

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDOS DE CASO DE DRENAGEM URBANA  
SUSTENTÁVEL**

Discente Juliana Yumi Takara

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra Luciana Bongiovanni  
Martins Schenk

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

SÃO CARLOS, SP

2023

Juliana Yumi Takara

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da  
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Y243r Yumi Takara, Juliana  
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDOS DE CASO DE  
DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL / Juliana Yumi Takara;  
orientadora Luciana Bongiovanni Martins Schenk. São  
Carlos, 2023.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, 2023.

1. Revisão bibliográfica. 2. Estudo de caso. 3.  
Drenagem Sustentável. 4. SBN. 5. LID. 6. SuDS. 7.  
Infraestrutura Verde-Azul. I. Título.

# FOLHA DE JULGAMENTO

---

Candidato(a): **Juliana Yumi Takara**

Data da Defesa: 16/11/2023

Comissão Julgadora:

Resultado:

**Luciana Bongiovanni Martins Schenk (Orientador(a))**

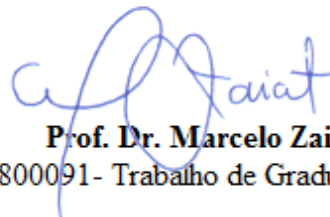
Aprovada

**Renata Bobo Peres**

Aprovada

**Túlio Queijo de Lima**

Aprovada



**Prof. Dr. Marcelo Zaiat**

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

# **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDOS DE CASO DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra Luciana Bongiovanni  
Martins Schenk

SÃO CARLOS, SP

2023



Para a cidade de São Carlos,  
aonde vim em busca da sorte  
que achei ao encontrar  
Nicholas, Isadora, Mário  
e todos os amigos e amigas  
com quem pude ter trocas potentes e transformadoras.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, por apoiar minhas escolhas, sobretudo meus pais que acreditam e confiam em mim e meu irmão pelo companheirismo de dividir o mesmo lar são-carlense enquanto cursávamos a graduação.

Às amigas e amigos que a Engenharia Ambiental me proporcionou durante todos esses anos, em especial os da turma de 2016 da USP São Carlos que me acolheram com amor. Guardo com muito carinho a coletânea de histórias e momentos que partilhamos juntos. O companheirismo de cada um foi essencial para que eu pudesse continuar a seguir em frente.

Ao grupo extracurricular da Semana da Engenharia Ambiental (SEA) que me trouxe até São Carlos e possibilitou enxergar os diversos caminhos que a Engenharia Ambiental pode trilhar dentro do escopo do planejamento e gestão urbana.

Às experiências e aprendizados da extensão universitária e ao Grupo de Estudos e Intervenções Socioambiental (GEISA) que me proporcionou vivências transformadoras além de uma imersão na diversas realidades são-carlenses e que nutriu ainda mais o meu amor pela cidade.

Ao grupo de trabalho do “Programa de Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos” da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê-Jacaré (UGRHI 13) no âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ), principalmente à Gabriela Rahal pela liderança e cuidado sensível desde o princípio.

Às professoras Luciana Schenk e Renata Bovo pelos ensinamentos e por serem inspirações femininas de liderança e coragem.

E ao meu companheiro de vida Nicholas cujo incentivo e conselhos foram essenciais para a elaboração deste trabalho e que esteve presente com escuta e amor constante.

*“Somos, enfim, o que fazemos para transformar o que somos.  
A identidade não é uma peça de museu, quietinha na vitrine,  
Mas sempre a assombrosa síntese das contradições nossas de cada dia”*  
- Eduardo Galeano

## RESUMO

TAKARA, J. Y. Revisão bibliográfica de estudos de caso de drenagem urbana sustentável para auxílio de tomada de decisão no planejamento e gestão urbana. 2023. 45f Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

As cidades apresentam um papel muito relevante para o desenvolvimento da sociedade. É entendida como um ator social que se traduz no acúmulo de transformações sofridas ao longo do tempo. Sua constante mutação é o reflexo da história acontecendo. Nesse contexto, as problemáticas atuais regem as transformações das cidades. Com as mudanças climáticas, que transformam os padrões de temperatura e clima global, gestores e tomadores de decisão buscam encontrar soluções para os problemas de inundações causadas por chuvas extremas, fomentadas ainda mais pela impermeabilização do solo. As tecnologias convencionais de infraestrutura cinza não estão sendo suficiente para conter o escoamento superficial e com isso muitas cidades sofrem perdas e danos significativos. Essa monografia buscou realizar uma revisão bibliográfica de 18 artigos de estudos de caso de tecnologias alternativas de drenagem mapeados no banco de dados Scopus. A revisão foi embasada na metodologia do Estado do Conhecimento para a identificação e seleção dos artigos, leitura flutuante, reorganização, classificação e proposições. O mapeamento de estudos de caso dos conceitos de Soluções Baseadas na Natureza (SBN), Sustainable Drainage System (SuDS), Low Impact Development (LID) e Infraestrutura Verde-Azul (IVA) foi importante para identificar onde há a implementação desses dispositivos de drenagem e as principais metodologias e modelos utilizadas para medir seu desempenho, benefícios e cobenefícios para aplicação. O estudo ainda destaca a prevalência de artigos dentro da temática inundações, sendo as propostas de soluções mais frequentes, na literatura de estudo de caso, as do tipo Pavimento Permeável; Telhado Verde; Biorretenção e suas derivações; Captação de Água de Chuva e suas derivações e; Biovaleta e suas derivações.

**Palavras-chave:** Revisão bibliográfica. Estudo de caso. Drenagem Sustentável. SBN. LID. SuDS. Infraestrutura Verde-Azul.

## SUMÁRIO

Apresentação.....	1
<b>Capítulo I - AFLORAR DAS ÁGUAS.....</b>	<b>2</b>
1. Introdução.....	2
2. Justificativa.....	5
3. Objetivo Geral .....	6
3.1. Objetivos Específicos.....	7
<b>Capítulo II - PERCURSO DO RIO .....</b>	<b>7</b>
4. Contextualização .....	7
4.1. Estudo de Caso:.....	8
4.2. Saneamento Básico: .....	8
4.3. Urbanização e Impactos da Impermeabilização:.....	8
4.4. Medidas Mitigadoras.....	9
4.5. Ecohidrologia .....	10
4.6. Serviços Ecossistêmicos.....	10
4.7. Sistemas de Espaços Livres (SELs) .....	11
4.8. Soluções Baseadas na Natureza (SBN).....	12
4.9. Sustainable Drainage Urban System (SuDS) .....	13
4.10. Low Impact Development (LID).....	13
4.11. Infraestrutura Verde e Azul (IVA) .....	14
5. Caminhos Metodológicos .....	15
5.1. O Estudo do Conhecimento.....	15
5.2. Coleta de dados .....	16
5.3. Revisão da literatura.....	18
<b>Capítulo III - DESAGUAMENTO .....</b>	<b>21</b>
6. Resultados e Desdobramentos .....	21
7. Conclusões.....	34
8. Passos complementares .....	36
9. Referências Bibliográficas.....	37



## **Apresentação**

Inspirado no fluxo natural das águas, o corrente trabalho se apresenta em três grandes capítulos. O afloramento das águas na superfície do solo é entendido como respiro inicial de um curso d'água, onde apresenta-se as motivações que inspiraram o desenvolvimento dessa monografia e os seus fins.

As chuvas que encorpam o volume do rio estão no segundo capítulo que contém a contextualização de conceitos. Neste capítulo, navegamos pelo percurso do rio, onde também se encontram os caminhos metodológicos que nortearam o desenvolvimento da pesquisa.

E por fim, o desaguamento, o último capítulo que apresenta os resultados e desdobramentos da pesquisa.

## Capítulo I - AFLORAR DAS ÁGUAS

### 1. Introdução

Um passo antes de refletir sobre o planejamento e gestão da cidade é a compreensão da sua complexa rede multi e interdisciplinar. A cidade, entre tantas discussões sobre seu conceito, é inegavelmente considerada um conjunto máximo de diversidades que reúne pessoas e potencializa as relações sociais. Como dizia Jacobs (2011), “Para compreender as cidades, precisamos admitir de imediato, como fenômeno fundamental, as combinações ou as misturas de usos, não os usos separados”. É um ator social imaterial em constante mutação que compõe a paisagem no espaço.

Em a Natureza do Espaço, Milton Santos define a existência da Paisagem através de suas formas as quais foram criadas em momentos históricos distintos, mas que coexistem no *momento atual*. É no Espaço que tais formas, que compõem a paisagem, preenchem *no momento atual, uma função atual*, como resposta às necessidades da sociedade. Santos, (2006, p. 67) define curiosamente a paisagem e o espaço como uma “espécie de palimpsesto onde, mediante acumulações e substituições, a ação das diferentes gerações se superpõe. O espaço constitui a matriz sobre a qual as novas ações substituem as ações passadas”.

Sendo assim, o espaço é um sistema de valores de seus respectivos momentos, que se transforma permanentemente ao longo do tempo e as intervenções humanas na paisagem são fruto da realidade e mentalidade de cada época que dão um conteúdo social aos objetos da paisagem. Assim a paisagem foi e está sendo transformada constantemente nos diferentes tempos históricos.

Adentrando nas cidades, no âmbito do saneamento, especificamente da infraestrutura de drenagem, a paisagem sofreu inúmeras intervenções humanas até os dias de hoje sendo a infraestrutura cinza atualmente ainda predominante nas cidades como reflexo do momento. No caso do Brasil, o histórico de canalização, retificação e tamponamento de rios urbanos nas grandes metrópoles foi endossado pelo movimento higienista do final do século XIX através de um discurso de saneamento e combate às enchentes.

Gouveia (2016) relata sobre a mentalidade paulistana de que foi preciso disciplinar as águas que divagavam pelas planícies, para acelerar o curso dos rios que carregavam para longe os dejetos neles lançados. A ausência de conexão entre a cidade e seus rios revela o entendimento da relação urbano-meio ambiente predominante e que desde então se estabeleceu (Queiroz & Somekh, 2003). Somente a partir da década de 70, esse princípio passou a ser

deixado pelos países desenvolvidos, no entanto, nos demais países, nessa mesma época, a prática se tornou amplamente difundida (Gouveia, 2016).

Surge nesse período a abordagem de design do arquiteto paisagista escocês Ian McHarg. Em seu livro "Design with Nature", McHarg apresenta um conceito de design ecológico baseado nos serviços ecossistêmicos, trazendo o planejamento holístico de paisagens multifuncionais (Yang et al., 2013), respeitando a adequabilidade da paisagem para seus usos.

Em meados dos anos 80, percebeu-se a necessidade da mudança de paradigmas na gestão urbana devido à sua correlação com as questões técnicas, econômicas, sociais e ambientais. Em 1987, nasce o conceito de Desenvolvimento Sustentável no Relatório de Brundtland (Nosso Futuro Comum) pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, em face à degradação dos recursos naturais.

O rápido afastamento das águas para a jusante passou de solução imediata para um grave problema ambiental e de saúde pública. A preocupação com a sustentabilidade das bacias hidrográficas e uma visão holística desse território fez surgir o conceito de LID (Low Impact Development) nos anos 90, que tem como princípio a anulação e a atenuação dos efeitos provocados pelo uso urbano do solo da bacia hidrográfica e não somente nos cursos d'água. (PINTO, 2011)

Neste período, um marco importante na legislação urbana e ambiental brasileira foi a Constituição Federal de 1988. Até o momento em que a Constituinte de 1988 entrou em vigor não existiam dispositivos constitucionais específicos que orientassem o processo de desenvolvimento territorial e de gestão urbana. O capítulo original introduzido pela Constituição de 1988 estabeleceu os embasamentos jurídico-políticos para a promoção da reforma urbana no país promovendo a autonomia para os governos municipais e a gestão democrática das cidades. (FERNANDES, 1988)

As bases de uma nova ordem jurídico-urbanística, consolidou a política urbana do país em 2001. Responsável por desenhar a função social das cidades, o Estatuto da Cidade tem como uma de suas diretrizes a garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2001).

O Estatuto da Cidade, por sua vez, regulamenta o Plano Diretor Municipal que tem como objetivo o cumprimento da função social das cidades. É o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana regulamentador do uso e ocupação do solo e de controle e preservação dos espaços verdes. O Plano Diretor orienta a construção de Planos setoriais como

o Plano de Arborização Urbana, Saneamento, Mobilidade, Manejo de Águas Pluviais entre outros e incorpora ações, programas e estratégias para a atuação política e da Administração Pública.

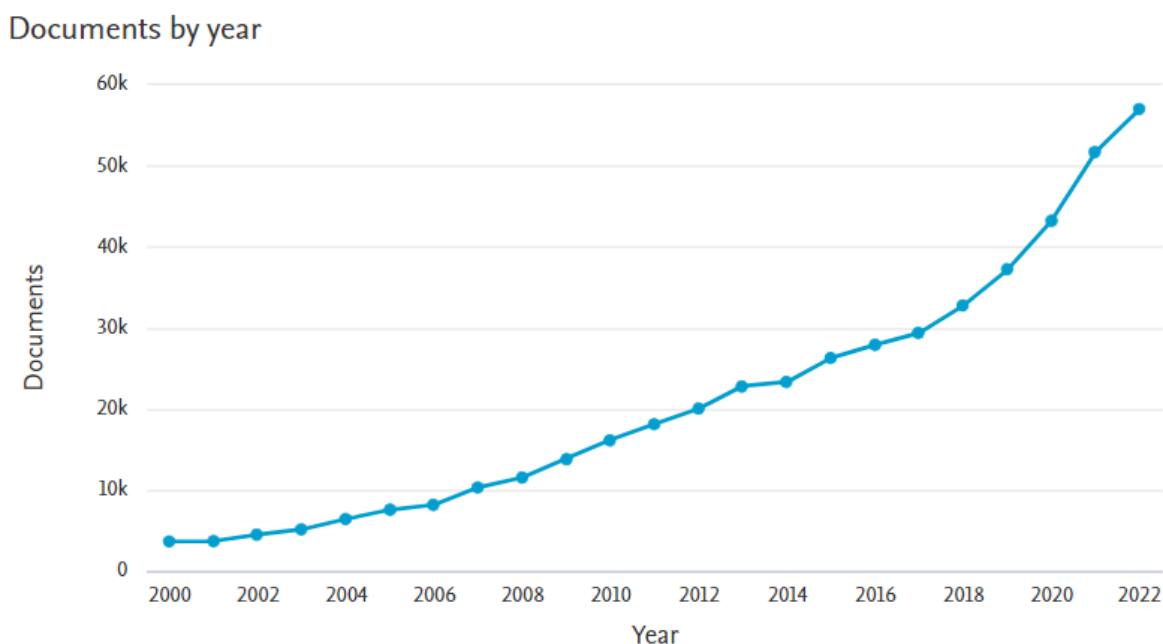
Como reflexo do *momento atual*, as necessidades atuais passaram a exigir uma postura sistêmicas sobretudo dos governantes mundo afora. Surgem então instrumentos como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos na Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015, que servem como aparato para direcionar o desenvolvimento de cidades mais resilientes e sustentáveis. Os ODS 11 de Cidades e Comunidades Sustentáveis é um dos objetivos que contribuem a fim de atingir a Agenda 2030 cujo foco é promover a dignidade e a qualidade de vida para todos os seres humanos do planeta, sem comprometer o meio ambiente, e, conseqüentemente, as gerações futuras (ONU BRASIL, [sd]).

Nesse contexto, as políticas urbanas de escala local têm um papel fundamental para efetivamente estabelecerem as medidas necessárias para o combate aos problemas ambientais e sanitários. A gestão pública tem também como alicerce ferramentas poderosas como os relatórios do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). Criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o IPCC tem como objetivo fornecer avaliações científicas regulares sobre a mudança do clima para os formuladores de políticas públicas com foco na prevenção de possíveis riscos futuros e propor opções de adaptação e mitigação (BRASIL, 2021).

Mais do que nunca, o cenário atual tem se debruçado cada vez mais em torno da temática a respeito das mudanças climáticas e ações mitigadoras de impactos socioambientais. Esse fenômeno também pode ser visto na análise do crescente número de publicações sobre o tema que é fortemente endossado pelos eventos mundiais que abordam a temática, como a Conferência das Partes e Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento e seus desdobramentos.

Segundo a plataforma de banco de dados Scopus, o número de publicações com título, palavras-chave ou resumo com a expressão “*climate change*” cresceu de 2.368 publicações para 43.742 entre o período de 2000 até outubro de 2023, como mostra a Figura 1 de análise da plataforma de dados. Isto provavelmente ocorreu porque as mudanças climáticas se tornaram uma pauta global que demanda intervenções em todas as escalas para a manutenção da temperatura da terra.

Figura 1 – Crescimento de publicações relacionadas ao termo “*climate change*” entre o período de 2000 a 2022



Fonte: Scopus, 2023

Segundo o Relatório Especial do IPCC, é provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual. O *momento atual* exige soluções urgentes, sobretudo nos grandes centros urbanos onde há concentração de ilhas de calor e elevada impermeabilidade do solo.

A gestão da drenagem urbana passou por mudanças significativas partindo de abordagens amplamente focadas em objetivos estreitos, cujo objetivo único era pautado em reduzir inundações para uma abordagem de múltiplos objetivos que orientam o processo de projeto e tomada de decisões (FLETCHER et al., 2015). Para a mitigação desses impactos, é possível inspirar-se em alternativas tecnológicas de drenagem que são combinadas com as soluções ancestrais de processos naturais. Nesse contexto, esta monografia selecionou os principais conceitos de técnicas alternativas à infraestrutura cinza convencional de drenagem aplicados à estudos de caso para uma revisão bibliográfica.

## 2. Justificativa

O presente trabalho é a vitalização de um acúmulo de histórias e motivações. Dentro da Engenharia Ambiental, encontrei no Planejamento e Gestão Urbana espaço para a construção

coletiva do desenvolvimento de cidades sustentáveis para a mitigação de impactos socioambientais. O Grupo de Trabalho de Planejamento dos Parques Urbanos (GTPU) foi um importante impulsionador do pensar na cidade e compreensão da importância dos espaços livres e verdes, em seus diferentes formatos, como mecanismos de drenagem urbana e cumprimento da função social da cidade. Sendo assim, os efeitos das mudanças climáticas e os impactos sociais causados não apenas na cidade de São Carlos, conduziram a execução desta monografia para a compreensão das principais soluções alternativas de drenagem para prevenção de enchentes dos centros urbanos.

### **3. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma revisão bibliográfica de estudos de caso de drenagem sustentável aplicados em diferentes cenários e contextos para a identificação das tecnologias mais implementadas e ou estudadas no ambiente acadêmico.

### **3.1. Objetivos Específicos**

- Realizar uma revisão bibliográfica e mapeamento da aplicabilidade de SBN, SuDS, LID e IVA em diferentes contextos urbanos pelo mundo;
- Classificar os estudos de caso analisados em função de suas características;
- Apresentar uma síntese dos estudos de casos

## **Capítulo II - PERCURSO DO RIO**

### **4. Contextualização**

#### **4.1. Estudo de Caso:**

Um Estudo de Caso é “uma investigação sistemática de uma instância específica” podendo ser um evento, um grupo, uma instituição, entre outros. Os Estudos de Caso têm como pressuposto básico a interpretação da instância em questão considerando o contexto em que está inserida e a complexidade da realidade. (NISBET E WATT, 1978 apud ANDRÉ, 1984).

Os Estudos de Caso revelam experiência vicária e permitem generalizações naturalísticas. O pesquisador descreve sua experiência e seus leitores fazem suas generalizações naturalísticas de modo a se perguntar [...] “O que eu posso ou não aplicar desse caso para a minha situação?”. Essa generalização se desenvolve no âmbito do indivíduo e em função de seu conhecimento experimental (ANDRÉ, M.1984).

#### **4.2. Saneamento Básico:**

A segunda metade do século XX foi marcada no Brasil por seus investimentos em saneamento básico que ocorreram de forma irregular, com ênfase nas décadas de 1970 e 1980. Durante esse período, houve a prevalência da ideia de que melhorias no abastecimento de água e no saneamento levariam à redução das taxas de mortalidade. Mesmo tendo sido uma questão prioritária no final do século passado, sabe-se, no entanto, que ainda hoje as questões sobre saneamento básico são muito desiguais no país (LEONETI et al., 2011).

O saneamento básico, tem suas diretrizes atualmente estabelecidas pela Lei nº 14.026 de 2020, conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento. De acordo com o seu artigo 7º os serviços públicos de saneamento foram definidos como abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo dos resíduos e; serviços de drenagem e manejo das águas pluviais (BRASIL, 2020).

Sendo assim, a drenagem urbana é um dos pilares do saneamento básico e sua prestação de serviços é guiada pela perspectiva integrada dos quatro elementos e sua conexão com as políticas públicas (SNIS, 2020).

#### **4.3. Urbanização e Impactos da Impermeabilização:**

O crescimento urbano das últimas décadas tornou o Brasil predominantemente urbano. Conforme o Censo de 2022, as concentrações urbanas do país reúnem 124,1 milhões de habitantes, o equivalente a 61% da população brasileira (IBGE, 2023).

O uso e ocupação do solo urbano causam impactos diretamente sobre os recursos hídricos. Conforme os apontamentos de Tucci, (2012), a excessiva impermeabilização das áreas urbanas, incluindo a canalização de rios, seguida pelo seu revestimento com concreto e avenidas, é o principal fator que contribui para inundações em várias partes da rede de drenagem.

Atrelada à urbanização, a impermeabilização do solo ocorre devido a pavimentação de vias e estacionamentos, e telhados que diminuem a infiltração da água no solo e sua evapotranspiração. Em ocorrências de chuvas, a impermeabilização provoca o escoamento superficial, definido como a parcela de precipitação total que escoar pela superfície. A frequência de situações como essa pode acarretar obsolescência gradual da rede de drenagem provocando inundações cada vez mais frequentes gerando problemas sociais, ambientais, políticos e econômicos (PINTO, 2011).

Os impactos causados nas águas urbanas são muitos, desde a sua contaminação, tanto superficial quanto subterrânea, devido à descarga de resíduos urbanos, incluindo esgoto sanitário, água pluvial e resíduos sólidos; ocorrência de inundações, de processos erosivos e de sedimentação que resultam na formação de áreas degradadas e deslizamentos após períodos chuvosos (TUCCI, 2012).

#### **4.4. Medidas Mitigadoras**

O gerenciamento da drenagem urbana passou a se preocupar com a diminuição da frequência e severidade dos eventos de inundações que ocorrem a jusante das bacias hidrográficas. Com isso, houve um esforço do meio técnico para propor medidas mitigadoras e ou compensatórias que podem ser divididas em duas grandes categorias: as medidas de controle estruturais e as não-estruturais (PINTO, 2011).

Basicamente, as medidas de controle estruturais são intervenções diretas na calha dos rios ou na paisagem urbana, podendo ser intensivas ou extensivas. Como grande parte das obras de drenagem de infraestrutura cinza, as medidas de controle estruturais intensivas impactam no fluxo hidráulico das águas e o ritmo do escoamento superficial. As medidas extensivas, atuam na relação precipitação e vazão da bacia hidrográfica (PINHEIRO, 2024).

As medidas de controle não-estruturais são as ações indiretas, resultado dos aprendizados entre o convívio entre sociedade e as ocorrências de inundações, com o caráter preventivo ou corretivo. Temos como exemplos de medidas não-estruturais a preservação de

áreas de várzea, sistema de previsão e alerta de inundações, educação ambiental, seguro-inundação e zoneamento urbano com identificação de áreas alagáveis (MIGUEZ, 2015).

Miguez (2015) relata a importância da compreensão do processo de urbanização e sua influência nas ocorrências de inundações para um planejamento e gestão urbana eficiente. Para isso é necessário a combinação de medidas estruturais e não estruturais integradas ao Plano Diretor das cidades junto com as demais estruturas da paisagem que possuem função hidráulica.

Além do Plano Diretor, é imprescindível que seja adotado uma postura de planejamento de visão sistêmica da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, como preconiza a Lei Federal nº 9.433 de 1997 a respeito da Política Nacional de Recursos Hídricos. É entendido que projetos de drenagem sustentável e as obras de engenharia devam adotar uma transformação da antiga visão higienista e sanitaria, para um pensamento integrado das águas urbanas, considerando os conceitos da Ecohidrologia, Serviços Ecossistêmicos, Sistema de Espaços Livres (SEL), Soluções Baseadas na Natureza (SBN), Sustainable Drainage System (SuDS), Low Impact Development (LID) e Infraestrutura Verde-Azul (IVA).

#### **4.5. Ecohidrologia**

Entendida como uma subdisciplina da hidrologia, a Eco-hidrologia se concentra nos processos ecológicos que ocorrem no ciclo hidrológico e tem como objetivo aproveitar esses processos para melhorar a sustentabilidade ambiental. Sua abordagem é baseada na compreensão científica da interação entre a hidrologia e a biota e seu elemento inovador para restaurar ecossistemas aquáticos degradados não se limita apenas à proteção, mas também inclui a regulação para aumentar a capacidade de suporte e melhorar a resiliência e o desempenho do ecossistema, abrangendo escalas que vão desde a paisagem até o nível molecular. (ZALEWSKI, 2010)

As propriedades dos ecossistemas devem ser consideradas como uma nova ferramenta de gestão para reverter a degradação, atuando como um componente dinâmico na escala das bacias hidrográficas, sendo aproveitadas para reverter a degradação da biodiversidade dos ecossistemas e aprimorar os serviços ecossistêmicos para a sociedade (ZALEWSKI, 2010).

#### **4.6. Serviços Ecossistêmicos**

Os bens (como alimentos) e serviços (como assimilação de resíduos) do ecossistema representam os benefícios que as populações humanas derivam, direta ou indiretamente, das funções do ecossistema. Esses bens e serviços ecossistêmicos não são totalmente considerados nos mercados comerciais ou adequadamente quantificados quando comparados com os serviços econômicos e o capital manufaturado, sendo muitas vezes pouco considerados nas decisões políticas. (CONSTANZA et al., n.d.).

Segundo a Muñoz & Freitas (2017, apud Avaliação Ecológica do Milênio, 2015), os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias: serviços de provisão, regulação, de suporte e cultural. Os serviços de provisão são obtidos dos ecossistemas, como alimentos, fibras, madeira, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água. No caso dos serviços de regulação, são aqueles que se relacionam-se por características regulatórias dos processos ecossistêmicos, como manutenção da qualidade do ar, controle de erosão, regulação climática, tratamento de resíduos, purificação de água. Os serviços de suporte são aqueles necessários para a produção dos outros serviços ecossistêmicos e apresentam efeitos indiretos para o ser humano e de longo prazo como produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, produção primária e ciclagem de nutrientes. Por fim, os serviços culturais, estão vinculados aos comportamentos e valores dos seres humanos. A diversidade dos ecossistemas influencia a multiplicidade das culturas, geração de conhecimento, valores religiosos, espirituais, educacionais e estéticos.

Compreende-se então a complexidade e importância dos serviços ecossistêmicos e seu potencial em ser utilizada nos processos de gestão e planejamento urbano servindo tanto para agregar valor às propostas alternativas de drenagem sustentável, bem como indicadores de avaliação da qualidade ecológica inserida no espaço urbano.

#### **4.7. Sistemas de Espaços Livres (SELs)**

Um sistema envolve elementos interconectados, e são essas conexões que formam uma organização e uma estrutura relativamente estável que caracteriza o sistema como um todo. Essa organização, contém dialeticamente as relações que definem o sistema e o moldam, alterando sua estrutura. Entende-se o Sistema de Espaços Livres (SEL) urbanos como os elementos e as relações que organizam e estruturam o conjunto de todos os espaços livres de um determinado recorte urbano.

Segundo Magnoli (1982 apud QUEIROGA, 2011) “o Espaço Livre é todo espaço não ocupado por um volume edificado (espaço-solo, espaço-água, espaço-luz) ao redor das edificações e que as pessoas têm acesso”. A conexão física e material dos espaços é apenas uma das relações existentes entre os espaços livres. No aspecto ambiental é possível ressaltar a contribuição ambiental de áreas permeáveis e vegetadas que constituem em um importante serviço ambiental urbano (QUEIROGA, 2011).

A transformação mais emblemática da paisagem no espaço urbano no ocidente, foi a criação do Central Park, em Nova York, pelo arquiteto paisagista Frederick Law Olmsted em 1863. Esse foi o marco temporal que instituiu o conceito de paisagismo e a criação do termo “pulmões da cidade” (FARIA, 2015). Olmsted desenvolveu seu próprio pensamento a respeito da função social dos espaços verdes no planejamento urbano como instrumento de reforma social. Também contribuiu para a estruturação urbana com a ideia de Sistema de Parques o qual reúne os cinturões verdes ligados através de avenidas ou cursos fluviais. Os parques e jardins americanos de Olmsted ficam voltados *para* as cidades como elementos de estruturação e planejamento urbanístico democrático se opondo às ideias dos parques tradicionais ingleses da época. (ANDRADE, 2010).

#### **4.8. Soluções Baseadas na Natureza (SBN)**

O conceito de SBN foi desenvolvido para operacionalizar uma abordagem de serviços ecossistêmicos dentro das políticas e práticas de planejamento. Esse conceito integra a dimensão ecológica e, ao mesmo tempo, aborda os desafios atuais dos espaços urbanos. (DUSHKOVA; HAASE, 2020).

É entendido como um conceito guarda-chuva que abrange abordagens diferentes relacionadas ao ecossistema como restauração ecológica, mitigação de impactos, redução de riscos de desastres, infraestrutura verde, entre outros. Possuem a função de proteger, manejar ou restaurar ecossistemas naturais ou modificados (Cohen-Shacham et al., 2016).

Conforme Fraga & Sayago, (2020) explicam, NBS é especialmente aplicado para o contexto urbano, em um reconhecimento do papel da natureza e da biodiversidade em gerar benefícios, para a saúde e o bem-estar, contribuindo para a resiliência urbana de forma a reduzir a vulnerabilidade urbana frente a eventos extremos. Usada para englobar tecnologias de tratamento ecológicas, economicamente eficazes e viáveis, bem como estratégias de reurbanização que sejam socialmente inclusivas (SONG et al., 2019).

Entendida como alternativa de fomento à conservação e preservação dos espaços verdes, as SBN se tornaram proposições relevantes para a gestão pública e estão cada vez mais se destacando como alternativas de drenagem para o escoamento e percolação das águas nos grandes centros urbanos. As SBN, ainda que recentes em sua aplicabilidade, inspiram-se na fonte milenar dos fenômenos da natureza e trazem benefícios tanto ecológicos quanto sociais.

As estratégias das SBN são vistas pela União Europeia como ferramentas para a territorialização das agendas globais que dialogam diretamente com os ODS da ONU de desenvolvimento de cidades mais resilientes e sustentáveis. A compreensão das SBN e sua aplicação é o processo inicial para uma transição sociotécnica em direção ao desenvolvimento de cidades mais resilientes, justas e sustentáveis (FREITAS, 2018).

#### **4.9. Sustainable Drainage Urban System (SuDS)**

Os projetos e implementação de SuDS são alternativas aos sistemas de drenagem convencional de águas pluviais, comumente conhecido como infraestrutura cinza que requerem uma abordagem multi-objetiva envolvendo os quatro pilares de SuDS design: Qualidade da Água, Quantidade de Água, Conforto e Biodiversidade (MCCLYMONT et al., 2020).

Essa técnica é pautada no objetivo de promover a gestão mais eficiente de águas pluviais. De acordo com (Woods Ballard & Construction Industry Research and Information Association., 2015)?? são sistemas projetados para maximizar as oportunidades e benefícios obtidos a partir do gerenciamento de águas pluviais. Tem como objetivo retardar e reduzir a quantidade de água do escoamento superficial para mitigação de inundações à jusante dos corpos d'água por meio da captação, infiltração, desaceleração, armazenamento, condução e tratamento do escoamento no local. Nesse sentido, não só o planejamento mais a implementação desses sistemas torna a água um componente visível e tangível do ambiente construído, que pode ser apreciada por todos.

#### **4.10. Low Impact Development (LID)**

O termo LID, mais comumente usado na América do Norte e na Nova Zelândia, busca minimizar os custos de gerenciamento de águas pluviais, adotando o conceito de "design com a natureza" de Ian McHarg em uma bacia hidrográfica. (Fletcher et al., 2015). O objetivo do LID é gerenciar e controlar o escoamento das águas pluviais para se assemelhar às condições

naturais das condições de pré-ocupação, usando técnicas de projeto que ajudam a criar uma paisagem hidrologicamente funcional. (PRINCE; COUNTY, 1999)

No Brasil, temos como referência os projetos do engenheiro sanitaria Francisco Saturnino Rodrigues de Brito que seguem a metodologia baseada em otimizar o uso da geomorfologia do terreno, na época não nomeados como LID mas com premissas semelhantes. Sua grande inovação foi empregar as características físicas do ambiente como guia para o planejamento urbano. Marcado pelo uso de canais margeados por avenidas arborizadas e parques como uma solução para a drenagem, esses elementos eram cruciais na concepção de seus projetos e, conseqüentemente, na configuração urbana das cidades (FARIA, 2015). Isso destaca a importância dos elementos naturais da paisagem, como o relevo, a vegetação e a água, que desempenham um papel central na formação de uma nova paisagem.

O LID tem como objetivos, além do controle da fonte de escoamento, outros benefícios ambientais abrangentes como a redução no consumo de energia e nas emissões de gases de efeito estufa, remoção de poluentes difusos para corpos d'água urbanos. No entanto, os principais objetivos de LID divergem em diferentes regiões ao redor do mundo, dependendo das características geográficas, escassez de água e aspectos econômicos, sociais e culturais (CHANG et al., 2018). No Brasil, a prioridade regulatória atual está nos aspectos de quantidade de água da chuva, embora os aspectos de qualidade permaneçam sem regulamentação. Em condições tropicais, os problemas de quantidade de água são mais evidentes e considerados um ponto crítico de sustentabilidade, devido às suas cargas ambientais, econômicas e sociais (RIVARD et al., 2006).

#### **4.11. Infraestrutura Verde e Azul (IVA)**

A Infraestrutura Azul-Verde (IVA) é um conceito que utiliza os benefícios dos espaços verdes urbanos e fluxos de água naturalizados contra inundações urbanas, reconhecida globalmente e na literatura internacional. Considerada uma abordagem mais amigável à natureza para gerenciar o risco de inundação urbana, a frase 'azul-verde' surgiu por volta do final da última década devido ao aumento de conscientização da necessidade de uma abordagem mais integrada para o gerenciamento dos componentes naturais e projetados na paisagem, incluindo corpos d'água e espaços verdes (GLEDHILL; JAMES, 2008)

A IVA oferece também múltiplos benefícios adicionais, como melhorias na qualidade do ar e da água, estética, biodiversidade e como resultado, ela é cada vez mais vista como uma medida eficaz de gerenciar o risco de inundação e, ao mesmo tempo, melhorar o espaço público (LAMOND; EVERETT, 2019).

## **5. Caminhos Metodológicos**

As revisões de literatura são interessantes mecanismos para compilação de dados que buscam trazer uma visão holística de um determinado tema em seu tempo e espaço. Nesta monografia, a investigação científica segue, em partes, a metodologia do Estado do Conhecimento explicada por Kohls-Santos e Morosini (2021) como uma forma de “Conhecer, sistematizar e analisar a produção do campo científico sobre temática”.

### **5.1. O Estudo do Conhecimento**

O Estado do Conhecimento se refere a “identificação, registro, categorização que levem à reflexão e síntese sobre a produção científica de uma determinada área, em um determinado espaço de tempo”. Dividido em quatro etapas, a metodologia de Estado do Conhecimento é apresentada por Kohls-Santos e Morosini (2021) conforme o quadro abaixo:

**Quadro 1 - Etapas do Estado do Conhecimento**

<b>Etapas</b>	<b>Definições</b>
1. Bibliografia Anotada	Identificação e seleção, a partir da pesquisa por descritores, dos materiais que farão parte do corpus de análise.
2. Bibliografia Sistematizada	Leitura flutuante dos resumos dos trabalhos para a seleção e o aprofundamento das pesquisas, a fim de elencar os que farão parte da análise e escrita do estado do conhecimento.
3. Bibliografia Categorizada	Reorganização do material selecionado, ou seja, do corpus de análise e reagrupamento destes em categorias temáticas.
4. Bibliografia Propositiva	Organização e apresentação de, a partir da análise realizada, proposições presentes nas publicações e propostas emergentes a partir da análise.

Fonte: Kohls-Santos e Morosini (2021)

## 5.2. Coleta de dados

Foi realizada uma análise de artigos científicos da base de dados Scopus, publicados nos últimos seis anos, portanto de 2018 a 2023. Utilizou-se diferentes combinações de descritores mas todos eles incluíram na pesquisa de Título, Resumo ou Palavras-Chave os unitermos “Study” AND “Case” para obtenção de artigos que oferecessem as finalidades, resultados e desdobramentos das tecnologias implementadas.

Em relação aos demais conceitos utilizados para a seleção dos artigos, percebeu-se durante o desenvolvimento do tópico de Contextualização, a presença de diferentes terminologias com definições e objetivos semelhantes (Soluções Baseadas na Natureza, Sustainable Urban Drainage System, Low Impact Development, Infraestrutura Verde- Azul, Infraestrutura Verde, Best Manegement Practice, Sponge City, Técnicas Compensatórias, entre outras).

Fletcher et al., (2015) relatam que foi observado com diferentes autores o uso de termos diferentes para o mesmo significado ou significados diferentes a um mesmo termo dado. A revisão de Fletcher et al., (2015) demonstrou que a terminologia evoluiu em resposta às mudanças na prática de drenagem urbana, sendo o inverso também verdadeiro. Ou seja, as mudanças na prática de drenagem evoluíram também em função das terminologias. Assim, as terminologias estabeleceram uma abordagem mais holísticas e passaram a envolver partes interessadas. Apesar do desejo de se ter um "conjunto uniforme de terminologias", os termos refletem entendimentos compartilhados localmente. Portanto, deve-se considerar que as terminologias são também atreladas a um local e desempenham um papel importante para a contextualização do problema.

A princípio, considerou-se como descritores as siglas em inglês dos principais conceitos relacionados à drenagem urbana sustentável: “NBS” (Nature Based Solution); “SuDS”; “LID”. Especificamente para o caso da pesquisa sobre Infraestrutura Verde-Azul, optou-se pela pesquisa do conceito apenas de Green Infrastructure (Infraestrutura Verde em português) pois entende-se que o conceito “Verde-Azul” pode ser mais restritivo. A busca pelo termo Infraestrutura Verde englobará também os trabalhos que discutem sobre Infraestrutura Verde-Azul, no entanto o oposto não é verdadeiro. A pesquisa por Infraestrutura Verde-Azul não retornará trabalhos que tratam apenas sobre Infraestrutura Verde.

Além disso, para ampliação do espectro de estudos de caso na realidade brasileira, adotou-se também uma segunda rodada de análises de artigos considerando o cenário brasileiro. Sendo assim, foram feitas as seguintes combinações de buscas na base de dados:

- “Case” and “study” and “NBS”
- “Case” and “study” and “NBS” and “Bra?il”
- “Case” and “study” and “SuDS”
- “Case” and “study” and “SuDS” and “Bra?il”
- “Case” and “study” and “LID”
- “Case” and “study” and “LID” and “Bra?il”
- “Case” and “study” and “green” and “infrastructure”
- “Case” and “study” and “green” and “infrastructure” and “Bra?il”

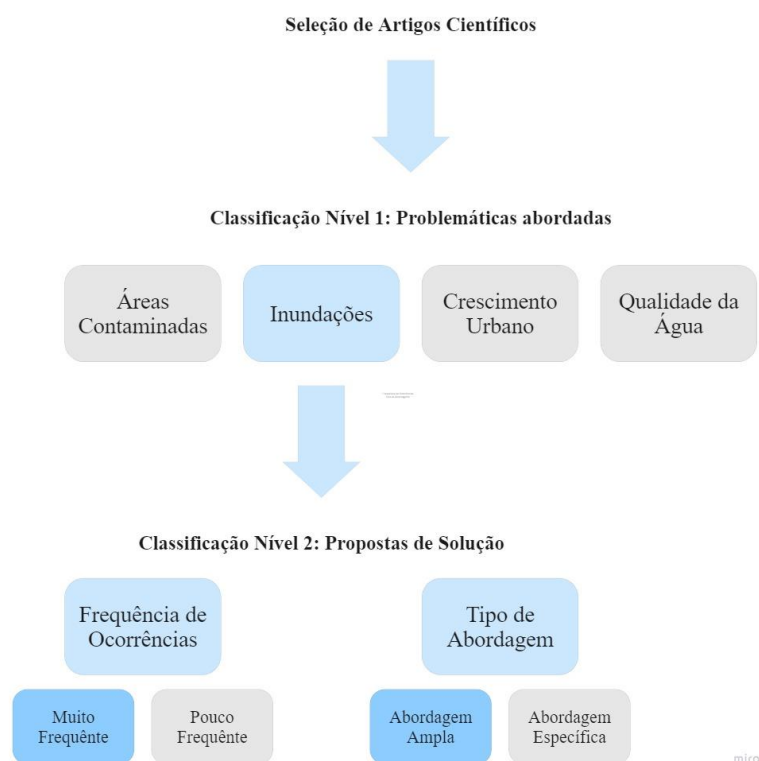
Considerou-se as “Subject áreas” pertinentes ao tema e os artigos foram analisados em ordem decrescente de número de citações a partir da leitura flutuante de seus respectivos

resumos. Assim, selecionou-se um total de 18 artigos científicos mais citados conforme as buscas mencionadas.

### **5.3. Revisão da literatura**

A leitura flutuante é essencial para descartar os artigos científicos que, embora se enquadrem no campo de busca, não apresentam as características desejadas. Essa análise exploratória viabilizou as ações das etapas 3 e 4 da metodologia do Estado do Conhecimento que propõem a reorganização do material coletado e suas propostas emergentes. A Figura 2 mostra classificação dos artigos realizada após a leitura dos artigos, estudo e compreensão dos caminhos possíveis de classificação para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 2- Classificação dos artigos científicos selecionados



Fonte: Autora

Os artigos foram discriminados por suas problemáticas, sendo elas Áreas Contaminadas, Inundações, Crescimento Urbano e Qualidade da Água. Em seguida, analisou-se a frequência de cada tipo de tecnologia e também por tipo de abordagem. Alguns artigos apresentaram uma variação de dispositivos de drenagem, outros se debruçam detalhadamente em um tipo específico de tecnologia. A partir dessa classificação, criou-se uma ficha-técnica para cada tipo de problema e tecnologias adotadas com as respectivas informações sobre o estudo de caso, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2 – Ficha técnica de estudos de caso**

Tecnologias abordadas	Referência: (Nº) Nome do artigo científico		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo

Fonte: Autora

O tipo de estudo aplicado refere-se a uma classificação em relação ao tema global do estudo podendo ser:

- **Modelagem e implementação:** Desenvolvimento de um tipo de simulação, sua aplicação e implementação da proposta em um local específico

- **Metodologia e aplicação:** Desenvolvimento de um tipo de metodologia e sua aplicação para um local específico
- **Aplicação de metodologia existente:** Aplicação de uma metodologia já desenvolvida pela literatura
- **Aplicação de modelo existente:** Aplicação de uma modelo de simulação já desenvolvida pela literatura
- **Análise de implementação de tecnologias:** Avaliação das tecnologias aplicadas

O local de aplicação foi adicionado à ficha técnica para que o leitor possa analisar a escala de aplicação das tecnologias e o resumo e conclusão são notas tomadas pela autora após leitura do artigo dos principais pontos discutidos.

### **Capítulo III - DESAGUAMENTO**

#### **6. Resultados e Desdobramentos**

A análise da literatura revelou que muitos estudos de caso são referentes a aplicação de métodos e modelagens, sendo muitos deles utilizam o mesmo modelo de estudo, o Storm Water Management Model (SWMM). O software desenvolvido pela Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos, é amplamente utilizado para o planejamento, análise e projeto relacionados ao escoamento de águas pluviais, redes de esgoto combinadas e sanitárias, e outros sistemas de drenagem. Para evitar que o levantamento de estudos de caso fosse comprometido apenas com estudos de casos de aplicação do SWMM, alguns artigos científicos desse tipo foram descartados.

Assim, o Quadro 2 abaixo revela as informações dos 18 artigos selecionados com a partir dos critérios de busca citados, dispostos em ordem decrescente de citações. Como mencionado nos Caminhos Metodológicos, os artigos brasileiros, por terem um menor número de citações, foram pesquisados a parte com os descritores tecnologia AND “bra?il” e por isso constam em maior quantidade do que os demais países.

#### **Quadro 3 – Artigos científicos selecionados**

Nº	Título	Autores	Citações	Questão
01	Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: A case study in Guangxi, China	Li, Q. et al., 2019	177	Inundações
02	Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review	Song, Y. et al., 2019	167	Área Contaminada
03	Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management	Alves, A. et al., 2019	166	Inundação
04	A review of nature-based solutions for greywater treatment Applications, hydraulic design, and environmental benefits	Boano, F. et al., 2020	152	Qualidade da Água
05	Small rivers and landscape NBS to mitigate flood risk	Magliocchetti et al., 2021	90	Inundações
06	Engaging stakeholders in the assessment of NBS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation	Pagano, A. et al., 2019	80	Inundações
07	Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals	Gómes; Martin et al., 2020	71	Inundações
08	Not Simply Green: Nature-Based Solutions as a Concept and Practical Approach for Sustainability Studies and Planning Agendas in Cities	Dushkova, D.; Haase, D. 2020	66	Inundações
09	A study of the application of permeable pavements as a sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: A case study in the south of Spain	Rodríguez-Rojas et al., 2018	47	Inundações
10	Urban agriculture as a nature-based solution to address socio-ecological challenges in Australian cities	Kingsley et al., 2021	42	Crescimento Urbano
11	Assessing real options in urban surface water flood risk management under climate change	Liu et al., 2018	40	Inundações

12	Green infrastructure practices simulation of the impacts of land use on surface runoff: Case study in Ecorse River watershed, Michigan	Li et al., 2019	34	Inundações
13	Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem (BRASIL)	McClymont et al., 2020	34	Inundações
14	The urban river restoration index (URRIX) - A supportive tool to assessfluvial environment improvement in urbanflood control projects (BRASIL)	Veról et al., 2019	20	Inundações
15	Lifecycle sustainability assessment for the comparison of traditional and sustainable drainage systems	Jato-Espino; Toro-Huertas; Guereca, 2022	14	Inundações
16	Stormwater management for highly urbanized areas in the tropics: Life cycle assessment of low impact development practices (BRASIL)	Dos Santos et al., 2021	6	Inundações
17	Understanding the NEEDS for ACTING An integrated framework for applying nature-based solutions in Brazil (BRASIL)	Alves; Djordjevic; Javadi, 2022	4	Inundações
18	A probabilistic approach to stormwater runoff control through permeable pavements beneath urban trees (BRASIL)	Raimondi et al., 2023	0	Inundações

Fonte: Autora

Nesta primeira etapa é possível perceber o fator restritivo da busca, visto que o número de citações ainda é muito pequeno em relação às buscas feitas sem os destritores “case” and “study”. Buscas feitas apenas com o nome das tecnologias geram artigos que alcançam a casa de milhares de citações, diferentemente do que ocorreu na busca incluindo o temos “case study”, que revelou artigos com citações na casa de centenas.

A partir da seleção dos artigos científicos, realizou-se a análise e organização dos dados coletados. Identificou-se quais problemas urbanos estavam atrelados às respectivas propostas de solução. “Inundações” foi o problema urbano majoritariamente mais citado entre os artigos, seguido de “Áreas Contaminadas”, “Crescimento Urbano/Gentrificação” e “Qualidade da Água”.

Após a identificação dos problemas urbanos, realizou-se uma seleção dos artigos do para uma análise mais profunda sobre as tecnologias apresentadas. A maioria dos casos apresentou uma abordagem genérica com mais de uma tecnologia implementada. Dos 18 artigos analisados, 3 deles são a respeito de tecnologias específicas sendo dois a respeito de Pavimentação Permeável e um sobre Agricultura Urbana. Esses três artigos estudam profundamente os detalhes da aplicação dessas tecnologias em contextos específicos.

Esse levantamento permitiu a classificação das tecnologias abordadas. Foi possível ordenar a frequência de tecnologias mencionadas em cada artigo. O problema mais frequente foi o de “Inundação” e suas as tecnologias de mitigação mais citadas foram em ordem decrescente:

- Pavimento Permeável;
- Telhado Verde;
- Biorretenção e suas derivações;
- Captação de Água de Chuva e suas derivações e;
- Biovaleta, e suas derivações.

Esses resultados revelam quais são as principais tecnologias que estão sendo propostas ou adotadas para aplicações de casos reais e estão sintetizados no Quadro 4.

**Quadro 4 – Artigos e as principais abordagens**

<b>Tecnologias</b>	<b>Artigo</b>	<b>Total</b>
Pavimentação Permeável	01, 03, 09, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 18	10
Telhado Verde	03, 04, 08, 10, 11, 12 13 e 14	08
Biorretenção e suas derivações;	01, 05, 06, 11, 13, 15 e 16	07
Captação de Água de Chuva e suas derivações	03, 05, 12, 13, 14,18	06
Biovaleta, e suas derivações.	01, 13, 16, 17	04

Fonte: Autora

Além disso, foi feito também um levantamento de regiões estudadas, seja diretamente ou indiretamente. Alguns artigos analisaram a aplicação de determinada tecnologia em um local específico, outros fizeram um levantamento de uma mesma tecnologia já aplicada em diferentes locais. O Quadro 5 abaixo sintetiza a relação de artigos e os 20 locais geográficos mencionados nos estudos de caso.

**Quadro 5 – Artigos e as principais abordagens**

<b>Localização Geográfica dos temas abordados</b>	<b>Artigo</b>	<b>Total</b>
China	01	01
França	02	01
Alemanha	02 e 08	02
Holanda	02 e 04	02
Reino Unido	02, 11	02
Estados Unidos	02, 04 e 12	03
Caribe	03	01
Palestina	04	01
Itália	04 e 05	02
Índia	04	01
Tanzânia	04	01
Peru	04	01
Dubai	04	01
Quênia	04	01
Argentina	05	01
Eslovênia	06	01
Dinamarca	07	01

Espanha	09	01
Austrália	10	01
Brasil	13, 14, 16, 17 e 18	05

Fonte: Autora

Dos 18 artigos selecionados, 15 foram classificados no problema “Inundações”. Desses 15 artigos que discutem as tecnologias com o foco em mitigação de inundação, 13 deles apresentam propostas de solução de caráter mais amplo. Esses 13 artigos de proposta de solução ampla foram analisados e estão apresentados nos quadros a seguir.

**Quadro 6 – Dados do artigo 1: Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: A case study in Guangxi, China**

Tecnologias abordadas	Referência: (1) Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: A case study in Guangxi, China		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Biorretenção, Biovaleta, Espaço verde afundado, Pavimentação Permeável e Armazenamento de água de chuva	Modelagem e implementação	China - Guangxi, Nanning Centro Esportivo de Guangxi (Área: 64,61 ha)	Avaliação de benefícios de diferentes combinações de aplicações de LID através do Storm Water Management Model (SWMM) e método Analytical Hierarchy Process (AHP)

Fonte: Li, Q. et al., 2019

O artigo simulou 5 possíveis cenários de LID com diferentes formas de implementação das tecnologias. Se diferencia da maioria de estudos de drenagem por apresentar uma proposta em que todos os cenários são positivos e não uma avaliação do cenário atual versus cenário futuro de LID. Essa avaliação é importante para fornecer informações de melhor desempenho das tecnologias, comparando os custo-benefício da tecnologia em um mesmo local, sendo uma excelente ferramenta de estudo pré-execução de projetos.

**Quadro 7 – Dados do artigo 3: Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management**

Tecnologias abordadas	Referência: (3) Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Teclado Verde, Bacia de Detenção, Barril de Chuva e Pavimentação Permeável	Metodologia e aplicação	Caribe - Ilha de São Martinho (lado neerlandês) Cul De Sac (Área: 509 ha)	É apresentado um método para incluir a análise monetária dos co-benefícios da Infraestrutura Verde. Compara os valores de custo-benefício de medidas de mitigação de riscos de inundação com e sem co-benefícios

Fonte: Alves, A. et al., 2019

A metodologia é uma importante ferramenta de avaliação de co-benefícios para identificar as melhores estratégias de adaptação e melhorar o gerenciamento de riscos de inundações. Agrega valor à IV e traz argumentos para dar suporte em sua implementação. Sem a avaliação de co-benefícios, provavelmente a IV parecerá menos eficiente do que a infraestrutura cinza mais convencional.

**Quadro 8 – Dados do artigo 5: Small rivers and landscape - NBS to mitigate flood risk**

Tecnologias abordadas	Referência: (5) Small rivers and landscape - NBS to mitigate flood risk		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Não especificado	Aplicação de Metodologia existente	Argentina - Idiazabal Itália - Olevano sul Tusciano	O estudo realiza a aplicação de uma ferramenta metodológica para identificar uma série de possíveis intervenções capazes de mitigar o risco hidrogeológico por meio do planejamento territorial e urbano de IVA adequadas.

Fonte: Magliocchetti et al., 2021

A análise metodológica dos casos estudados foi realizada para obter um diagnóstico real sobre o risco de inundação dessas paisagens, a fim de identificar possíveis áreas de intervenção. É interessante por apresentar localidades de estudo diferentes geograficamente. O estudo também envolve uma análise da capacidade de diferentes tipos de cobertura do solo para fornecer serviços individuais e as intervenções propostas com base em estudos especializados.

**Quadro 9 – Dados do artigo 6: Engaging stakeholders in the assessment of NBS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation**

Tecnologias abordadas	Referência: (6) Engaging stakeholders in the assessment of NBS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Renaturalização de rio e bacia hidrográfica, Retenção de água, Wetlands e Remoção de barreiras (ampliação do rio)	Metodologia e aplicação	Eslovênia - Ljubljana Bacia hidrográfica do Rio Glinščica (Área: 17 km <sup>2</sup> )	O artigo apresenta um Modelo Dinâmico de Sistemas Participativo que avalia quantitativamente a eficácia das SBN contra riscos de enchentes, ao mesmo tempo em que produz uma multiplicidade de benefícios coletivos. Destaca a importância do envolvimento das partes interessadas e da consideração da aceitação social e institucional na implementação de SBN.

Fonte: Pagano, A. et al., 2019

Essa metodologia se baseia na identificação dos objetivos mais significativos percebidos pelas partes envolvidas e na criação de um modelo colaborativo que avalia a eficácia em múltiplos aspectos das medidas selecionadas. Esse enfoque participativo impacta positivamente ao gerar e aumentar o conhecimento sobre a temática e conscientizar os envolvidos sobre as possibilidades das SBN.

**Quadro 10 – Dados do artigo 7: Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals**

Tecnologias abordadas	Referência: (7) Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Restauração de Rio e Espaços Verdes Urbanos	Metodologia e aplicação	Dinamarca, Copenhague Bacia do Rio Ladegaardsaa	O estudo de caso adota uma perspectiva sistêmica e uma abordagem multi-setorial para analisar o potencial das NBS para reconhecer os trade-offs e sinergias dos co-benefícios associados à sua implementação, ao mesmo tempo em que reduz os efeitos negativos de riscos relacionados à água.

Fonte: Gómes; Martin et al., 2020

A metodologia propõe a combinação de variáveis quantitativas e qualitativas, oferecendo uma visão mais abrangente das interações e dos processos. Isso ajuda na compreensão das consequências planejadas e não planejadas e fomenta a conscientização e o envolvimento das partes interessadas nas tomadas de decisão e formulação de políticas,

promovendo, assim, uma abordagem colaborativa para os resultados. Além disso, o estudo estabelece conexões entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e os benefícios adicionais associados às SBN em questão.

**Quadro 11 – Dados do artigo 8: Not Simply Green: Nature-Based Solutions as a Concept and Practical Approach for Sustainability Studies and Planning Agendas in Cities**

Tecnologias abordadas	Referência: (8) Not Simply Green: Nature-Based Solutions as a Concept and Practical Approach for Sustainability Studies and Planning Agendas in Cities		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Renaturalização, Revitalização, Florestas Urbanas, Jardins Comunitários, Hortas Urbanas, Fachadas Verdes, Telhados Verdes, Retenção, Redesign de Espaços Verdes Urbanos,	Análise de implementação de tecnologias	Alemanha - Leipzig	Este artigo estuda e discute os papéis, processos de desenvolvimento e funções das NBS na cidade de Leipzig. Apresenta os desafios passados e atuais que a cidade enfrenta, incluindo todo o processo de implementação e realizações bem-sucedidas. Além disso, destaca os principais impulsionadores, atores de governança, opções de design das SBN e seus serviços ecossistêmicos.

Fonte: Dushkova, D.; Haase, D. 2020

A expectativa de procurar por artigos científicos de estudos de caso foi justamente de encontrar estudos como o artigo 8. A análise minuciosa de aplicação de SBN em escala local possibilita identificar etapas e procedimentos que ajudam a aumentar a base de evidências para a eficácia das NBS. O artigo fornece exemplos das melhores práticas que demonstram os múltiplos co-benefícios oferecidos pelas NBS, programas realizados além de trazer inspirações para práticas em outras cidades.

**Quadro 12 – Dados do artigo 11: Assessing real options in urban surface water flood risk management under climate change**

Tecnologias abordadas	Referência: (11) Assessing real options in urban surface water flood risk management under climate change		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Telhado Verde, Biorretenção e Pavimentação Permeável	Aplicação de Modelo existente	Inglaterra - Londres, Waterloo (Área: 68,8 km <sup>2</sup> )	O estudo desenvolve uma abordagem de opções reais para avaliar opções de adaptação no gerenciamento de riscos de inundação por águas pluviais urbanas sob as mudanças climáticas

Fonte: Liu et al., 2018

O artigo traz uma análise de aplicação de SuDS ao longo do tempo cruzando variáveis de dano anual esperado com valor presente líquido em diferentes cenários. Os cenários foram construídos com base nas abordagens de “real options” de planejamento de longo prazo e “fixed adaptation”. Utilizou um modelo de árvore trinomial para representar a mudança na intensidade das chuvas ao longo dos horizontes futuros e modelo bidimensional Cellular Automata-based model CADDIES para simular inundações de águas superficiais. Com isso, concluiu que a abordagem de opções reais é uma maneira mais econômica de gerenciar inundações superficiais em áreas urbanas do que uma abordagem de adaptação fixa pois o seu planejamento tem considera as mudanças climáticas futuras para a implementação de tecnologias.

**Quadro 13 – Dados do artigo 12: Green infrastructure practices simulation of the impacts of land use on surface runoff: Case study in Ecorse River watershed, Michigan**

Tecnologias abordadas	Referência: (12) Green infrastructure practices simulation of the impacts of land use on surface runoff: Case study in Ecorse River watershed, Michigan		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Telhado Verde, Barris de Chuva, Pavimentação Porosa, Biorretenção, Vala e Faixa Gramada, Lagoa Seca, Lagoa Molhada,	Aplicação de Modelo existente	EUA - Detroit Michigan Bacia hidrográfica do Rio Ecorse Área: 2697.6 h	O artigo faz uma análise de locais adequados para a prática de Infraestrutura Verde, com base nos requisitos de condições de construção e demanda por práticas de IV na área de estudo. A análise foi realizada através das simulações do Modelo Long-Term Hydrologic Impact Assessment-Low Impact Development 2.1 (L-THIA-LID 2.1)

Fonte: Li et al., 2019

O estudo faz uma análise de custo de eficiência de IV e cruza com os possíveis locais de construção na bacia hidrográfica em questão. Assim, foi possível identificar quais IV compartilham da mesma área de implantação e escolher a de menor custo.

**Quadro 14 – Dados do artigo 13: Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem**

Tecnologias abordadas	Referência: (13) Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo

Biorretenção, Pavimento Permeável, Vala Vegetada, Telhado Verde, Barril de Chuva	Metodologia e aplicação	Brasil - São Carlos Bacia hidrográfica do Mineirinho (Área: 6.86 km <sup>2</sup> )	Apresenta um modelo de otimização multiobjetivo orientado pela resiliência, com o objetivo de fornecer uma frente de Pareto para a incorporação eficaz de SuDS no planejamento (peri)urbano. Também traz o Índice de Melhoria da Qualidade de Vida (iQoL) (aprimorado) para analisar o impacto social das soluções identificadas.
---	----------------------------	--	--

Fonte: McClymont et al., 2020

O estudo conclui que a distribuição espacial das opções de SuDS implementados é tão crítica quanto identificar o número de unidades necessárias, dialogando, de certa forma, com o artigo 1 e 11. Com essa análise é possível realizar um planejamento com opções de SuDS mais baratas. A relevância deste estudo torna-se ainda maior devido seu contexto no cenário brasileiro, sendo possível aplicar sua metodologia em outras bacias de São Carlos.

**Quadro 15– Dados do artigo 14: The urban river restoration index (URRIX) - A supportive tool to assess fluvial environment improvement in urban flood control projects**

Tecnologias abordadas	Referência: (14) The urban river restoration index (URRIX) - A supportive tool to assess fluvial environment improvement in urban flood control projects		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de Estudo	Resumo
Pavimento Permeável, Telhado Verde, Barril de Chuva, Restauração do Rio	Metodologia e aplicação	Brasil - Nova Iguaçu Bacia hidrográfica da Dona Eugênia (Área: 18 km <sup>2</sup> ) Fonte: Veról et al., 2019	O artigo apresenta o Urban River Restoration Index (URRIX), um índice capaz de medir a eficácia das ações de restauração de rios em sistemas fluviais urbanos analisando quatro diferentes cenários para a bacia em questão.

Algo inovador em relação aos índices da literatura é a abordagem de restauração de rios nos cenários urbanos. Um dos principais usos potenciais para este índice refere-se à possibilidade de hierarquizar as alternativas de projeto de acordo com seus efeitos ambientais em rios urbano. Além disso, o URRIX também pode estar associado ao monitoramento dos efeitos da evolução urbana sobre o sistema fluvial.

**Quadro 16 – Dados do artigo 15: Lifecycle sustainability assessment for the comparison of traditional and sustainable drainage systems**

Tecnologias abordadas	Referência: (15) Lifecycle sustainability assessment for the comparison of traditional and sustainable drainage systems		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de aplicação	Resumo
Biorretenção e Pavimento Permeável	Aplicação de Modelo/Medotologia existente	México - Santiago de Querétano (Querétano ) Empreendimento habitacional Rancho Bellavista (Área: 198,640.55 m <sup>2</sup> )	A pesquisa realizou uma avaliação de sustentabilidade ao longo do ciclo de vida para comparar o desempenho econômico, ambiental e social dos sistemas de drenagem tradicional e SuDS.

Fonte: Jato-Espino; Toro-Huertas; Guereca, 2022

Essa avaliação utilizou os conceitos de Valor Presente Líquido, Avaliação de Ciclo de Vida e uma combinação da matriz Leopold com uma entrevista semiestruturada. Os resultados mostraram que os SuDS superaram os sistemas de drenagem tradicionais em termos ambientais e sociais; no entanto, seus altos custos de manutenção e expectativa de vida mais curta dificultaram sua viabilidade econômica. Sendo necessário alternativas de drenagem combinadas para aumentar suas contribuições para o alcance do desenvolvimento sustentável.

**Quadro 17 – Dados do artigo 16: Stormwater management for highly urbanized areas in the tropics: Life cycle assessment of low impact development practices**

Tecnologias abordadas	Referência: (16) Stormwater management for highly urbanized areas in the tropics: Life cycle assessment of low impact development practices		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de aplicação	Resumo
Valas de infiltração, Valas de infiltração em trincheira	Aplicação de Modelo/Medotologia existente	Brasil - São Carlos (São Paulo) Assentamento Américo Alves Margarido (Área: 209,730 m <sup>2</sup> .)	O artigo avalia os impactos ambientais e os efeitos hidrológicos da aplicação de práticas LID em uma área urbanizada em São Carlos em três diferentes cenários, sendo o volume gerenciado a variável mais significativa para a avaliação dos cenários a partir de uma metodologia híbrida baseado de modelagem hidrológica SWMM e Life Cycle Assessment (LCA)

Fonte: Dos Santos et al., 2021

O artigo 16 também apresenta uma avaliação do ciclo de vida. É um assunto emergente para compreender as suas respectivas compensações ambientais e traz uma visão importante do ciclo de vida do berço ao túmulo das tecnologias planejadas. Essa nova perspectiva ressalta a

importância além da sustentabilidade funcional da tecnologia em si, a adoção de tecnologias sustentáveis com foco também nos materiais utilizados para sua construção e suas respectivas origens.

**Quadro 18 – Dados do artigo 17: Understanding the NEEDS for ACTING An integrated framework for applying nature-based solutions in Brazil**

Tecnologias abordadas	Referência: (17) Understanding the NEEDS for ACTING An integrated framework for applying nature-based solutions in Brazil		
	Tipo de Estudo de Caso	Local de aplicação	Resumo
Telhados Verdes, Áreas Verdes, Pavimento Permeável, Captação de Água da Chuva	Aplicação de Modelo/Metodologia existente	Brasil - Campina Grande	O estudo desenvolveu um quadro integrado, com ferramentas espaciais e participativas, para analisar a mitigação de riscos de inundação no Brasil. A abordagem permite uma compreensão profunda dos desafios e vulnerabilidades sociais da área para posteriormente planejar as NBS apropriadas. Sua aplicação analisa as necessidades de Campina Grande e também as ações a serem tomadas, além de considerar a participação das partes interessadas.

Fonte: Alves; Djordjevic; Javadi, 2022

O artigo apresenta o framework “NECESSIDADES para AÇÕES” o qual foi desenvolvido para promover uma compreensão da redução de riscos de desastres não apenas restrita à própria ameaça, mas incluindo vulnerabilidade, exposição e mudanças futuras. Utilizou ferramentas de SIG, modelagem e uma abordagem participativa contínua e os resultados demonstram como a combinação de ferramentas espaciais e participativas pode aprimorar a proposta e análise de SBN e seus múltiplos benefícios.

## 7. Conclusões

O fomento inicial dessa pesquisa foi analisar casos de infraestruturas já implementadas, seu processo de aplicação e avaliação de desempenho como o artigo 8 de tecnologias da cidade de Leipzig. No entanto, ao longo da leitura dos estudos de caso, percebeu-se a prevalência de estudos que apresentam metodologias de auxílio ao planejamento e gestão urbana de drenagem, ou seja, estudos para a aplicação futura de tecnologias. Evidentemente, esse resultado é compreensível visto que se trata de um assunto emergente e ainda pouco desenvolvido.

Devido a temática relativamente recente, houve dificuldades de encontrar definições conceituais para identificar o que difere ou assemelha uma terminologia da outra. Isso se aplica também em relação às definições de dispositivos que apresentam algumas variações, por exemplo o conceito de Biovaleta/Vala Gramada que em inglês foi encontrada com as seguintes variações: Vegetation Swale, Grass Swale, Grassed Swale e Infiltration Swales. O mesmo caso se aplica ao conceito de Pavimentação Permeável encontrado como Permeable Pavement, e Porous Pavement.

Fletcher et al. (2015) fazem um estudo pormenorizado sobre as terminologias dentro da temática da drenagem urbana, e observam que a confusão pode ocorrer, com diferentes autores usando termos diferentes para significar a mesma coisa, ou atribuindo diferentes significados a um mesmo dado. Para evitar esse tipo de problema, os autores devem ser explícitos sobre o que significam por um termo específico, para que os leitores possam identificar o significado do termo e os obstáculos de comunicação sejam minimizados.

A revisão bibliográfica também identificou uma diversidade de países e muitos deles com referências de autores orientais. Esse dado revela a importância e relevância acadêmica desses países sobre a temática. Em relação ao contexto brasileiro, não se encontrou muitos estudos de caso aplicados ao país, sendo necessário uma adaptação na metodologia para alcançar esses artigos científicos.

Outra barreira de estudo está relacionada a falta de dados a respeito de implementação e manutenção das tecnologias. Esse obstáculo se tornou presente para os estudos de Ciclo de Vida das tecnologias como relata Dos Santos et al. (2021) sobre a ausência de informações da expectativa de vida útil e tratamento de cargas poluentes de dispositivos de LID para as condições brasileiras. Sendo muito importante que os futuros projetos tenham em mente forma de coleta de dados de monitoramento a longo prazo de dispositivos, sobretudo os localizados em regiões tropicais/subtropicais. Dessa forma será possível realizar comparações futuras, identificação de problemas e propostas de melhorias.

O planejamento desses dispositivos na realidade espacial urbana tem também entraves em sua pré-execução. Coordenar as diferentes demandas das partes envolvidas é um grande desafio. Para isso, os gestores e planejadores devem se embasar nos cobenefícios gerados, sendo de grande valia a aplicação das metodologias que reforçam o aumento da qualidade de vida e ambiental dos espaços de intervenção, como o trabalho de Alves et al. (2019), que apresenta um método para incluir a análise monetária desses cobenefícios em relação ao custo-benefício de medidas de mitigação de riscos de inundação.

Nesse aspecto, as metodologias participativas são fundamentais para o planejamento sistêmico que inclui as representações da sociedade. A teoria e a prática da participação cidadã, Arnstein (1969 apud PUSKÁS; ABUNNASR; NAALBANDIAN, 2021) traz a classificação dos diferentes níveis de participação cidadã. A classificação é organizada em oito "degraus da escada" da participação que vai desde a não participação até a imersão total (ou seja, o poder é delegado aos cidadãos) no processo de planejamento. Alcançar os mais altos níveis é um indicativo do nível de processos democráticos de uma sociedade.

Nessa linha, o artigo 6 que aborda uma metodologia de identificação dos objetivos mais relevantes de acordo com a percepção das partes interessadas, propõe um exercício democrático sobre as práticas de drenagem sustentável. Essa abordagem contribui tanto para aumentar o conhecimento disponível quanto para conscientizar sobre o potencial das NBS e medidas híbridas.

A pauta dos serviços ecossistêmicos precisa se tornar mais acessível e relevante para a população em geral. Nesse sentido, as medidas não estruturais de mitigação, como a promoção de Educação Ambiental vinculada a essas práticas participativas, tornam-se fundamentais para a compreensão dos processos hidroecológicos. Enxergar os benefícios da implementação das tecnologias em questão facilita a adesão de pessoas adeptas.

Alguns autores comentam que é necessário ultrapassar os limites das abordagens tradicionais que visam "proteger e preservar" e passar a considerar o aprimoramento, a restauração, a cocriação e a codesign de redes verdes urbanas com a natureza. A multifuncionalidade está em voga e alcançar os três pilares do desenvolvimento sustentável é essencial para a promoção de cidades resilientes.

Tradicionalmente, os benefícios relacionados ao bem-estar e lazer não eram incluídos nos processos de tomada de decisão para o gerenciamento de riscos de inundação, mas uma visão multifuncional da situação compreende que os diferentes dispositivos do espaço urbano podem e devem ter múltiplas funções para atender à todas as demandas da sociedade.

Infelizmente apenas agora que as questões ambientais estão cada vez mais impactando setores da economia, os tomadores de decisão passaram olhar também para esse outro lado do tripé. Os modelos tradicionais estão cada vez mais dando espaços para as inovações dentro do ESG (Environmental, Social e Governance) e isso também se aplica ao modelo de cidades que estão se tornando cada vez mais resilientes e inteligentes.

Na perspectiva de multifuncionalidade, o planejamento integrado deve ser a base para a tomada de decisão com participação de diferentes representações da sociedade. Para isso, é necessário haja um esforço conjunto que aproxime áreas distintas do conhecimento científico cada vez mais aplicado e próximo da gestão pública. (PERES; SCHENK, 2021).

Assim, metodologias apresentadas não se destinam a ser um elemento de decisão isolado para a mitigação de impactos. Entende-se que cada caso estudado, além das metodologias apresentadas, também foi objeto de estudo de outros aspectos de avaliações como mapas de inundações, padrões de ocupação histórica da bacia e condições socioeconômicas, por exemplo.

Como McClymont et al., (2020) relatam, vale ressaltar que a promoção da resiliência urbana é um problema multidisciplinar e multiobjetivo, e não existe uma solução única que se encaixará em todos os casos. Pelo contrário, é preciso aceitar que existe um equilíbrio entre as diferentes soluções e que cada contexto terá sua particularidade que irão embasar a tomar decisões.

Cada contexto apresenta suas vulnerabilidades ambientais e sociais e no espaço urbano, essas fragilidades devem ser ainda mais relevantes para a tomada de decisão preventiva. Sendo assim, é importante lembrar que os espaços projetados em questão, sobretudo os de áreas verdes, devem ser instrumentos diretos ou indiretos do exercício de cidadania da sociedade.

## **8. Passos complementares**

O presente estudo deparou-se com ferramentas interessantes que podem ser utilizadas no processo de planejamento de drenagem urbana sustentável. A Nature Based Solution Initiative é um time internacional e interdisciplinar composto por cientistas naturais e sociais que buscam

aplicar pesquisas impactantes para moldar políticas e práticas de soluções baseadas na natureza por meio de pesquisas, ensino e engajamento com formuladores de políticas e profissionais (Nature Based Solution Initiative, 2023).

Além de apresentar um amplo banco de dados sobre o tema, oferece o “Evidence Tool” um dashboard com cruzamento de dados interativos em que é possível relacionar os impactos das mudanças climáticas com Ecossistemas; Tipos de Intervenção; Efeitos da SBN; Resultados Sociais e; Ecológicos.

Outras ferramentas interessantes são o [mapa de disposição de SBN](#) e o [Atlas de Urban Nature](#). Apesar de não serem abundantes em termos de projetos cadastrados, é possível navegar pelo globo para encontrar projetos realizados, basta acessar os sites.

## 9. Referências Bibliográficas

ALVES, Alida; GERSONIUS, Berry; KAPELAN, Zoran; VOJINOVIC, Zoran; SANCHEZ, Arlex. Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 239, p. 244–254, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.03.036.

- ALVES, Priscila Barros Ramalho; DJORDJEVIĆ, Slobodan; JAVADI, Akbar A. Understanding the NEEDS for ACTING: An integrated framework for applying nature-based solutions in Brazil. **Water Science and Technology**, [S. l.], v. 85, n. 4, p. 987–1010, 2022. DOI: 10.2166/wst.2021.513.
- ANDRADE, Inês El-Jaick. A Idealização do Espaço. [S. l.], 2010.
- ANDRÉ, Marli E. D. A. Estudo de Caso: Seu Potencial na Educação. [S. l.], 1984.
- BOANO, Fulvio et al. **A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits**. **Science of the Total Environment** Elsevier B.V., , 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134731.
- BRASIL. **Lei n. 10.257 de 10 de julho de 2001 Estatuto da Cidade**. [s.l: s.n.].
- COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. **Nature-based solutions to address global societal challenges**. [s.l.] : IUCN International Union for Conservation of Nature, 2016. DOI: 10.2305/iucn.ch.2016.13.en.
- COSTANZA, Robert et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. [s.l: s.n.].
- DOS SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega; BARBASSA, Ademir Paceli; VASCONCELOS, Anai Floriano; OMETTO, Aldo Roberto. Stormwater management for highly urbanized areas in the tropics: Life cycle assessment of low impact development practices. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 598, 2021. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126409.
- DUSHKOVA, Diana; HAASE, Dagmar. Not simply green: Nature-based solutions as a concept and practical approach for sustainability studies and planning agendas in cities. **Land**, [S. l.], v. 9, n. 1, 2020. DOI: 10.3390/land9010019.
- FARIA, Teresa de Jesus Peixoto. Os projetos e obras do engenheiro Saturnino de Brito e mudança na paisagem urbana. [S. l.], 2015. DOI: 10.5902/22364994/19375.
- FERNANDES, Edésio. **POLÍTICA URBANA NA CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 1988 E ALÉM: IMPLEMENTANDO A AGENDA DA REFORMA URBANA NO BRASIL**. [s.l: s.n.].
- FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 525–542, 2015. DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314.
- FRAGA, Raiza Gomes; SAYAGO, Doris Aleida Villamizar. Centro de Gestão e Estudos Estratégico - Historia SBN. **2020**, [S. l.], v. 25, [s.d.].
- FREITAS, Tiago. **“Let Nature be the Solution” The EU’s approach to NBS and its landscape of projects**. II International Seminar on Nature-based Solutions Brasília.
- GÓMEZ MARTÍN, Eulalia; GIORDANO, Raffaele; PAGANO, Alessandro; VAN DER KEUR, Peter; MÁÑEZ COSTA, María. Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 738, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139693.

GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia. A cidade de São Paulo e seus rios: uma história repleta de paradoxos. **Confin**, [S. l.], n. 27, 2016. DOI: 10.4000/confin.10884.

JACOBS, Jane. **MORTE E VIDA DE GRANDES CIDADES**. [s.l: s.n.].

JATO-ESPINO, Daniel; TORO-HUERTAS, Eliana Isabel; GÜERECA, Leonor Patricia. Lifecycle sustainability assessment for the comparison of traditional and sustainable drainage systems. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 817, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.152959.

KINGSLEY, Jonathan et al. Urban agriculture as a nature-based solution to address socio-ecological challenges in Australian cities. **Urban Forestry and Urban Greening**, [S. l.], v. 60, 2021. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127059.

KOHL-SANTOS, Pricila; MOROSINI, Marília Costa. O REVISITAR DA METODOLOGIA DO ESTADO DO CONHECIMENTO PARA ALÉM DE UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://orcid.org/0000-0002-3349-4057>.

LAMOND, Jessica; EVERETT, Glyn. Sustainable Blue-Green Infrastructure: A social practice approach to understanding community preferences and stewardship. **Landscape and Urban Planning**, [S. l.], v. 191, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.103639.

LEONETI, Alexandre; PRADO, Eliana; OLIVEIRA, Sonia. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. [S. l.], 2011.

LI, Fazhi; LIU, Yaoze; ENGEL, Bernard A.; CHEN, Jingqiu; SUN, Hua. Green infrastructure practices simulation of the impacts of land use on surface runoff: Case study in Ecorse River watershed, Michigan. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 233, p. 603–611, 2019. a. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.12.078.

LI, Qian; WANG, Feng; YU, Yang; HUANG, Zhengce; LI, Mantao; GUAN, Yuntao. Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: A case study in Guangxi, China. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 231, p. 10–20, 2019. b. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.10.024.

LILIANE LOPES COSTA ALVES PINTO. **O DESEMPENHO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO MEDIDA MITIGADORA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO URBANO**. [s.l: s.n.].

LIU, Haixing; WANG, Yuntao; ZHANG, Chi; CHEN, Albert S.; FU, Guangtao. Assessing real options in urban surface water flood risk management under climate change. **Natural Hazards**, [S. l.], v. 94, n. 1, p. 1–18, 2018. DOI: 10.1007/s11069-018-3349-1.

MARIA QUEIROZ; NADIA SOMEKH. **A cidade comprometida a questão ambiental e os planos de São Paulo**. [s.l: s.n.].

MCCLYMONT, Kent et al. Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 275, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111173.

MUÑOZ, Angelica Maria Mosquera; FREITAS, Simone Rodrigues De. Importância dos Serviços Ecossistêmicos nas Cidades: Revisão das Publicações de 2003 a 2015. **Revista de**

**Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 89–104, 2017. DOI: 10.5585/geas.v6i2.853.

PAGANO, Alessandro; PLUCHINOTTA, Irene; PENGAL, Polona; COKAN, Blaž; GIORDANO, Raffaele. Engaging stakeholders in the assessment of NBS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 690, p. 543–555, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.059.

PERES, Renata Bovo; SCHENK, Luciana Bongiovanni Martins. Landscape planning and climate changes: a multidisciplinary approach in São Carlos (SP). **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 24, 2021. DOI: 10.1590/1809-4422asoc20190177r2vu202111ao.

PRINCE, George's; COUNTY, Maryland. **Low-Impact Development Design Strategies Low-Impact Development Design Strategies An Integrated Design Approach**. [s.l: s.n.].

PUSKÁS, Nikolett; ABUNNASR, Yaser; NAALBANDIAN, Salpy. **Assessing deeper levels of participation in nature-based solutions in urban landscapes – A literature review of real-world cases**. **Landscape and Urban Planning** Elsevier B.V., , 2021. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104065.

QUEIROGA, Eugênio Fernandes. **Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras**. [S. l.], 2011.

RAIMONDI, Anita; MARRAZZO, Giacomo; SANFILIPPO, Umberto; BECCIU, Gianfranco. A probabilistic approach to stormwater runoff control through permeable pavements beneath urban trees. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 905, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167196.

RODRÍGUEZ-ROJAS, M. I.; HUERTAS-FERNÁNDEZ, F.; MORENO, B.; MARTÍNEZ, G.; GRINDLAY, A. L. A study of the application of permeable pavements as a sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: A case study in the south of Spain. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 205, p. 151–162, 2018. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.09.075.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4ª Edição ed. São Paulo: EDUSP, 2006.

MAGLIOCCETTI, M.; ADIONOLFI, V.; VICCIONE, G.; GRIMALDI, M.; FASOLINO, I. **Small rivers and landscape NBS to mitigate flood risk**. [s.l: s.n.].

SNIS. **Diagnóstico Temático Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. [s.l: s.n.]. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br).

SONG, Yinan; KIRKWOOD, Niall; MAKSIMOVIĆ, Čedo; ZHEN, Xiaodi; O'CONNOR, David; JIN, Yuanliang; HOU, Deyi. Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 663, p. 568–579, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.347.

TUCCI, Carlos E. M. **TEXTOS PARA DISCUSSÃO CEPAL • IPEA Gestão da Drenagem Urbana**. [s.l: s.n.].

VERÓL, Aline Pires; BATTEMARCO, Bruna Peres; MERLO, Mylenna Linares; MACHADO, Ana Costa Marques; HADDAD, Assed Naked; MIGUEZ, Marcelo Gomes. The urban river restoration index (URRIX) - A supportive tool to assess fluvial environment improvement in urban flood control projects. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 239, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118058.

WOODS BALLARD, B. (Bridget); CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **The SuDS manual**. [s.l.] : CIRIA, 2015.

YANG, Bo; LI, Ming Han; LI, Shujuan. Design-with-nature for multifunctional landscapes: Environmental benefits and social barriers in community development. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 5433–5458, 2013. DOI: 10.3390/ijerph10115433.

ZALEWSKI, M. **Ecohydrology for compensation of Global Change**. [s.l.: s.n.].