

A INSERÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE <AZUL> NO PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL: BARREIRAS E INVISIBILIDADE

 <https://doi.org/10.56238/arev7n3-007>

Data de submissão: 04/08/2024

Data de publicação: 04/03/2025

Valéria Borges Yonegura

Doutorando PROPUR-UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: projeto-byvaleria@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3892-0825>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5184364734002065>

François Laurent

Professor Le Mans Université - UMR ESO

E-mail: Francois.Laurent@univ-lemans.fr

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3833-2022>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9969382109875336>

André Luiz Lopes da Silveira

Professor PROPUR-UFRGS

E-mail: andre@iph.ufrgs.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9875-879X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9174721769328279>

RESUMO

O conceito de Infraestrutura Verde (GI) refere-se geralmente a questões relacionadas à sustentabilidade, espaços verdes e está associado a Cidades-Esponja (SCP), Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e gestão da água, como Melhores Práticas de Gestão (BMPs) e Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID). Incluída neste conceito está a Infraestrutura Azul (BI), que está implícita em muitos estudos e até implícita em outros. Esta pesquisa investiga a integração da Infraestrutura Azul (BI) na ligação entre a Infraestrutura Verde (GI) e o planejamento urbano e regional. Por meio da análise de 50 artigos científicos, observou-se a visibilidade da BI nas estratégias de planejamento urbano e regional sustentável utilizando a GI. As publicações mostram níveis variados de exposição e ênfase na BI, que muitas vezes está implicitamente integrada ao conceito mais amplo de IG. O objetivo deste artigo é demonstrar que o papel da BI se estende além da gestão de recursos hídricos, controle de inundações e soluções de mitigação, e que, para aumentar a sustentabilidade e resiliência urbana, sua interconexão com outros elementos de planejamento deve ser considerada desde o início dos projetos e intervenções. Como parte de um sistema de gestão urbana que contribui para diversos serviços ecossistêmicos, este artigo enfatiza a importância crítica de aumentar a visibilidade e a integração da BI no processo de planejamento urbano e regional para que, diante dos desafios climáticos atuais, paisagens sustentáveis e resilientes possam ser regeneradas e/ou construídas.

Palavras-chave: Infraestrutura Azul Verde. Planejamento Urbano e Regional. Desenvolvimento sustentável. Infraestrutura Verde. Gestão da Água.

1 INTRODUÇÃO

A escalada dos desastres climáticos, combinada com o aumento da urbanização e o aumento das tensões nos sistemas naturais, sublinhou a necessidade de reconsiderar os procedimentos de Planejamento Urbano e Regional (URP) para alcançar resiliência e sustentabilidade. Nesse cenário, a infraestrutura verde (IG) surge como um conceito multifacetado que inclui ações que conectam ecossistemas, mitigam os efeitos climáticos e promovem a sustentabilidade urbana (AHERN, 2013; MELL, 2010, 2015; PAULEIT et al., 2017). De acordo com estudos, apesar de sua importância e reconhecimento por sua contribuição para a resiliência urbana, a adoção da IG continua a enfrentar consideráveis desafios financeiros, institucionais, sociais e tecnológicos (ELDERBROCK et al., 2020; MATSLER et al., 2021; REU JUNQUEIRA et al., 2023; WILFONG et al., 2023). Entre o campo acadêmico e o prático, há também as dificuldades de traduzir a IG, de sua disseminação de conhecimento. (SINNETT et al., 2018)

O conceito pioneiro de IG de Benedict e McMahon (2006), "uma rede interconectada de terra e água protegidas que sustenta espécies nativas, mantém processos ecológicos naturais, sustenta os recursos aéreos e hídricos e contribui para a saúde e qualidade de vida de comunidades e pessoas" (in PELLEGRINO e AHERN, 2023), inclui a infraestrutura azul e a importância de seus serviços ecossistêmicos no apoio a esses processos. A conectividade presente nesse conceito, princípio caro ao planejamento ecológico da paisagem, reforça a interdependência entre os sistemas natural e humano (FLETCHER et al., 2014; MELL, 2010; NDUBISI, 2002) e enfatiza a importância de haver um consenso sobre o conceito e seus termos, para que haja fluidez entre planejadores, comunidades, formuladores de políticas, partes interessadas e outros envolvidos tanto no planejamento quanto na implementação da IG (FLETCHER et al., 2014; MATSLER et al., 2021; MELL, 2010).

A divergência na nomenclatura, definições e objetivos da IG, dependendo da área ou localização geográfica, pode dificultar sua aplicação, planejamento, manutenção e seus benefícios (MASTLER et al., 2021; MELL, 2010). Conforme observado neste estudo, o termo "IG" é frequentemente usado de forma ampla e genérica, abrangendo sua multipotencialidade enquanto ignora ou lida com a infraestrutura azul (BI) separadamente. O contrário ocorre na França, onde o termo Trame verte et Bleue (TVB) se refere a um conceito e diretrizes extraídos da Lei Grenelle I de 2009 (CENTRE DE RESSOURCES TRAME VERTE ET BLEUE, s.d.). Aumenta a visibilidade da BI e garante a igualdade com a IG nos procedimentos de planejamento urbano e regional. O termo Infraestrutura Azul-Verde (BGI) tem sido usado recentemente para se referir à TVB também¹ Isso leva

¹ O conceito recentemente difundido de BGI foi inicialmente baseado em Benedict e McMahon (2006), que posteriormente foi ampliado globalmente e consolidado como Green Infrastructure (GI) (MELL e SCOTT, 2023).

à pergunta: como a BI é considerada em estudos que abordam o processo de criação ou regeneração da paisagem urbana e regional?

O objetivo deste estudo é entender melhor como os recursos hídricos são vistos quando a GI é incorporada ao planejamento urbano, bem como destacar os obstáculos e oportunidades para o uso da BI no planejamento espacial ou na regeneração. A abordagem analítica incluiu uma revisão bibliográfica de trabalhos publicados entre 2018 e 2024 que abordaram a intersecção de "gestão hídrica" e "recursos hídricos" no planejamento urbano e regional. Isso proporcionou uma visão ampla de como a BI, que é incorporada à noção de IG, tem sido vista no discurso acadêmico, com impacto significativo no setor prático. Essa decisão metodológica é justificada pela necessidade de mapear o estado existente do conhecimento, descobrir tendências e destacar pontos cruciais para estudos futuros e desenvolvimento de políticas. A ênfase na revisão bibliográfica, em vez de uma revisão sistemática tradicional, possibilitou o exame do trabalho de escritores cujas obras estavam mais intimamente relacionadas à questão (intersecção de BI e planejamento urbano e regional), conforme determinado pelos filtros da base de dados.

Os resultados mostram que, apesar do aumento da frequência e intensidade dos desastres climáticos, bem como do aumento da literatura sobre o tema, a BI, que é incorporada ao conceito de IG, é frequentemente negligenciada em contextos de planejamento urbano. A BI aparece em estudos sobre sistemas de gestão de água ou é uma questão importante na pesquisa e prevenção de inundações. Tal negligência compromete a capacidade das cidades de se adaptarem às mudanças climáticas e limita a utilidade da IG como ferramenta para a justiça social e ambiental (PAULEIT et al., 2017). Grande parte da literatura sobre "gestão da água" concentra-se no projeto de infraestruturas e/ou sistemas relacionados aos recursos hídricos, com o mínimo de consideração dada à organicidade e ao imperativo de considerar o sistema como um todo. O continuum no planejamento urbano e regional deve ser examinado não apenas em termos de conectividade da rede, mas também em termos de envolvimento dos agentes e resultados do projeto. Ligando o continuum de Anne Spirn (SPIRN, 1995) à conexão explorada por Ndubisi (2002) e Benedict e McMahon (2006).

A relevância deste estudo decorre de sua contribuição para apresentar o status da BI em artigos científicos que tratam da relação entre IG e URP, preenchendo uma lacuna e fornecendo uma visão crítica e integrada do papel da BI no planejamento urbano. Ao fazer isso, espera não apenas informar, mas também influenciar debates acadêmicos e práticos, incentivando políticas mais inclusivas e eficazes que reconheçam a BI como um componente essencial da resiliência urbana.

2 METODOLOGIA

Para subsidiar e cumprir o objetivo da pesquisa, foi realizada uma análise bibliográfica, permitindo uma visão mais abrangente do tema, bem como a integração crítica e síntese dos achados pertinentes do estudo. Os dados foram coletados por meio do banco de dados Web of Science (WOS) e Scopus. Em ambos os bancos de dados, a pesquisa começou com o termo abrangente "Infraestrutura Verde"; Tópico (5.889 verbetes) e título do artigo, Resumo, Palavras-chave (7.564 itens) abrangendo a produção de 1995 a 2024. O período de 2018-2024 foi adicionado, excluindo apenas artigos revisados por pares e acessos antecipados, resultando em 4.712 artigos no WOS e 4.353 no Scopus.

Os filtros aplicados no estudo WOS renderam 725 artigos, com apenas as seguintes categorias: Estudos Ambientais, Estudos Urbanos, Ecologia, Recursos Hídricos, Planejamento Urbano Regional, Conservação da Biodiversidade, Estudos de Desenvolvimento e Engenharia Ambiental. Foram 116 artigos na categoria Recursos Hídricos, e uma amostra de 64 artigos na área de Planejamento Urbano Regional foi escolhida. Essa amostra foi avaliada no Excel e uma duplicata foi eliminada antes da escolha de 22 artigos com base em suas palavras-chave, frases-chave, títulos e resumos. Os trabalhos selecionados enfatizam a confluência da IG com os recursos hídricos, bem como o planejamento regional e urbano.

Filtros Scopus foram usados para identificar artigos e revisões em inglês da área de Ciências Ambientais (921). Limitar esta categoria a: Planejamento Urbano, Desenvolvimento Urbano, Desenho Urbano e Planejamento Urbano resultou em uma nova amostra de 219 artigos relacionados ao planejamento urbano, dos quais 148 foram transferidos para o Excel. Para dar continuidade à pesquisa, 32 artigos relacionados à IG, planejamento urbano e recursos hídricos foram identificados por meio da análise de seus títulos, resumos e palavras-chave.

Um novo ciclo foi realizado na base de dados Scopus; da amostra de 921 artigos utilizada anteriormente, reduzimos a pesquisa ao domínio Gestão da água (150), procurando artigos com foco em planejamento urbano. Para este estudo, foram escolhidos 82 artigos utilizando as palavras-chave área urbana, uso do solo, desenvolvimento sustentável, planejamento urbano, urbanização, cidade e desenvolvimento urbano, e 23 foram separados. 50 dessas 77 publicações foram escolhidas para exame devido à sua relevância para o tema.

Após as descobertas, outros artigos foram adicionados aos 50 para explicar a relação entre a BGI e suas interseções com a URP, bem como livros, teses e manuais importantes para o assunto. Estes foram derivados de um banco de dados de estudos e pesquisas anteriores, bem como recomendações de redes acadêmicas como ResearchGate, Academia e Google Scholar. Essa estratégia de inclusão contínua garantiu que a avaliação da literatura fosse completa e atual, refletindo tanto a evolução do

assunto quanto as adições mais recentes. A Tabela 1 fornece uma breve visão geral dos artigos selecionados.

Tabela 1: Resumo dos artigos analisados

Referência	Título
Axelsson et al., 2020	Adaptação da política urbana para gerenciar o aumento de eventos de inundação pluvial sob as mudanças climáticas.
Carter et al., 2017	Adaptando as cidades às mudanças climáticas – explorando o papel da gestão de riscos de inundação das paisagens de infraestrutura verde.
Conway et al., 2022	Quem participa de iniciativas de infraestrutura verde e por quê? Comparando participantes e não participantes dos programas GI da Filadélfia.
Primos e Hill, 2021	Infraestrutura verde, águas pluviais e a financeirização da governança ambiental municipal.
Dean et al., 2022	Acelerando a adoção de inovações sensíveis à água: percepções da comunidade sobre práticas e tecnologias para mitigar a poluição de águas pluviais urbanas.
Elderbrock et al., 2020	Um guia para o planejamento de espaços verdes públicos para serviços ecossistêmicos urbanos.
Feltynowski e Kronenberg, 2020	Espaços verdes urbanos - um recurso subestimado em cidades de terceiro nível na Polônia.
Fink, 2018	Contrastando os processos de aprendizagem de governança de cidades líderes e atrasadas em relação ao clima: Portland, Oregon e Phoenix, Arizona, EUA.
Gašparović et al., 2022	Impactos do desenvolvimento urbano de Zagreb nas mudanças dinâmicas nas paisagens dos riachos a partir de meados do século XX.
Giner et al., 2019	Promoção de infraestrutura verde na fronteira norte do México: a experiência e as lições aprendidas da Comissão de Cooperação Ambiental Fronteiriça.
Gougeon et al., 2023	Impacto das células de biorretenção em cidades de clima frio: modelagem do manejo da neve com base em um estudo de caso.
Hamel et al., 2021	Combinando perspectivas de serviços ecossistêmicos e resiliência no planejamento de infraestrutura natural: lições da área da baía de São Francisco.
Hamel e Tan, 2022	Infraestrutura azul-verde para gestão de inundações e qualidade da água no Sudeste Asiático: lacunas de evidências e conhecimento.
Hamlin e Nielsen-Pincus, 2020	De imitadores cinzentos a lobos verdes: política e infraestrutura para gerenciamento de risco de inundação.
Hasala et al., 2020	Seleção de locais de infraestrutura verde na comunidade de pântanos de Walnut Creek: um estudo de caso do sudeste
Caramba, 2021	Esverdeando a linha de cor: historicizando o redesenvolvimento da infraestrutura hídrica e a justiça ambiental na região metropolitana de St. Louis.
Heim LaFrombois et al., 2022	Planejamento para infraestrutura verde ao longo da Costa do Golfo: uma avaliação de planos abrangentes e práticas de planejamento na região costeira do Mississippi-Alabama.
Hoover et al., 2021	Implicações para a justiça ambiental dos critérios de localização no planejamento de infraestrutura verde urbana.
J. Chen et al., 2024	Otimização do sistema integrado verde-cinza-azul para lidar com inundações urbanas sob tomada de decisão multiobjetivo.
Johns, 2019	Compreendendo as barreiras à política de infraestrutura verde e gerenciamento de águas pluviais na cidade de Toronto: uma mudança de cinza para verde ou camadas e conversão de políticas?
Kooy et al., 2020	Soluções baseadas na natureza para a gestão urbana da água em cidades asiáticas: integrando a vulnerabilidade ao design sustentável.
Kvamsås, 2021	Abordando os desafios adaptativos do planejamento alternativo de águas pluviais.

Kvitsjøen et al., 2021	Intensificar a reabilitação de sistemas combinados de esgoto usando tecnologia sem valas em combinação com desenvolvimento de baixo impacto e infraestrutura verde.
Lee e Kim, 2023	Serviços ecossistêmicos de espaços verdes e avaliação de valor de estradas tridimensionais para cidades sustentáveis.
Liu e Wu, 2022	Análise de cenários na pesquisa de serviços ecossistêmicos urbanos: progresso, perspectivas e implicações para o planejamento e gestão urbana.
Matsler et al., 2021	Um camaleão 'verde': Explorando as muitas definições, objetivos e formas disciplinares de "infraestrutura verde".
Matsler et al., 2023	Institucionalizando barreiras ao acesso? Uma varredura de equidade de programas de incentivo de infraestrutura de águas pluviais verdes (GSI) nos Estados Unidos.
McFarland et al., 2019	Guia para o uso de infraestrutura verde em ambientes urbanos para gerenciamento de águas pluviais.
Mei et al., 2018	Avaliações integradas de infraestrutura verde para mitigação de inundações para apoiar a tomada de decisões robustas para a construção de cidades-esponja em uma bacia hidrográfica urbanizada.
Morris e Tippett, 2023	Percepções e práticas na Gestão Natural de Inundações: desvendando as diferenças nas perspectivas da comunidade e dos profissionais.
Muller e Mitova, 2023	O endurecimento da paisagem americana: efeitos da política de uso da terra na evolução das superfícies urbanas.
Nasr e Potteiger, 2023	Espaços, sistemas e infraestruturas: Das visões fundadoras às abordagens emergentes para a paisagem urbana produtiva.
Nguyen et al., 2019	Implementação de uma gestão hídrica urbana específica - Cidade Esponja.
Probst et al., 2022	Sistemas Azuis Verdes para mitigação do calor urbano: mecanismos, eficácia e direções de pesquisa.
Reu Junqueira et al., 2023	Desenvolver e testar uma análise de custo-efetividade para priorizar alternativas de infraestrutura verde para adaptação às mudanças climáticas.
Rojas et al., 2022	Avaliação do serviço ecossistêmico de mitigação de inundações em uma zona úmida costeira e o impacto potencial do futuro desenvolvimento urbano no Chile.
Schubert et al., 2017	Implementação da abordagem de serviços ecossistêmicos no planejamento municipal sueco.
Simpson e Winston, 2022	Efeitos do uso da terra no enriquecimento térmico de águas pluviais urbanas e mitigação potencial da temperatura de escoamento por medidas de controle de águas pluviais em escala de bacia hidrográfica.
Sinnett et al., 2018	A tradução e o uso de evidências de infraestrutura verde.
Canção et al., 2024	Troca de perspectiva da Europa Central para o Leste Asiático: Quão relevante é a Acupuntura Ambiental Urbana no desenvolvimento de espaços verdes em pequena escala no contexto da república da Coreia?
Staddon et al., 2018	Contribuições da infraestrutura verde para aumentar a resiliência urbana.
W. Chen et al., 2024	Tomada de decisão multiobjetivo para o planejamento de infraestrutura verde: Impactos das características da precipitação e configuração da infraestrutura.
Caminhante, 2021	Gentrificação de engenharia: redesenvolvimento urbano, política de sustentabilidade e infraestrutura verde de águas pluviais em Minneapolis.
Wang et al., 2023	Otimização da infraestrutura verde considerando o zoneamento espacial funcional na gestão de águas pluviais urbanas.
Wilfong et al., 2023	Mudança de paradigmas na gestão de águas pluviais – relações hidrossociais e hidrocidania de águas pluviais.
Wilfong et al., 2022	Difundindo responsabilidade, descentralizando a infraestrutura: relações hidrossociais dentro do paradigma de mudança de gestão de águas pluviais.
Willems et al., 2020	Como os atores estão (des)integrando agendas políticas para projetos multifuncionais de infraestrutura azul e verde no terreno.
Woznicki et al., 2018	Eficácia da infraestrutura verde baseada na paisagem para o gerenciamento de águas pluviais em bacias hidrográficas suburbanas.
Zheng e Barker, 2021	Infraestrutura verde e urbanização no subúrbio de Pequim: uma estrutura de avaliação de bairro aprimorada.

3 CONCLUSÕES SOBRE INFRAESTRUTURA AZUL NA RELAÇÃO ENTRE INFRAESTRUTURA VERDE E PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

Os autores veem a incorporação da IG no planejamento urbano como uma ferramenta para a regeneração urbana na busca da sustentabilidade e das vantagens sociais. A GI é vista como uma estratégia capaz de aumentar a resiliência da cidade diante das mudanças climáticas e da rápida urbanização. Isso inclui o uso de IG na gestão da água.

A gestão da água da chuva está ligada a práticas de IG, como a produção de alimentos em áreas urbanas, como outra abordagem de resiliência (NASR e POTTEIGER, 2023). Outras sugestões, como a conversão de estradas em espaços verdes (LEE e KIM, 2023) e áreas de gramado em áreas de plantio (ELDERBROCK et al., 2020), são vistas como soluções para o aumento da infiltração de águas pluviais, biodiversidade, conectividade e estética paisagística.

Os autores sugerem a renaturalização dos sistemas hídricos para mimetizar a drenagem natural e restaurar os ecossistemas aquáticos (GOUGEON et al., 2023; MATSLER et al., 2021), bem como o uso da infraestrutura natural, ou BGI, para combater inundações (HAMEL et al., 2021) e promover a equidade e a justiça ambiental (HOOVER et al., 2021).

3.1 SERVIÇOS MULTIFUNCIONAIS DE INFRAESTRUTURA INTEGRADA

Conforme declarado anteriormente, os autores reforçam essa perspectiva de multifuncionalidade, sugerindo que a IG seja usada para fornecer uma variedade de serviços, incluindo controle de enchentes, melhoria da qualidade do ar e oportunidades recreativas, bem como integrar comunidades historicamente sub-representadas e vulneráveis e envolvê-las em seu projeto (HASALA et al., 2020). A incorporação da IG (tanto suas áreas verdes que contribuem para a drenagem quanto sua infraestrutura azul) na URP tem o potencial de promover a justiça social, dissolvendo desigualdades históricas e racismo sistêmico no planejamento urbano (HOOVER et al., 2021), protegendo as comunidades de inundações e falta de gestão de águas pluviais e promovendo a equidade (CONWAY et al., 2022).

Essas comunidades podem ser revitalizadas com financiamento público incorporando infraestruturas verdes de pequena escala, como telhados verdes (SONG et al., 2024), bem como outras Soluções Baseadas na Natureza (SbN) (LIU e WU, 2022) em áreas degradadas e vulneráveis (HASALA et al., 2020), que promovem o bem-estar humano, restaurando a conexão das pessoas com

a natureza (SINNETT et al., 2018). Vários autores (KOOY et al., 2020; KVAMSÅS, 2021; ROJAS et al., 2022; WILFONG et al., 2023) defendem o uso de NbS, que fazem parte da faixa de IG (FLETCHER et al., 2014), independentemente da escala, além da observação de Serviços Ecossistêmicos (SE), ou serviços ecológicos, na integração de GI e UP.

De acordo com os estudos desta amostra, para que essas iniciativas sejam bem-sucedidas, é necessária a regulamentação e o desenvolvimento de padrões claros para sua implementação. Cidades como Malmö, Suécia (SCHUBERT et al., 2017) com telhados verdes e espaços verdes ou pântanos construídos como no Parque Nacional Krueger, África do Sul (STADDON et al., 2018) demonstram que os regulamentos que exigem a inclusão da IG em novos empreendimentos podem garantir que ela seja integrada aos planos de desenvolvimento urbano de forma sustentável. No entanto, os formuladores de políticas devem ser incluídos no processo de pesquisa quando os resultados da pesquisa são feitos, para que possam ser traduzidos em políticas. Outras lacunas devem ser abordadas, incluindo a falta de pesquisas longitudinais sobre os resultados de saúde do GI e a falta de ênfase no design (SINNETT et al., 2018). Além das preocupações com a água, outros estudos propõem a multifuncionalidade e a integração holística da GI em iniciativas urbanas, começando com o planejamento do uso da terra.

3.2 USO DO SOLO, PLANEJAMENTO URBANO E IG

Para maior sucesso, a IG deve ser incluída desde o início dos projetos de desenvolvimento urbano, ou a partir da análise de cenários, considerando os requisitos distintos de cada local (LIU e WU, 2022). Alguns autores do estudo da amostra sugerem a incorporação da IG no planejamento urbano e regional, com referência direta ou indireta à política de uso do solo (Tabela 2).

Tabela 2: IG no uso e ordenamento do território

Integração da IG no planejamento e nas políticas de uso da terra
Aproveitar o uso do solo como ferramenta de planejamento, considerando desde a pequena escala, como propriedades privadas, até a grande, como toda a paisagem urbana. Integração da GI em sistemas tradicionais para gerenciar eventos de inundação pluvial e enfrentar crises climáticas. GI controlando as formas e respostas ao crescimento urbano. (AXELSSON et al., 2020)
Planejamento GI priorizando áreas com maior capacidade de absorção de água. (J. CHEN et al., 2024)
GI com inventário, para proteger e valorizar os espaços verdes, evitar a urbanização descontrolada e consequente perda de recursos e SE. Ligação entre áreas urbanas, espaços agrícolas e naturais. (FELTYNOWSKI e KRONENBERG, 2020)
Legislação municipal e localizações estratégicas que permitem uma mudança de paradigma no planejamento urbano para uma melhor gestão das águas pluviais: Código de Desenvolvimento Urbano GI-friendly. (GINER et al., 2019)
Valorização das zonas húmidas e dos seus SE no uso do solo. (HAMLIN e NIELSEN-PINCUS, 2020)
Integrar o conhecimento e as necessidades da comunidade local e a modelagem hidrológica no planejamento do uso da terra. (HASALA et al., 2020)

GI incorporada ao planejamento não apenas para maximizar os benefícios, gestão de águas pluviais, qualidade do ar, mas também para a promoção de espaços verdes acessíveis, justiça ambiental e equidade e para combater a gentrificação. (HOOVER et al., 2021)
A análise de cenários com uso da terra, SE e suas projeções, avaliando o impacto do tipo de uso da terra em áreas urbanas, agrícolas e naturais e suas SE. (LIU e WU, 2022)
A investigação indica que existe um potencial oculto de adaptação às alterações climáticas nas políticas gerais de utilização dos solos. (MULLER e MITOVA, 2023)
As características locais devem ser consideradas durante o planejamento junto com a GI. (PROBST et al., 2022)
Divisão de áreas urbanas em zonas funcionais para soluções específicas de controle de GI, risco de inundação e escoamento. (WANG et al., 2023)

Fonte: Autores, 2024.

Nos estudos de uso da terra, as áreas verdes e seu potencial de conectividade devem ser priorizados a fim de maximizar os serviços ecossistêmicos e manter a resiliência da cidade diante das mudanças climáticas (LIU e WU, 2022). Além disso, o uso da IG em conjunto com as políticas de uso da terra no planejamento urbano e regional permite a construção de vários cenários, suas análises e a projeção de respostas, como impactos em áreas urbanas, agrícolas e naturais como resultado de seus desenvolvimentos (LIU e WU, 2022).

Esse potencial de uso da terra raramente é discutido na literatura acadêmica. Muitos artigos enfatizam a importância de incorporar a GI no planejamento, mas nem sempre abordam o uso da terra no desenvolvimento do espaço. Além da menção ao uso do solo na construção e previsões de cenários (LIU e WU, 2022), apenas um outro item em nossa amostra trata de forma mais incisiva o problema de usar o Planejamento do Uso do Solo (ou Gestão do Uso do Solo) para ditar a forma urbana em conjunto com o BGI. O artigo de Axelsson et al. (2020) também examina o uso de sistemas GI naturais e seminaturais para obter maior controle sobre reações ou consequências na criação e proteção do ambiente urbano contra inundações pluviais e ilhas de calor.

A integração da IG com a política de uso da terra destaca a necessidade de usar essa ferramenta para proteger os ecossistemas e mudar paradigmas. Por exemplo, o gerenciamento de águas pluviais pode ser aprimorado aumentando os esforços de mitigação, como minimizar o aumento de superfícies impermeáveis e implementar técnicas equilibradas de gerenciamento de densificação urbana para reduzir as preocupações ambientais (MULLER e MITOVA, 2023). Além disso, a valorização de regiões como áreas úmidas e várzeas, que contribuem para o ciclo hidrológico (HAMLIN e NIELSEN-PINCUS, 2020), mas sua conservação, são frequentemente vistas como uma barreira à expansão urbana (ROJAS et al., 2022).

4 INSERÇÃO DA IG NA LEGISLAÇÃO DE USO DA TERRA PARA PROMOVER A CONECTIVIDADE ECOLÓGICA E A JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL: ATORES, ESCALA E CARACTERÍSTICAS LOCAIS

A conectividade ecológica é fundamental para a eficácia da infraestrutura verde (IG) no desenvolvimento urbano, pois promove a resiliência do ecossistema e melhora a qualidade ambiental. O estabelecimento de corredores ecológicos, ou articulações, conecta porções de ecossistemas naturais e áreas verdes urbanas, garantindo a continuidade dos processos ecológicos. Esses corredores promovem o movimento de espécies e a troca de genes entre as populações, aumentando a biodiversidade urbana e auxiliando na preservação dos ecossistemas naturais em áreas urbanizadas (HEIM LAFROMBOIS et al., 2022). A restauração da planície de inundação também melhora a conectividade ao se interconectar com rios e outros corpos d'água, ao mesmo tempo em que incentiva importantes serviços ecossistêmicos, como mitigação de inundações e disponibilidade de água (HAMLIN e NIELSEN-PINCUS, 2020).

Diante desses temas, conectividade e uso da terra, os autores acreditam que a incorporação da GI no planejamento urbano fomenta a resiliência ambiental, promovendo a mobilidade das espécies e a manutenção de processos ecológicos essenciais (HEIM LAFROMBOIS et al., 2022). O estabelecimento de corredores ecológicos e a restauração de planícies aluviais melhoram a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Para tornar isso praticável e bem-sucedido, eles devem ser incorporados aos regulamentos de uso da terra (HAMLIN e NIELSEN-PINCUS, 2020; HOOVER et al., 2021; LIU e WU, 2022; JOHNS, 2019), com foco nas características locais e nas necessidades da comunidade (KOOY et al., 2020; KVAMSÅS, 2021; WILFONG et al., 2022).

A conectividade também precisa ser definida em termos de redes de infraestrutura verde urbana coesas, nas quais vários elementos, como telhados verdes, biovalas e jardins de chuva, estão interconectados e funcionam juntos. Usando Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e teorias estabelecidas de conectividade da paisagem, é possível detectar áreas propensas à fragmentação e priorizar ações que reconectem esses elementos verdes (ZHENG e BARKER, 2021).

Embora a adoção dessas estratégias pelas populações locais esteja frequentemente ligada ao valor recreativo e à acessibilidade dessas novas áreas verdes, os profissionais de planejamento geralmente enfatizam as vantagens para a biodiversidade e a vida selvagem (MORRIS e TIPPETT, 2023). Este método integrado aumenta a resiliência ecológica, permitindo que as funções do ecossistema sejam mantidas mesmo em contextos urbanos complexos.

Ao conciliar a IG com a legislação de uso do solo urbano, são desenvolvidas redes produtivas e integradoras que conectam vários usos da terra e iniciativas de BGI, aumentando assim o impacto

positivo da IG. Seus resultados vão além da sustentabilidade com conectividade e ganhos de serviços ecossistêmicos; Eles criam um ambiente urbano resiliente capaz de lidar com estresses sociais e ecológicos. A adição de hortas comunitárias e hortas urbanas associadas à agricultura urbana a esse contexto maximiza os benefícios sociais e melhora a inclusão da comunidade no processo de planejamento (NASR e POTTEIGER, 2023).

A implementação de infraestrutura verde (IG) no planejamento urbano, quando combinada com políticas de uso da terra, requer uma abordagem holística. Hamlin e Nielsen-Pincus (2020) mencionam as 3 dimensões da infraestrutura: tecnológica, social e ecológica e entre as intervenções políticas que incentivam o uso da IG, os autores mencionam a mudança de regras como as regulamentações contábeis, incluindo valores não monetários da natureza. Sobre esses valores, por exemplo, as percepções das zonas úmidas mudaram de locais de expansão para o mercado imobiliário para ativos de valor ambiental com potencial para reduzir a dependência de infraestrutura cinza. Essa mudança protege as zonas úmidas em vez de desenvolvê-las indiscriminadamente, apoiando assim suas funções ambientais na gestão de águas pluviais e na resposta a riscos naturais (JOHNS, 2019; ROJAS et al., 2022). Hoover et al. (2021) acrescentam que a infraestrutura verde deve ser incorporada às políticas de uso da terra como um componente importante do planejamento urbano para garantir que os espaços verdes e as SbN sejam integrados ao processo de desenvolvimento, em vez de serem vistos como reflexões tardias. As cidades podem gerenciar seus recursos hídricos de forma mais eficaz e reduzir os efeitos das superfícies impermeáveis desenvolvendo tais regras de uso do solo, usando práticas de modelagem para avaliar a mudança da superfície urbana (MULLER e MITOVA, 2023).

Para permitir uma implementação eficaz, tanto os fatores locais como os legados históricos das regiões urbanas devem ser tidos em conta. Os autores sublinham que o planejamento da IG deve ser adaptado às circunstâncias climáticas e características físicas do local, como superfícies urbanas e sensibilidade a inundações, utilizando modelagem hidrológica e conhecimento local (KOOY et al., 2020; MCFARLAND et al., 2019), ecoando o método de Ian McHarg. Essa abordagem integrada permite decisões mais adequadas sobre o uso da terra com base nas características ambientais e sociais de cada local, garantindo que a infraestrutura verde atenda às necessidades individuais da comunidade. No entanto, em alguns países em desenvolvimento, a parceria entre instituições e iniciativas de GI pode ser influenciada por práticas históricas de racismo institucionalizado, como ocorreu em cidades americanas, demonstrando que os impactos da GI podem variar significativamente dependendo de como e onde ela é implementada, podendo, em determinados contextos, perpetuar desigualdades socioespaciais (HECK, 2021; HOOVER et al., 2021).

A governança urbana e as regulamentações municipais desempenham um papel importante na priorização e gestão da infraestrutura verde. A criação de regulamentações municipais baseadas em diretrizes de projeto promove um ambiente regulatório que promove a implementação equitativa e eficiente da IG (STADDON et al., 2018; CAMINHANTE, 2021). Para colher o máximo de benefícios da IG, as áreas urbanas devem ser divididas em zonas funcionais, como zonas de controle de risco de inundação.

Em termos de governança e formação de políticas, a amostra demonstra duas abordagens distintas nos Estados Unidos, onde o ethos político local impulsiona as políticas de uso da terra e prioriza projetos sustentáveis em Portland e Phoenix. Enquanto Portland adota uma estratégia progressiva e integrada, Phoenix, que se concentra no desenvolvimento econômico e na mínima interferência do governo, promove a eficiência acima da sustentabilidade (FINK, 2018).

Iniciativas participativas, que envolvem o público na concepção, implementação e monitoramento, desempenham um papel importante na aceitabilidade de novos espaços verdes; esse envolvimento social maximiza as vantagens sociais e ambientais (FINK, 2018; NASR e POTTEIGER, 2023; SONG et al., 2024). Ao contrário da participação pública, a interconexão ecológica e o uso da terra recebem atenção mínima na amostra.

4.1 COLABORAÇÃO INSTITUCIONAL, GOVERNANÇA, PARTICIPAÇÃO POPULAR E JUSTIÇA SOCIAL NA IMPLEMENTAÇÃO DA IG

A natureza multidisciplinar e multiescalar, combinada com abordagens holísticas, melhora a implementação da IG. As barreiras técnicas e sociais são superadas por meio da colaboração entre planejadores, pesquisadores e profissionais de diversas áreas (ecologia, engenharia e planejamento urbano) para desenvolver soluções urbanas mais eficazes, mitigar problemas como inundações, restaurar ecossistemas e melhorar a qualidade de vida urbana (HAMEL et al., 2021; HAMLIN e NIELSEN-PINCUS, 2020; MATSLER et al., 2021; PROBST et al., 2022; ZUNIGA-TERAN et al., 2019). O BiodiverCity² e outros programas colaborativos demonstram o bom impacto da cooperação interinstitucional na promoção da biodiversidade e na ampliação das áreas verdes urbanas (SCHUBERT et al., 2017).

Trabalhando de forma colaborativa, as agências municipais responsáveis pelo planejamento urbano, água e meio ambiente podem facilitar o desenvolvimento de soluções integradas que

² O projeto teve como objetivo promover a biodiversidade e aumentar a sustentabilidade em áreas urbanas, identificando novas abordagens, colaborando com instituições e empresas e incorporando o SE ao desenho urbano (SCHUBERT et al., 2017).

combinem infraestruturas verdes e azuis para promover a resiliência urbana (KVAMSÅS, 2021). A comunicação eficiente entre os profissionais envolvidos, como engenheiros e planejadores, garante a validade técnica das sugestões (GINER et al., 2019). Ao considerar as necessidades e preferências da comunidade, a aceitação e o envolvimento dessas iniciativas aumentam. A participação popular na tomada de decisões resulta em práticas adaptáveis às demandas locais, fortalece a legitimidade das iniciativas (HEIM LAFROMBOIS et al., 2022; KVAMSÅS, 2021), aumenta a confiança na eficácia das medidas adotadas, com a abordagem de aprender fazendo (MORRIS e TIPPETT, 2023), promove o sentimento de pertencimento e responsabilidade compartilhada e incentiva a criação e manutenção colaborativa de espaços verdes (SONG et al., 2024).

A participação ativa da comunidade no desenho e implementação (ELDERBROCK et al., 2020), pode garantir o sucesso e a distribuição equitativa das intervenções gastrointestinais. Dar mais voz aos moradores e promover iniciativas de baixo para cima, mesmo em bairros transitórios (ZHENG e BARKER, 2021). Aumentar a conscientização e educar o público sobre a importância da IG é necessário para reduzir a poluição e os efeitos das mudanças climáticas. As novas tecnologias ajudam a comunicar os impactos e visualizá-los na paisagem local, mesmo aqueles antes invisíveis como a poluição, contribuindo para a compreensão da comunidade sobre técnicas e possíveis soluções. (DEAN et al., 2022). Apoiar atividades de base, treinar a população e aumentar o conhecimento sobre os benefícios da IG são essenciais para incentivar a aceitação local da BGI, aumentar o envolvimento dos cidadãos e apoiar a tomada de decisões descentralizadas. Após décadas de gestão centralizada, é necessária uma reformulação de como os indivíduos veem suas responsabilidades e deveres de gerenciar as águas pluviais (WILFONG et al., 2023). O significado da BGI varia de acordo com os atores envolvidos, mas seus objetivos aproximam as pessoas (WILLEMS et al., 2020).

Portland é um exemplo de estratégia participativa que usa a tomada de decisão colaborativa para desenvolver estratégias climáticas inovadoras e inclusivas (FINK, 2018). A Phoenix adotou a abordagem oposta, centralizada e mais típica de governança de cima para baixo, que se concentra na eficiência e nos interesses corporativos, tornando suas iniciativas climáticas tecnocráticas e reativas, mais preocupadas com os requisitos econômicos imediatos do que com a sustentabilidade de longo prazo. As diferenças culturais e políticas podem ter impacto na governança, como demonstram esses dois exemplos (FINK, 2018).

A inovação nos modelos de governança é necessária para garantir que a IG seja totalmente incorporada ao planejamento urbano, tanto de cima para baixo quanto de baixo para cima, facilitando assim a adaptação da cidade às mudanças climáticas (STADDON et al., 2018). Além disso, a adoção da IG deve ser complementada por leis para evitar a gentrificação, que é frequentemente associada ao

renascimento urbano. Regulamentações sobre especulação imobiliária, controle de aluguéis e apoio à habitação cooperativa são propostas para garantir que as vantagens da IG sejam dispersas de forma justa e não piorem as iniquidades presentes (WALKER, 2021) ou históricas (HOOVER et al., 2021).

Em St. Louis (EUA), por exemplo, o legado da segregação racial e das práticas discriminatórias de planejamento resultou em desigualdades consideráveis na provisão e investimento em infraestrutura (HECK, 2021). Consultas públicas e workshops podem garantir que essas comunidades minoritárias e historicamente marginalizadas sejam atendidas, promovendo um desenvolvimento urbano mais equitativo e inclusivo (HOOVER et al., 2021). Os processos participativos permitem que a população expresse suas visões e identifique áreas prioritárias para intervenções de GI, abordando questões ambientais específicas e promovendo soluções que reflitam as preocupações locais (ELDERBROCK et al., 2020). As comunidades de baixa renda podem ser integradas por meio de programas de incentivo, como subsídios e isenções fiscais, garantindo a distribuição equitativa dos benefícios.

A diversidade das relações hidrossociais³ (WILFONG et al., 2023), incluindo diversas perspectivas sobre a descentralização da gestão de águas pluviais, é essencial para que as soluções de GI funcionem como catalisadores da justiça social e da equidade urbana, em vez de apenas atender às demandas imediatas (WILFONG et al., 2022). Para incluir a IG em um contexto mais amplo de sustentabilidade, são necessárias estratégias de planejamento urbano que priorizem a qualidade ambiental e a justiça social (ZHENG e BARKER, 2021). Para isso, os custos de instalação e manutenção dos residentes devem ser reduzidos, removendo barreiras financeiras que excluem populações desfavorecidas, promovendo a coesão social e melhorando a qualidade de vida (KOOY et al., 2020; MATSLER et al., 2023; CAMINHANTE, 2021).

A implementação da IG para enfrentar os desafios ambientais e sociais contemporâneos requer não apenas uma forte colaboração interinstitucional, mas também a simplificação dos processos administrativos para direcionar os investimentos de forma inclusiva, aumentar a acessibilidade dos programas, evitar a gentrificação e promover a gestão integrada de áreas verdes e águas urbanas (MATSLER et al., 2023; CAMINHANTE, 2021; WILFONG et al., 2022). Mesmo no setor privado, medidas devem ser elaboradas para incentivar os proprietários de terras a tornar suas terras acessíveis para o estabelecimento de espaços verdes (SONG et al., 2024), fortalecendo assim as conexões com a comunidade. Tanto o GI quanto o BI são considerados para atender às demandas culturais e estéticas

³ Descentralização da gestão das águas pluviais e promoção da hidrocidadania, ou maior responsabilidade cidadã, alcançada pela compreensão dos papéis envolvidos e da função do poder público, bem como da própria posição como cidadão ao aceitar a obrigação (WILFONG et al., 2023).

da população urbana, ajudando no estabelecimento de áreas públicas agradáveis e na valorização do patrimônio histórico e paisagístico (GAŠPAROVIĆ et al., 2022).

Para ser eficaz, o engajamento público deve incentivar uma mudança de cultura que reconheça a importância da IG no planejamento urbano. Na pesquisa de Johns (2019), fica claro o quanto conhecer a GI e seus papéis na UP facilita o avanço de sua implementação, pois em sua pesquisa onde os entrevistados eram pessoas envolvidas em políticas de infraestrutura verde, houve um consenso de que os municípios precisam fazer mais sobre a GI na gestão de águas pluviais. O envolvimento interdisciplinar e colaborativo entre várias partes interessadas, incluindo comunidades locais, ONGs, agências governamentais e o setor privado, é importante para desenvolver uma compreensão compartilhada dos benefícios da IG (MCFARLAND et al., 2019; WILLEMS et al., 2020). Isso é viável por meio de medidas de base, como atividades de educação e conscientização, que capacitam os cidadãos e incentivam a adoção voluntária de comportamentos sustentáveis (FINK, 2018; MORRIS e TIPPETT, 2023). A coordenação entre os setores público e privado, ONGs e comunidades locais promove o compartilhamento de conhecimento e a otimização de recursos, enquanto a participação das instituições acadêmicas contribui para a troca de informações e a identificação de melhores práticas a serem implementadas (HEIM LAFROMBOIS et al., 2022; JOHNS, 2019) em um ambiente de aprendizagem social promovido pelo engajamento contínuo das partes interessadas (HAMEL et al., 2021).

Mesmo no monitoramento, a abordagem participativa da supervisão da IG se mostra essencial para alinhar as percepções dos inúmeros atores envolvidos e garantir a distribuição equitativa dos recursos, buscando soluções para além dos problemas de chuva (AXELSSON et al., 2020), ou para medidas de gestão de recursos naturais (MORRIS e TIPPETT, 2023). Como dito anteriormente, a participação legítima da comunidade deve ser abordada em todo o processo, desde o planejamento até as operações em andamento, com táticas ajustadas para refletir os resultados e os requisitos de desenvolvimento (MATSLER et al., 2023).

4.2 A IMPORTÂNCIA DA ESCALA E DOS FATORES LOCAIS

Os autores também destacam o papel da GI no planejamento urbano na resolução de questões de acessibilidade (MORRIS e TIPPETT, 2023) e outros problemas causados pela rápida urbanização (ZHENG e BARKER, 2021). Eles enfatizam a necessidade de trabalhar em pequenas escalas (WILFONG et al., 2022), ou escala de vizinhança (ZHENG e BARKER, 2021), para entender melhor as características locais e, de acordo com Wilfong et al. (2022), para mimetizar com mais eficiência os processos naturais, como infiltração e evapotranspiração. Eles apontam que a GI deve ser usada para

gerenciar águas pluviais e melhorar a qualidade da água, especialmente em áreas vulneráveis a inundações (GAŠPAROVIĆ et al., 2022) ou em regiões com eventos climáticos extremos (GOUGEON et al., 2023).

Alguns acadêmicos enfatizam a necessidade de se concentrar nas especificidades da geografia e nas peculiaridades locais. Seguindo o exemplo da água de degelo da neve, as células de biorretenção são propostas como uma estratégia para melhorá-la, reduzindo os contaminantes da precipitação e melhorando a qualidade do ambiente urbano (GOUGEON et al., 2023; KOOY et al., 2020; MORRIS e TIPPETT, 2023; NGUYEN et al., 2019; CAMINHANTE, 2021). Além da qualidade da água, os autores enfatizam a relevância da quantidade de água, destacando a necessidade de combinar as políticas de GI com os atuais esquemas de infraestrutura cinza, bem como com as cidades costeiras (JOHNS, 2019; ROJAS et al., 2022).

O sucesso na sustentabilidade e manutenção da aplicação do IG na UP depende não apenas das características locais (CARTER et al., 2017; DEAN et al., 2022; ZHENG e BARKER, 2021), mas também sobre as demandas das comunidades incluídas no planejamento, particularmente no Sul Global que enfrenta graves desafios (ZUNIGA-TERAN et al., 2019). Para isso, novos estatutos que estimulem a adoção da IG devem ser desenvolvidos, regulamentações, bem como recursos financeiros realocados para priorizar investimentos voltados à sustentabilidade e resiliência da cidade (AXELSSON et al., 2020; PRIMOS e HILL, 2021; CAMINHANTE, 2021). Promover a educação e o conhecimento sobre a IG pode mobilizar o apoio da comunidade e garantir que os projetos satisfaçam suas necessidades (DEAN et al., 2022), prevenindo a gentrificação verde (WALKER, 2021), bem como melhorar sua aceitação, resultando em uma nova relação de responsabilidade cidadã (WILFONG et al., 2023).

5 FERRAMENTAS, ABORDAGENS E BARREIRAS NA APLICAÇÃO DA IG

5.1 FERRAMENTAS PARA APOIAR O DESIGN DE IG

Pesquisas e ferramentas foram desenvolvidas para melhorar a implementação da IG. Por exemplo, a pesquisa de Wang et al. (2023) sobre a otimização de infraestrutura verde, infraestrutura cinza e infraestrutura azul, com base em zonas funcionais espaciais, sugere que essa abordagem oferece uma solução mais confiável e adaptável para o gerenciamento de águas pluviais urbanas, além de servir como referência para o projeto e layout de GI em áreas urbanas. Essa abordagem pode ser acompanhada por ferramentas desenvolvidas por outros autores, tais como: o Green Infrastructure

Cost-Effectiveness Rating Index (GICRI)⁴ (REU JUNQUEIRA et al., 2023), uma ferramenta que pode ajudar os tomadores de decisão a priorizar os investimentos em GI, informando onde e como implementar essas soluções de forma mais eficaz, e uma ferramenta de configuração espacial para GI mais uma ferramenta de otimização multiobjetivo⁵ desenvolvida por W. Chen et al. (2024).

Com foco em BI, esta ferramenta examina as relações hidrológicas entre vários tipos de infraestrutura verde, incluindo telhados verdes e pavimentos permeáveis. Tem como objetivo determinar a configuração ideal da infraestrutura verde em uma área-alvo, considerando a eficiência hídrica e os custos ao longo do ciclo de vida, enfatizando a importância de considerar as especificidades do local onde os sistemas de IG serão implementados, bem como sugerir o uso de SbN na gestão da água urbana (W. CHEN et al., 2024).

5.2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS PARA APLICAÇÃO DE IG NA GESTÃO DA ÁGUA

A amostra também inclui trabalhos que abordam o tema de forma mais técnica e focada na engenharia do que no planejamento urbano, destacando a importância de avaliar as interações entre as diversas estruturas e sistemas empregados na gestão da água. No entanto, ao projetar a paisagem com IG, eles seguem o mesmo raciocínio de autores mais focados no planejamento urbano e regional. Esses autores levam em consideração outros fatores, como localização, características hidrológicas e tipo de uso da terra, para melhorar a eficácia da implementação da IG (W. CHEN et al., 2024; MCFARLAND et al., 2019), integrando infraestruturas verdes, azuis e cinzas, maximizando a absorção de água da chuva e reduzindo o escoamento superficial (J. CHEN et al., 2024) e mitigando a poluição térmica que degrada os ecossistemas aquáticos (SIMPSON e WINSTON, 2022).

Nesta coleção de estudos que se concentram em abordagens de GI no ponto de uso, valas vegetadas e outras práticas localizadas de controle de águas pluviais são recomendadas para reduzir o volume de escoamento e a vazão em bacias hidrográficas suburbanas e de bairro, fornecendo serviços ecossistêmicos (WOZNICKI et al., 2018). No entanto, estudos mostram que as Medidas de Controle de Águas Pluviais (SCMs) descentralizadas são mais eficazes do que a infraestrutura tradicional (sistemas de meio-fio e sarjeta) em eventos de chuva de menos de 20 mm, que são mais frequentes, mas podem não ser suficientes quando não integrados a outras infraestruturas em eventos maiores

⁴ Auxilia na priorização de investimentos em IG, levando em consideração cenários climáticos e incertezas associadas, e buscando assertividade na implementação com base em análises que levem em conta as variações projetadas nas circunstâncias climáticas, como frequência e intensidade das chuvas. Em seu ensaio, os autores abordam a importância de abordagens inovadoras e proativas para a gestão de riscos de inundação, nas quais a infraestrutura azul pode desempenhar um papel significativo (REU JUNQUEIRA et al., 2023).

⁵ A ferramenta combina o Modelo de Gerenciamento de Águas Pluviais (SWMM) e o Algoritmo Evolutivo de Força de Pareto (W. CHEN et al., 2024).

(WOZNICKI et al., 2018). Estudos também sugerem que os SCMs podem não fornecer tratamento suficiente para proteger os ecossistemas de água fria do desenvolvimento urbano, exigindo limitação de área impermeável e o uso de LIDs, entre outras estratégias (SIMPSON e WINSTON, 2022).

Três termos com maior foco em recursos hídricos são encontrados na amostra: Sistemas Verdes Azuis (BGS), Sistema Integrado Verde-Cinza-Azul (IGGB) e Cidades-Esponja (SCP). Na aplicação do BGS, elementos verdes e azuis (vegetação e água) são combinados para maximizar os serviços ecossistêmicos e melhorar a conectividade entre os espaços naturais, mitigando o calor urbano e proporcionando múltiplos benefícios ambientais (PROBST et al., 2022). O IGGB para gestão de águas pluviais propõe um modelo para avaliar a interação de infraestruturas verde-cinza-azul para determinar o arranjo espacial que maximiza a absorção de águas pluviais, minimizando o escoamento superficial, aumentando a capacidade de drenagem e melhorando a circulação natural da água em áreas urbanas (J. CHEN et al., 2024). O Programa SCP foi lançado pelo governo chinês, associando técnicas tradicionais de gestão da água ao conceito de LID (CHIKHI et al., 2023).

5.3 CIDADES-ESPONJA E ANÁLISE DE CUSTO DO CICLO DE VIDA DA IG

As cidades-esponja fornecem um exemplo interessante da ligação entre o desenvolvimento urbano e o abastecimento de água. O Programa Cidade Esponja (SCP) busca integrar a gestão urbana da água não apenas para reduzir as inundações, mas também para melhorar a qualidade da água, recarregar as águas subterrâneas, expandir o espaço verde e mitigar as emissões de gases de efeito estufa, evitando a poluição da água e do solo. A aplicação da IG é um dos principais princípios das Cidades-Esponja (NGUYEN et al., 2019). A viabilidade econômica e a eficácia da GI na prevenção de inundações durante o planejamento de cidades-esponja podem ser validadas por meio de modelagem hidrológica (Storm Water Management Model - SWMM)⁶ (MEI et al., 2018).

A análise dos custos do ciclo de vida das soluções de GI deve ser realizada para garantir a sustentabilidade do investimento e promover estratégias de gerenciamento de benefícios de longo prazo. A colaboração entre setores sociais (KVITSJØEN et al., 2021) e regulamentações locais de acordo com as características hidrológicas, climáticas e do solo (NGUYEN et al., 2019) é essencial para iniciativas de IG bem-sucedidas e sustentáveis nas cidades. O planejamento estratégico de um Sistema Integrado de Gerenciamento de Águas Pluviais (SGSI) incorporando tecnologias GI e LID

⁶ O Modelo de Gerenciamento de Águas Pluviais (SWMM) foi projetado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) com os objetivos de reduzir o escoamento por infiltração e retenção, bem como reduzir as descargas que prejudicam os corpos aquáticos. Ele pode avaliar medidas de gerenciamento de águas pluviais de infraestrutura cinza, como canos e bueiros, e é uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de sistemas de controle de águas pluviais híbridos verdes/cinzas econômicos (US EPA, 2014).

otimizaria seus benefícios e reduziria os riscos de inundação. O uso de GI intenso em eventos não extremos pode minimizar a profundidade da inundação e a velocidade do escoamento superficial (KVITSJØEN et al., 2021).

6 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA IG NO PLANEAMENTO URBANO E REGIONAL

Segundo os autores, existem barreiras financeiras, institucionais, sociais e técnicas (Tabela 3) que dificultam a implementação da IG e a adoção de práticas sustentáveis na gestão dos recursos hídricos em ambientes urbanos.

Tabela 3: Barreiras na implementação do IG na URP

Barreiras	Autores e descrições
Financeiro	Falta de adoção de taxas e financiamento de águas pluviais para cumprir os regulamentos e renovar a infraestrutura envelhecida de água, esgoto e águas pluviais. (PRIMOS e HILL, 2021); Aceitação de taxas de gerenciamento de águas pluviais (JOHNS, 2019); Desigualdades no investimento em infraestrutura hídrica (KOOY et al., 2020); Barreiras financeiras como propriedade que excluem comunidades carentes (DEAN et al., 2022; MATSLER et al., 2023), constituindo também uma barreira social; Dificuldade em quantificar os benefícios da IG, fragilizando o argumento econômico e limitando os recursos municipais, inibindo o investimento (REU JUNQUEIRA et al., 2023); Falta de informações sobre monetização e custo-benefício da IG para promotores imobiliários, engenheiros e autoridades locais (SINNETT et al., 2018).
Institucional	Histórico de investimentos desproporcionais em infraestrutura cinza (JOHNS, 2019); A falta de participação da comunidade e a desconexão da identidade do local podem dificultar a aceitação e implementação da IG (HAMLIN e NIELSEN-PINCUS, 2020); Injustiças ambientais e disparidades no acesso aos serviços de água com base na raça e localização geográfica (HECK, 2021), uma barreira institucional e social;
Barreiras	Autores e descrições
Institucional	Processos de tomada de decisão política que não priorizam considerações ambientais ou os benefícios de longo prazo da IG (REU JUNQUEIRA et al., 2023); Modelos de governança centralizados e top-down (WILFONG et al., 2023).
Social	Barreiras à participação, como custos e espaço limitado, exigem estratégias inclusivas (CONWAY et al., 2022); Confiança nas percepções das partes interessadas para identificar estratégias que superem os desafios e maximizem os benefícios na implementação da IG (ELDERBROCK et al., 2020); Na análise de cobenefícios, a redução do escoamento superficial é frequentemente considerada em detrimento de outros benefícios, como qualidade da água, recreação e saúde pública (REU JUNQUEIRA et al., 2023); Gentrificação gerada pela valorização imobiliária devido a melhorias estéticas e outros ganhos de IG (WALKER, 2021).
Técnico	Barreiras regulatórias e legislativas, estruturação burocrática, que podem dificultar a implementação de estratégias inovadoras de gestão de águas pluviais. Regulamentações complexas à medida que as cidades crescem e incertezas climáticas que exigem adaptações (AXELSSON et al., 2020); Desafios na integração com a infraestrutura existente (COUSINS e HILL, 2021); Dependência de percepções sobre a adequação de tecnologias sensíveis à água que influenciam sua aceitação e as variações exigidas devido às características climáticas locais, estética e necessidades e valores pessoais (DEAN et al., 2022);

	<p>A falta de conscientização sobre a importância dos espaços verdes na saúde pública dificulta a convicção dos tomadores de decisão na integração da IG no planejamento urbano (GINER et al., 2019);</p> <p>Falta de conscientização pública por parte de planejadores e formuladores de políticas sobre o papel da IG na qualidade de vida e mitigação das desigualdades, promovendo a conscientização pública (HOOVER et al., 2021);</p> <p>Desigualdades na infraestrutura hídrica e complexidade política que influenciam a eficácia das soluções naturais (KOOY et al., 2020);</p> <p>Incerteza sobre o desempenho hidrológico da IG que gera resistência e limita sua adoção generalizada (KVAMSÅS, 2021);</p> <p>A variação de terminologia e conceitos de acordo com diferentes regiões geográficas altera sua compreensão e implementação, além de características locais e contextos culturais; gerando diferentes focos de pesquisa, metodologias e métricas de eficiência que podem não ser universalmente aplicáveis (MATSLER et al., 2021);</p> <p>As incertezas climáticas e socioeconômicas dificultam o planejamento dos sistemas de gestão de águas pluviais pelos formuladores de políticas (MEI et al., 2018);</p> <p>Percepções discrepantes entre profissionais e comunidade impactam a sustentabilidade devido à falta de confiança nas soluções técnicas sugeridas (MORRIS e TIPPETT, 2023);</p> <p>A falta de compreensão das fontes e sumidouros de calor dentro das cidades e zonas climáticas locais, bem como a criação de mapas de calor urbanos de alta resolução espacial e temporal (PROBST et al., 2022);</p> <p>Falta de informação sobre a viabilidade técnica e econômica das alternativas de IG, especialmente em áreas de retrofit. Lacunas na análise dos custos de construção e manutenção de diferentes tipos de IG e sua eficácia no gerenciamento da precipitação (REU JUNQUEIRA et al., 2023);</p> <p>Baixa adoção do IG devido a obstáculos de implementação local (WILLEMS et al., 2020).</p>
--	---

Fonte: Autores, 2024.

A necessidade de coordenação entre os diferentes níveis administrativos de governo, o desenvolvimento de novos instrumentos políticos específicos para a integração da infraestrutura cinzenta na infraestrutura cinzenta e a reafetação de investimentos tradicionalmente atribuídos, bem como a eliminação de barreiras institucionais, continuam a ser grandes desafios na transição do cinzento para o verde. A colaboração entre ONGs, o público e os setores corporativos pode alcançar uma mudança de cultura, aumentando a capacidade e a compreensão dos benefícios da IG, envolvendo comunidades e partes interessadas e aumentando a aceitabilidade das soluções propostas (JOHNS, 2019).

7 DISCUSSÃO

A infraestrutura verde (GI) é vista pelos autores como a chave para enfrentar as dificuldades urbanas contemporâneas, promovendo a multifuncionalidade e a resiliência em muitas escalas e configurações. Dentre as soluções propostas, o uso da IG no planejamento urbano tem se mostrado uma opção viável para o enfrentamento da gestão da água, sustentabilidade ambiental e equidade na sociedade.

Várias opções para aumentar a infiltração de água da chuva são sugeridas, incluindo a conversão de áreas urbanas degradadas em locais multiuso e recreativos, telhados verdes e valas com

vegetação. Estes melhoram a qualidade da água e aumentam os serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos (HAMEL e TAN, 2022; MCFARLAND et al., 2019; MORRIS e TIPPETT, 2023; WOZNICKI et al., 2018). Medidas descentralizadas de controle de águas pluviais (SCMs) são particularmente eficazes durante eventos de precipitação moderada, ajudando a mitigar as consequências em locais vulneráveis criados pela pressão do desenvolvimento urbano (WOZNICKI et al., 2018).

O planejamento de infraestrutura rodoviária sustentável como na Coreia (LEE e KIM, 2023) e outras infraestruturas lineares com GI busca integrar conectividade ecológica e funcionalidade urbana, como visto na 'renaturalização' de sistemas hídricos e aumento da biodiversidade em áreas urbanas densas (GAŠPAROVIĆ et al., 2022). A implementação desses métodos enfatiza o papel da IG na restauração dos processos naturais e na minimização das dificuldades causadas pela urbanização desordenada.

Além das questões hidrológicas, a incorporação da IG no planejamento urbano e regional (URP) é vista como uma ferramenta para a justiça social e a equidade ambiental. Populações vulneráveis, historicamente afetadas pela falta de gestão de águas pluviais, podem se beneficiar da implementação até mesmo de pequenas intervenções. As revitalizações de espaços públicos patrocinadas pelo público, bem como a incorporação de espaços verdes em projetos urbanos, ajudam a reduzir as disparidades estruturais (HASALA et al., 2020; STADDON et al., 2018).

Os autores também destacam a importância de uma regulamentação clara e de ferramentas de políticas públicas para viabilizar e dimensionar soluções baseadas em GI (STADDON et al., 2018). Regulamentações em Toronto (Canadá), Basileia (Suíça) e Portland (EUA), que exigem telhados verdes em novos empreendimentos, mostram como as políticas locais podem garantir uma implementação bem-sucedida e de longo prazo (STADDON et al., 2018). Para cumprir plenamente a promessa da GI, as políticas devem estar alinhadas com os instrumentos de gestão do uso da terra, com orientação para o crescimento concentrado (MULLER e MITOVA, 2023), apoiando respostas urbanas mais integradas e resilientes, como estratégias de proteção contra inundações costeiras e fluviais. (AXELSSON et al., 2020).

O desenvolvimento de ferramentas específicas, como o Green Infrastructure Cost-Effectiveness Rating Index (GICRI) e análises espaciais da configuração hidrológica, tem sido proposto como estratégias eficazes para priorizar investimentos e identificar oportunidades de integração da GI com infraestruturas tradicionais (REU JUNQUEIRA et al., 2023; W. CHEN et al., 2024). Essa abordagem enfatiza a importância de considerar as circunstâncias locais ao desenvolver soluções, o que melhora os benefícios ambientais, sociais e econômicos da IG.

Alguns autores investigam o potencial social da GI, enquanto outros não o fazem e, em vez disso, se concentram em sistemas mais técnicos, como desenvolvimento de ferramentas, SCMs, BMPs, LID e implementação de NbS. No entanto, há um consenso generalizado de que a GI está se estabelecendo como um componente crítico para mudar os paradigmas do planejamento urbano contemporâneo na busca de adaptação, sustentabilidade e equidade. Situações americanas de mercantilização nos processos de apropriação e qualificação de orlas, como Minneapolis (Minnesota), Cincinnati (Ohio), San Antonio (Texas) e Fort Lauderdale, demonstram a gentrificação como um ativo significativo empregado por investidores públicos e privados (Chevalier, 2004). Ao examinar o conjunto de artigos que observam a integração entre GI e BI no planejamento urbano, revelam-se diferentes visões sobre sua concepção e aplicação, emergem três abordagens principais.

O primeiro ponto de vista enfatiza que GI e BI podem ser considerados sistemas complementares ou mesmo interconectados. Embora a BI esteja frequentemente implícita no escopo mais amplo da infraestrutura verde, com graus variáveis de visibilidade entre os redatores, o planejamento urbano que incorpora ambas as infraestruturas é considerado crítico para alcançar a sustentabilidade e a resiliência urbanas. Nesse contexto, as SbN ou IG devem ser utilizadas como redes multifuncionais que contenham espaços abertos e sistemas de gestão da água para abordar questões como poluição da água urbana e inundações (DEAN et al., 2022; ROJAS et al., 2022). O papel da BI é apontado como uma solução complementar que fortalece as funções da GI, particularmente na gestão de recursos hídricos, controle de enchentes e melhoria da qualidade da água, e embora isso seja amplamente discutido, a expressão BI pode nem aparecer nas buscas, como em Carter et al. (2017) ou mesmo não aparecer como GI, mas Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD) como em Dean et al. (2022).

O segundo também discute GI e BI como uma estratégia importante para o planejamento urbano sustentável. Embora nem sempre o BI seja discutido explicitamente, mostra-se o grande potencial de seus SE na gestão hídrica e urbana (ELDERBROCK et al., 2020). No entanto, sua integração com a GI é clara, particularmente na gestão de inundações, purificação da água e melhoria da qualidade de vida urbana (ELDERBROCK et al., 2020; HAMEL et al., 2021; SINNETT et al., 2018). A interação entre vegetação e água, e seu SE (LIU e WU, 2022), apoia soluções multifuncionais que mitigam inundações e regulam o ciclo hidrológico, além de proporcionar benefícios como a melhoria da biodiversidade e a construção de espaços recreativos (SCHUBERT et al., 2017). Essa abordagem também aborda os desafios da infraestrutura cinza, incluindo a supressão de cursos d'água naturais, destacando a função transformadora da BI na restauração de ecossistemas aquáticos (GAŠPAROVIĆ et al., 2022).

O terceiro ponto de vista enfatiza GI e BI como componentes de um sistema de gestão urbana mais amplo, enquanto se concentra mais em metodologias e abordagens de sistemas relacionados à água. Embora sejam consideradas regiões e bacias hidrográficas significativas, são exploradas soluções específicas sem a necessária conectividade na concepção e regeneração do planejamento urbano e regional. O BI, que consiste em pântanos, lagos e corpos d'água urbanos, é visto como um mecanismo importante para reter e melhorar a qualidade da água urbana (HAMEL e TAN, 2022; J. CHEN et al., 2024). A integração com soluções descentralizadas, como o LID, é enfatizada como uma técnica para aumentar as ligações hidrológicas (W. CHEN et al., 2024) e restaurar ecossistemas aquáticos (SIMPSON e WINSTON, 2022). Os autores destacam que essa abordagem não apenas alivia os sistemas tradicionais de drenagem, mas também aumenta a resiliência urbana, promovendo a sustentabilidade e a adaptabilidade às mudanças climáticas futuras.

Ao analisar a colaboração entre agências governamentais, instituições e participação popular, a justiça social não é um tema forte na amostra, mas a importância da colaboração institucional é universal. A comunicação positiva e fluida entre os agentes que participam da pesquisa, planejamento e execução do GI, bem como a disseminação suficiente, é vista como fundamental para o sucesso do projeto a longo prazo. De acordo com Kambites e Owen (conforme citado em MELL, 2010), a conexão entre pessoas, espaços e várias fronteiras físicas e administrativas são componentes críticos de um bom planejamento de GI. No entanto, um processo de planejamento não integrador ou fragmentado dificulta a adaptação bem-sucedida da política federal ao nível local (ELDERBROCK et al., 2020; MELL, 2010; WILFONG et al., 2023).

8 CONCLUSÕES

A presença da BI e os temas principais da amostra de artigos variaram, e os recursos hídricos não foram identificados como fator norteador no planejamento urbano e regional. Poucos artigos examinaram o potencial do uso de BI para impulsionar iniciativas em vários níveis. Sua prevalência nos artigos examinados estava mais intimamente relacionada aos esforços reativos e de mitigação de catástrofes como inundações. Os artigos também podem ser divididos em subgrupos com base em temas como governança, gestão da água no planejamento urbano, justiça ambiental, planejamento urbano e desenvolvimento relacionado a desafios de sustentabilidade, serviços ecossistêmicos urbanos e SbN.

A IG é um conceito amplo e multidisciplinar que, quando incorporado de forma estratégica e holística à prática, pode abordar uma ampla gama de preocupações urbanas, desde a gestão da água e mitigação das mudanças climáticas até o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental. Isso

demonstra que é consistente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU para o desenvolvimento de Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11) e Ação Climática (ODS 13) (Objetivos Globais, s.d., n.p). Algumas barreiras para sua adoção, aceitabilidade e manutenção são causadas por variações em sua concepção, que podem diferir dependendo da região geográfica ou do campo científico de interesse.

De acordo com a pesquisa dos autores, muitas delas podem ser superadas levando-se em consideração o contexto local e as necessidades individuais das comunidades, contribuindo para sua popularização por meio da informação e da educação. Este estudo contribui para o debate científico internacional ao identificar questões de gestão da água que planejadores, formuladores de políticas e outros agentes enfrentam ao desenvolver ou regenerar áreas urbanas e regionais com GI, a fim de mitigar ou resolver problemas ambientais. No entanto, as complexidades desses processos destacam a necessidade de pesquisas adicionais sobre a BGI e seus impactos socioambientais, a eficácia de seus sistemas e soluções, a governança e, principalmente, a percepção da BI como força motriz no desenvolvimento de espaços urbanos e periurbanos. Essa urgência surge dos atuais desafios climáticos.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, à Le Mans Université e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

REFERÊNCIAS

- AHERN, Jack. Sustentabilidade e resiliência da paisagem urbana: a promessa e os desafios da integração da ecologia com o planejamento e design urbano. *Ecologia da Paisagem*, v. 28, n. 6, p. 1203-1212, 2013.
- AXELSSON, Charles et al. Adaptação da política urbana para gerenciar o aumento de eventos de inundação pluvial sob as mudanças climáticas. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 64, n. 8, p. 1408-1427, 2020.
- BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. *Infraestrutura verde: conectando paisagens e comunidades*. Washington, DC: Island Press, 2006.
- CARTER, Jeremy G. et al. Adaptando cidades às mudanças climáticas - explorando o papel de gerenciamento de risco de inundação de paisagens de infraestrutura verde. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 61, n. 9, p. 1535-1552, 2017.
- CENTRE DE RESSOURCES TRAME VERTE ET BLEUE. Références juridiques. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/references-juridiques>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- CHEN, Jiaxuan; WANG, Sisi; WU, Ruobing. Otimização do sistema integrado verde-cinza-azul para lidar com inundações urbanas sob tomada de decisão multiobjetivo. *Ciência e Tecnologia da Água*, v. 89, n. 2, p. 434-453, 2024.
- CHEN, Wenjie et al. Tomada de decisão multiobjetivo para o planejamento de infraestrutura verde: impactos das características da precipitação e configuração da infraestrutura. *Jornal de Hidrologia*, v. 628, p. 130572, 2024.
- CHEVALIER, Jacques. L'appropriation des fronts de rivière/fleuve urbains aux États-Unis: entre marchandisation et valorisation de la nature. *ESO Travaux et Documents*, n. 22, p. 21-29, 2004.
- CHIKHI, Faiza et al. Revisão da implementação da Cidade Esponja na China: desempenho e política. *Ciência e Tecnologia da Água*, v. 88, n. 10, p. 2499-2520, 2023.
- CONWAY, Tenley M. et al. Quem participa de iniciativas de infraestrutura verde e por quê? Comparando participantes e não participantes dos programas GI da Filadélfia. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 25, n. 3, p. 327-341, 2022.
- DEAN, Angela J. et al. Acelerando a adoção de inovações sensíveis à água: percepções da comunidade sobre práticas e tecnologias para mitigar a poluição de águas pluviais urbanas. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 66, n. 4, p. 759-778, 2022.
- DIABOS, Sarah. Esverdeando a linha de cor: historicizando o redesenvolvimento da infraestrutura hídrica e a justiça ambiental na região metropolitana de St. Louis. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 565-580, 2021.
- ELDERBROCK, Evan et al. Um guia para o planejamento de espaços verdes públicos para serviços ecossistêmicos urbanos. *Terra*, v. 9, n. 10, p. 391, 2020.

FELTYNOWSKI, Marcin; KRONENBERG, Jakub. Espaços verdes urbanos - um recurso subestimado em cidades de terceiro nível na Polônia. *Terra*, v. 9, n. 11, p. 453, 2020.

FINK, Jonathan H. Contrastando processos de aprendizagem de governança de cidades líderes e atrasadas em clima: Portland, Oregon e Phoenix, Arizona, EUA. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 16-29, 2018.

FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD e mais – a evolução e aplicação da terminologia em torno da drenagem urbana. *Diário Urbano da Água*, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2014.

GAŠPAROVIĆ, Sanja; SOPINA, Ana; ZENERAL, Anton. Impactos do desenvolvimento urbano de Zagreb nas mudanças dinâmicas nas paisagens dos riachos a partir de meados do século XX. *Terra*, v. 11, n. 5, p. 692, 2022.

GINER, María-Elena et al. Promovendo infraestrutura verde na fronteira norte do México: a experiência e as lições aprendidas da Comissão de Cooperação Ambiental Fronteiriça. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 248, p. 109104, 2019.

GOUGEON, Garance et al. Impacto de células de biorretenção em cidades de clima frio: modelagem do manejo da neve a partir de um estudo de caso. *Sistemas Azul-Verde*, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2023.

HAMEL, Perrine et al. Combinando perspectivas de serviços ecossistêmicos e resiliência no planejamento de infraestrutura natural: lições da área da baía de São Francisco. *Fronteiras na Ciência Ambiental*, v. 9, p. 601136, 2021.

HAMEL, Perrine; TAN, Leanne. Infraestrutura azul-verde para gestão de inundações e qualidade da água no Sudeste Asiático: lacunas de evidências e conhecimento. *Gestão Ambiental*, v. 69, n. 4, p. 699-718, 2022.

HAMLIN, Samantha L.; NIELSEN-PINCUS, Max. De imitadores cinzentos a lobos verdes: política e infraestrutura para gerenciamento de risco de inundação. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 64, n. 9, p. 1599-1621, 2020.

HASALA, Dresden; SUPAK, Stacy; RIOS, Luisinho. Seleção de local de infraestrutura verde na comunidade de pântanos de Walnut Creek: um estudo de caso do sudeste de Raleigh, Carolina do Norte. *Paisagem e Planejamento Urbano*, v. 196, p. 103743, 2020.

HEIM LAFROMBOIS, Megan E. et al. Planejamento para infraestrutura verde ao longo da Costa do Golfo: uma avaliação de planos abrangentes e práticas de planejamento na região costeira do Mississippi-Alabama. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 66, n. 11, p. 2352-2372, 2022.

HOOVER, Fushcia-Ann et al. Implicações para a justiça ambiental dos critérios de localização no planejamento de infraestrutura verde urbana. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 665-682, 2021.

JOHNS, Carolyn M. Compreendendo as barreiras à política de infraestrutura verde e gerenciamento de águas pluviais na cidade de Toronto: uma mudança de cinza para verde ou camadas e conversão de políticas? *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 62, n. 8, p. 1377-1401, 2019.

KAMBITES, Carol; OWEN, Estêvão. Perspectivas renovadas para o planejamento de infraestrutura verde no Reino Unido. *Planejamento, Prática e Pesquisa*, v. 21, n. 4, p. 483-496, 2006.

KOOY, Michelle; FURLONG, Kathryn; CORDEIRO, Vanessa. Soluções baseadas na natureza para a gestão urbana da água em cidades asiáticas: integrando a vulnerabilidade ao design sustentável. *Revisão do Planejamento do Desenvolvimento Internacional*, v. 42, n. 3, p. 381-390, 2020.

KVAMSÅS, Hanna. Abordando os desafios adaptativos do planejamento alternativo de águas pluviais. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 23, n. 6, p. 809-821, 2021.

KVITSJØEN, Julia et al. Intensificação da reabilitação de sistemas combinados de esgoto usando tecnologia sem valas em combinação com desenvolvimento de baixo impacto e infraestrutura verde. *Ciência e Tecnologia da Água*, v. 83, n. 12, p. 2947-2962, 2021.

LEE, Eunjoung; KIM, Gunwoo. Serviços ecossistêmicos de espaços verdes e avaliação de valor de estradas tridimensionais para cidades sustentáveis. *Terra*, v. 12, n. 2, p. 505, 2023.

LIU, Lumeng; WU, Jianguo. Análise de cenários na pesquisa de serviços ecossistêmicos urbanos: progresso, perspectivas e implicações para o planejamento e gestão urbana. *Paisagem e Planejamento Urbano*, v. 224, p. 104433, 2022.

MATSLER, A. Marissa et al. Um camaleão 'verde': explorando as muitas definições, objetivos e formas disciplinares de "infraestrutura verde". *Paisagem e Planejamento Urbano*, v. 214, p. 104145, 2021.

MATSLER, Marissa et al. Institucionalizando barreiras de acesso? Uma varredura de equidade de programas de incentivo de infraestrutura de águas pluviais verdes (GSI) nos Estados Unidos. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 25, n. 4, p. 413-428, 2023.

MCFARLAND, Andrea R. et al. Guia para o uso de infraestrutura verde em ambientes urbanos para gerenciamento de águas pluviais. *Ciência Ambiental: Pesquisa e Tecnologia da Água*, v. 5, n. 4, p. 643-659, 2019.

MCHARG, Ian L. *Projeto com a natureza*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2000.

MEI, Chao et al. Avaliações integradas de infraestrutura verde para mitigação de inundações para apoiar a tomada de decisão robusta para a construção de cidades-esponja em uma bacia hidrográfica urbanizada. *Ciência do Meio Ambiente Total*, v. 639, p. 1394-1407, 2018.

MELL, Ian Caleb. *Infraestrutura verde: conceitos, percepções e seu uso no planejamento espacial*. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade de Newcastle, Newcastle, 2010.

MELL, Ian. Planejamento de infraestrutura verde: política e objetivos. In: *Manual sobre infraestrutura verde*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 105-123.

MELL, Ian; SCOTT, Alister. Definições e contexto da infraestrutura azul-verde. In: *Manual ICE de Infraestrutura Azul-Verde*. London: ICE Publishing, 2023. p. 3-22.

MORRIS, Stuart Alastair; TIPPETT, Joanne. Percepções e práticas na gestão natural de inundações: desvendando as diferenças nas perspectivas da comunidade e dos profissionais. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 67, n. 11, p. 2528-2552, 2023.

MULLER, Brian; MITOVA, Stefania. O endurecimento da paisagem americana: efeitos da política de uso da terra na evolução das superfícies urbanas. *Jornal da Associação Americana de Planejamento*, v. 90, n. 2, p. 349-366, 2023.

NASR, Joe; POTTEIGER, Mateus. Espaços, sistemas e infraestruturas: das visões fundadoras às abordagens emergentes para a paisagem urbana produtiva. *Terra*, v. 12, n. 2, p. 410, 2023.

NDUBISI, Forster. *Planejamento ecológico: uma síntese histórica e comparativa*. Baltimore: JHU Press, 2002.

NGUYEN, Thu Thuy et al. Implementação de uma gestão urbana específica da água - Cidade Esponja. *Ciência do Meio Ambiente Total*, v. 652, p. 147-162, 2019.

PAULEIT, Stephan et al. Paisagens urbanas e infraestrutura verde. In: *Enciclopédia de pesquisa de Oxford de ciências ambientais*. Oxford: Oxford University Press, 2017.

PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita; AHERN, Jack. Um paradigma em evolução de infraestrutura verde: guiado pela água. In: *Planejamento com paisagem: infraestrutura verde para construir cidades adaptadas ao clima*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 51-69.

PRIMOS, Joshua J.; HILL, Dustin T. Infraestrutura verde, águas pluviais e a financeirização da governança ambiental municipal. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 581-598, 2021.

PROBST, Noëmie et al. Sistemas azuis verdes para mitigação do calor urbano: mecanismos, eficácia e direções de pesquisa. *Sistemas Azul-Verde*, v. 4, n. 2, p. 348-376, 2022.

REU JUNQUEIRA, Juliana; SERRAO-NEUMANN, Silvia; BRANCO, Iain. Desenvolver e testar uma análise de custo-efetividade para priorizar alternativas de infraestrutura verde para adaptação às mudanças climáticas. *Revista Água e Meio Ambiente*, v. 37, n. 2, p. 242-255, 2023.

ROJAS, Octavio et al. Avaliação do serviço ecossistêmico de mitigação de inundações em uma zona úmida costeira e o impacto potencial do futuro desenvolvimento urbano no Chile. *Habitat International*, v. 123, p. 102554, 2022.

SCHUBERT, Per et al. Implementação da abordagem de serviços ecossistêmicos no planejamento municipal sueco. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 298-312, 2017.

SIMPSON, Ian M.; WINSTON, Ryan J. Efeitos do uso da terra no enriquecimento térmico de águas pluviais urbanas e mitigação potencial da temperatura de escoamento por medidas de controle de águas pluviais em escala de bacia hidrográfica. *Engenharia Ecológica*, v. 184, p. 106792, 2022.

SINNETT, Danielle et al. A tradução e o uso de evidências de infraestrutura verde. *Anais da Instituição de Engenheiros Civis - Gestão da Água*, London: Thomas Telford Ltd., v. 171, n. 2, p. 99-109, 2018.

SONG, Jiyeon; HEMINGWAY, Jéssica; PARQUE, Chang Sug. Troca de perspectiva da Europa Central para o Leste Asiático: quão relevante é a acupuntura ambiental urbana no desenvolvimento de espaços verdes em pequena escala no contexto da República da Coreia? *Terra*, v. 13, n. 3, p. 298, 2024.

SPIRN, Anne Whiston. *O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade*. São Paulo: Edusp, 1995.

STADDON, Chad et al. Contribuições da infraestrutura verde para aumentar a resiliência urbana. *Sistemas e Decisões Ambientais*, v. 38, p. 330-338, 2018.

US EPA, O. Modelo de gestão de águas pluviais (SWMM). [S.l.]: US EPA, 2014. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>. Acesso em: 3 set. 2024.

WALKER, Rebecca H. Gentrificação de engenharia: redesenvolvimento urbano, política de sustentabilidade e infraestrutura verde de águas pluviais em Minneapolis. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 646-664, 2021.

WANG, Jia et al. Otimização de infraestrutura verde considerando o zoneamento funcional espacial na gestão de águas pluviais urbanas. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 344, p. 118407, 2023.

WILFONG, Matthew et al. Mudança de paradigmas na gestão de águas pluviais - relações hidrossociais e hidrocidadania de águas pluviais. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 25, n. 4, p. 429-442, 2023.

WILFONG, Matthew et al. Difundindo responsabilidade, descentralizando a infraestrutura: relações hidrossociais dentro do paradigma de mudança de gestão de águas pluviais. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 67, n. 4, p. 830-851, 2022.

WILLEMS, Jannes J. et al. Como os atores estão (des)integrando agendas políticas para projetos multifuncionais de infraestrutura azul e verde no terreno. *Revista de Política e Planejamento Ambiental*, v. 23, n. 1, p. 84-96, 2020.

WOZNICKI, Sean A.; HONDULA, Kelly L.; JARNAGIN, S. Taylor. Eficácia da infraestrutura verde baseada na paisagem para o gerenciamento de águas pluviais em bacias hidrográficas suburbanas. *Processos Hidrológicos*, v. 32, n. 15, p. 2346-2361, 2018.

ZHENG, Wei; BARKER, Adão. Infraestrutura verde e urbanização no subúrbio de Pequim: uma estrutura de avaliação de bairro aprimorada. *Habitat International*, v. 117, p. 102423, 2021.

ZUNIGA-TERAN, Adriana A. et al. Desafios da integração da infraestrutura verde nas profissões do ambiente construído. *Revista de Planejamento e Gestão Ambiental*, v. 63, n. 4, p. 710-732, 2019.