- Dagnimo, R., & D'Antona, A. (2016, October 17). Visualização de Dados Espaciais em Estudos de Migração. *VII Congresso Da Associação Latino-Americana de População e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais*.
- DESA-UN. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Eskandari, D. H., Khosravi, H., Habashi, K., & Tiefenbacher, J. P. (2022). The impact of land use and land cover changes on soil erosion in western Iran. *Natural Hazards*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85115247948&doi=10.1007%2fs11069-021-05032-w&partnerID=40&md5=f9b55b7a89081c40dab3a6278c83f4a4>
- 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. 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>
- Gabriels, K., Willems, P., & Van Orshoven, J. (2022). A comparative flood damage and risk impact assessment of land use changes. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85125058975&doi=10.5194%2fnhess-22-395-2022&partnerID=40&md5=ea686a9f5b1e99c1c839d606c14b8c90>
- Girling, C. L. (2010). Smart Growth meets low impact development: A case study of UniverCity, Vancouver, Canada. *Journal of Urbanism*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79960912813&doi=10.1080%2f17549171003764645&partnerID=40&md5=bcf66ef9769c37a627a31b88cd1de28a>

- Graham, J., Gurian, P., Corella-Barud, V., & Avitia-Diaz, R. (2004). Peri-urbanization and in-home environmental health risks: The side effects of planned and unplanned growth. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(5), 447–454. <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00314>
- Hamlin, S. L., & Nielsen-Pincus, M. (2021). From gray copycats to green wolves: policy and infrastructure for flood risk management. *Journal of Environmental Planning and Management*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097393853&doi=10.1080%2f09640568.2020.1835619&partnerID=40&md5=312abfd9cacb1ea35cb5438f7fc5f27c>
- Kalantari, Z., Ferreira, C. S. S., Deal, B., & Destouni, G. (2019). Nature-based solutions for meeting environmental and socio-economic challenges in land management and development. *Land Degradation and Development*, 1–4. <https://doi.org/10.1002/ldr.3264>
- Kalbarczyk, E., & Piegat, M. (2021). IMPLEMENTATION of MUNICIPAL ADAPTATION PLANS to CLIMATE CHANGES: CASE STUDY of POZNAŃ. *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85122247065&doi=10.31648%2fASPAL.6817&partnerID=40&md5=71dcceb3e3535368612f8f5859dc6052>
- Kazemi, H., Rockaway, T. D., Rivard, J., & Abdollahian, S. (2017). Assessment of Surface Infiltration Performance and Maintenance of Two Permeable Pavement Systems in Louisville, Kentucky. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 3(4), 04017009. <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000830>
- Kia, A., Wong, H. S., & Cheeseman, C. R. (2017). Clogging in permeable concrete: A review.(Report). *Journal of Environmental Management*, 193, 221. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.018>
- Kumar, P., Debele, S. E., Sahani, J., Aragão, L., Barisani, F., Basu, B., Bucchignani, E., Charizopoulos, N., Di Sabatino, S., Domeneghetti, A., Edo, A. S., Finér, L., Gallotti, G., Juch, S., Leo, L. S., Loupis, M., Mickovski, S. B., Panga, D., Pavlova, I., ... Zieher, T. (2020). Towards an operationalisation of nature-based solutions for natural hazards. In *Science of the Total Environment* (Vol. 731). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138855>
- Lafortezza, R., Chen, J., van den Bosch, C. K., & Randrup, T. B. (2018). Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. *Environmental Research*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85036666632&doi=10.1016%2fj.envres.2017.11.038&partnerID=40&md5=974f23e7fcc6989ba6d58b1b00cf7a92>
- Lee, Y. S., Chow, J. C., Chien, T. W., & Chou, W. (2023). Using chord diagrams to explore article themes in 100 top-cited articles citing Hirsch's h-index since 2005: A bibliometric analysis. *Medicine (United States)*, 102(8), E33057. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000033057>
- Li, W., Yuan, J., Guo, J., Liu, H. J., & Pan, Y. (2023). Environment-related underlying dynamics of project adaptability: a case study of sponge-city PPPs in China. *Impact Assessment and Project Appraisal*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85134180293&doi=10.1080%2f14615517.2022.2099729&partnerID=40&md5=fba40fde88033ec40072d9cddb54bf0d>
- Li, Z., Dong, M., Wong, T., Wang, J., Kumar, A. J., & Singh, R. P. (2018). Objectives and indexes for implementation of sponge cities-A case study of Changzhou City, China. *Water (Switzerland)*.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046834386&doi=10.3390%2fw10050623&partnerID=40&md5=68a5d9c040623dd69a899fd004c2d765>

- Lin, J.-Y., Chen, C.-F., & Ho, C.-C. (2018). Evaluating the Effectiveness of Green Roads for Runoff Control. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85065003913&doi=10.1061%2fJSWBAY.0000847&partnerID=40&md5=2ea6966cdf332bcb2518fbdc487771b>
- Lu, H., & Zhou, S. (2022). Using policy goal ambiguity to manage policy goal conflicts: Sponge-City Program implementation in old neighbourhoods. *Journal of Asian Public Policy*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129217926&doi=10.1080%2f17516234.2022.2060061&partnerID=40&md5=2562bac1394523870a8af78c1c909123>
- Macedo, M., Lira, L. De, Botelho, R., Adriana, M., & Duarte, T. (2009). *REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM APRENDIZAGEM GERENCIAL*. www.ges.face.ufmg.br/
- Maes, J., & Jacobs, S. (2017). Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation Letters*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84952362065&doi=10.1111%2fconl.12216&partnerID=40&md5=32f31cede6fc7d78291cb0b3fee8dc5f>
- Marsan, F. A. (2018). *The anthropogenic sealing of soils in urban areas. March 2009*. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.011>
- Melin, G., & Persson, O. (1996). *STUDYING RESEARCH COLLABORATION USING CO-AUTHORSHIPS* (Vol. 36, Issue 3).
- Oanh, P. T., Tamura, M., Kumano, N., & Nguyen, Q. V. (2020). Cost-benefit analysis of mixing gray and green infrastructures to adapt to sea level rise in the Vietnamese mekong river delta. *Sustainability (Switzerland)*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098530686&doi=10.3390%2fsu122410356&partnerID=40&md5=e13e51128e683b7586640b464df37a13>
- O'Donnell, E. C., Woodhouse, R., & Thorne, C. R. (2018). Evaluating the multiple benefits of a sustainable drainage scheme in Newcastle, UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034112494&doi=10.1680%2fwama.16.00103&partnerID=40&md5=ef59034995fdd44f843f5e044b70f578>
- Peixe, A. M. M., & Pinto, J. S. de P. (2022). Acoplamento Bibliográfico e o Avanço Tecnológico por Meio do Uso Software Vosviewer. *Research, Society and Development*, 11(9), e39711931650. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31650>
- Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Hernández-Crespo, C., Vallés-Morán, F., Martín, M., Escuder-Bueno, I., Andreu, J. J. J., Andres-Domenech, I., Hernandez-Crespo, C., Valles-Moran, F., Martin, M., Escuder-Bueno, I., & Andreu, J. J. J. (2017). The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: a case study in the Valencian region, Spain. *Journal of Cleaner Production*, 163, S113–S124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.153>
- Ramírez, J. I., Qi, K., & Xiaobo, L. (2016). Sustainable stormwater management in Yinchuan New Town. *Water Practice and Technology*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84977126014&doi=10.2166%2fwpt.2016.051&partnerID=40&md5=51fac683282700965b27d8b7cc7eb466

- Ribeiro, D. D. de M., & Silva, H. S. da. (2020). SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO À ANÁLISE ESPACIAL DA COVID-19 NO ESTADO DE ALAGOAS, NORDESTE DO BRASIL. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e Da Saúde*, 16, 397–407. <https://doi.org/10.14393/hygeia16056929>
- Rudke, A. P., Xavier, A. C. F., Martins, L. D., Freitas, E. D., Uvo, C. B., Hallak, R., Souza, R. A. F., Andreoli, R. V., de Almeida Albuquerque, T. T., & Martins, J. A. (2022). Landscape changes over 30 years of intense economic activity in the upper Paraná River basin. *Ecological Informatics*, 72, 101882. <https://doi.org/10.1016/J.ECOINF.2022.101882>
- Sahani, J., Kumar, P., Debele, S., Spyrou, C., Loupis, M., Aragão, L., Porcù, F., Shah, M. A. R., & Di Sabatino, S. (2019). Hydro-meteorological risk assessment methods and management by nature-based solutions. *Science of The Total Environment*, 696, 133936. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133936>
- Shafique, M., Lee, D., & Kim, R. (2016). A Field Study to Evaluate Runoff Quantity from Blue Roof and Green Blue Roof in an Urban Area. *International Journal of Control and Automation*, 9(8), 59–68. <https://doi.org/10.14257/ijca.2016.9.8.07>
- Singer, M. N., Hamouda, M. A., El-Hassan, H., & Hinge, G. (2022). Permeable Pavement Systems for Effective Management of Stormwater Quantity and Quality: A Bibliometric Analysis and Highlights of Recent Advancements. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 20). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su142013061>
- Thome, A. M. T., Ceryno, P. S., Scavarda, A., & Remmen, A. (2016). Sustainable infrastructure: A review and a research agenda.(Report). *Journal of Environmental Management*, 184(Pt 2), 143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.080>
- Tsaligopoulos, A., Kyvelou, S. S., Chiotinis, M., Karapostoli, A., Klontza, E. E., Lekkas, D. F., & Matsinos, Y. G. (2022). The Sound of a Circular City: Towards a Circularity-Driven Quietness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85139862857&doi=10.3390%2fijerph191912290&partnerID=40&md5=fe61ebc67f395d21826377f927a2fa16>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). VOSviewer manual. In *Leiden: Univeriteit Leiden* (Issue April). http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf
- Vujcic, M., Tomicevic-Dubljevic, J., Grbic, M., Lecic-Tosevski, D., Vukovic, O., & Toskovic, O. (2017). Nature based solution for improving mental health and well-being in urban areas. *Environmental Research*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021729083&doi=10.1016%2fj.envres.2017.06.030&partnerID=40&md5=f4d43fa7c279203d1dd23e982fb38144>
- Wang, Z., Qi, F., Liu, L., Chen, M., Sun, D., & Nan, J. (2021). How do urban rainfall-runoff pollution control technologies develop in China? A systematic review based on bibliometric analysis and literature summary. *Science of the Total Environment*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

Abordagens baseada na natureza para gestão sustentável de águas pluviais em ambientes urbanos: uma análise bibliométrica

Ronaldo Adriano Alves; Anderson Paulo Rudke; Jorge Alberto Martins; Mauricio dos Santos Moreira

85107025422&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2021.148045&partnerID=40&md5=5cc022da04ec0f5ba28b8bc3bc60de7f

Ying, J., Zhang, X., Zhang, Y., & Bilan, S. (2022). Green infrastructure: systematic literature review. In *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja* (Vol. 35, Issue 1, pp. 343–366). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202>

Zha, X., Luo, P., Zhu, W., Wang, S., Lyu, J., Zhou, M., Huo, A., & Wang, Z. (2021). A bibliometric analysis of the research on Sponge City: Current situation and future development direction. *Ecohydrology*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85110830128&doi=10.1002%2feco.2328&partnerID=40&md5=0484ab389cf2c4fcc71a84eb80992c46>

Zimring, C. J. (2019). *What Science Is And How It Really Works*. Cambridge University Press.

Zölch, T., Henze, L., Keilholz, P., & Pauleit, S. (2017). Regulating urban surface runoff through nature-based solutions – An assessment at the micro-scale. *Environmental Research*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019763899&doi=10.1016%2fj.envres.2017.05.023&partnerID=40&md5=c5afcda5f02874f75c87f0265598d829>

Recebido em: 21 de agosto de 2023

Aceito em: 15 de setembro de 2023