

FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: ESTRATÉGIAS PARA A ADAPTAÇÃO DO MODELO DE CIDADES-ESPONJA NO CONTEXTO URBANO BRASILEIRO

VARIZA, José Augusto Scheid Variza¹
SCHUH, Arthur Lorenzo²
MUKAI, Hitomi³

RESUMO

O presente trabalho busca compreender como as estratégias de gestão hídrica e infraestrutura urbana, adotadas em diferentes contextos, podem orientar a adaptação do modelo de Cidades-Esponja ao contexto urbano brasileiro. A análise considera as experiências de Wuhan, na China, Rotterdam, nos Países Baixos, e Curitiba, no Brasil, avaliando desafios, soluções e potencialidades. A hipótese é que a adaptação do modelo às cidades brasileiras pode ser orientada pela aplicação de estratégias como infraestrutura verde, gestão descentralizada das águas e espaços multifuncionais, capazes de aumentar a infiltração, reduzir a impermeabilização, mitigar enchentes, restaurar ambientes e integrar a gestão hídrica ao planejamento urbano, desde que ajustadas às condições locais. Os resultados apontam que há uma viabilidade urbanística, não por replicação direta, mas por meio da leitura crítica e da contextualização das estratégias observadas. As soluções oferecem diretrizes, desde que ajustadas às condições locais, com planejamento urbano, participação social e políticas públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Cidades-Esponja. Infraestrutura verde. Sustentabilidade urbana. Gestão hídrica. Planejamento Urbano.

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa⁴ aborda o conceito de Cidades-Esponja, tendo como tema a viabilidade urbanística do modelo de Cidades-Esponja no contexto das cidades brasileiras, diante dos crescentes desafios urbanos relacionados aos eventos hidrológicos, como enchentes, alagamentos e períodos de escassez de água, torna-se urgente discutir soluções sustentáveis para a gestão hídrica nas cidades. A urbanização acelerada, somada às mudanças climáticas e à deficiência dos sistemas convencionais de drenagem, tem agravado os impactos socioambientais nas áreas urbanas, especialmente no contexto brasileiro. Dados do Atlas Nacional (2024) indicam que, entre 2014 e 2024, os desastres naturais relacionados à água geraram prejuízos de aproximadamente 100 bilhões de reais no Brasil, afetando milhões de

¹ Acadêmico de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAG. Elaborado na disciplina Trabalho de Curso: Qualificação. E-mail: jose.scheid12@outlook.com

² Professor orientador da presente pesquisa. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário FAG - Cascavel-PR. Mestrando em Arquitetura e Urbanismo pela UEM/ UEL. E-mail: thurlorenzos@gmail.com.

³ Professora coorientadora da presente pesquisa. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Londrina - Londrina-PR. Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis-SC. Doutorado em Engenharia de Produção, na área de sistema de produção pela UFSC. E-mail: hitomi.mukai@unioeste.br

⁴O artigo está vinculado à disciplina de Trabalho de Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (TC CAUFAG), inserindo-se na linha de pesquisa Arquitetura e Urbanismo, e ao grupo de pesquisa Estudos e Discussões de Arquitetura e Urbanismo, dando continuidade aos estudos já elaborados por Variza, Schuh e Mukai (2025). Versão preliminar deste artigo submetida ao Congresso NÓS II, atualmente em fase de avaliação.

peessoas e evidenciando a necessidade de modelos urbanos mais resilientes. Diante disso, é essencial aprofundar o estudo sobre o conceito de cidades-esponja, compreendendo sua importância, aplicabilidade e as estratégias necessárias para sua adaptação às realidades locais, fortalecendo o debate sobre soluções baseadas na natureza no contexto nacional.

Nesse cenário, o conceito de Cidades-Esponja ganha destaque, uma abordagem que busca integrar infraestrutura verde, gestão hídrica sustentável e planejamento urbano, com o objetivo de restaurar a capacidade dos ambientes urbanos de absorver, filtrar e reutilizar a água da chuva. O modelo, inicialmente desenvolvido na China, propõe a combinação de soluções naturais e tecnológicas para reduzir os impactos da impermeabilização e das alterações nos ciclos hidrológicos urbanos, contribuindo não só para controlar enchentes, mas também para melhor qualidade de vida e bem-estar urbano. Adota-se como princípio norteador, o seguinte marco teórico:

As mudanças climáticas, a urbanização acelerada e políticas inadequadas de planejamento urbano em muitos países resultaram em problemas relacionados à água urbana, como desastres de enchentes, poluição hídrica e escassez de água (Nguyen *et al.*, 2019, tradução nossa⁵).

Diante desse contexto, o presente trabalho parte do seguinte problema de pesquisa: Como estratégias de gestão hídrica e infraestrutura urbana, adotadas em outros contextos, podem orientar a adaptação do modelo de Cidades-Esponja aos desafios das cidades brasileiras? A hipótese que norteia a pesquisa é que, a adaptação do modelo de Cidades-Esponja às cidades brasileiras pode ser orientada pela aplicação de estratégias como infraestrutura verde, gestão descentralizada das águas e espaços multifuncionais, uma vez que essas soluções permitem aumentar a capacidade de infiltração e retenção da água, reduzir a impermeabilização, mitigar enchentes, promover a restauração ambiental e integrar a gestão hídrica ao planejamento urbano, desde que ajustadas às condições climáticas, institucionais e socioeconômicas locais.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é investigar de que maneira estratégias de gestão hídrica e infraestrutura urbana, adotadas em diferentes contextos, podem orientar a adaptação do modelo de Cidades-Esponja às realidades urbanas brasileiras, considerando os desafios já identificados no país. Para alcançar o objetivo geral deste estudo, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos: I. Analisar as soluções técnicas, institucionais e socioambientais adotadas nas experiências de implantação do modelo de Cidades-Esponja em

⁵ No original: Climate change, rapid urbanization and inappropriate urban planning policies in many countries have resulted in urban water-related problems, such as flooding disasters, water pollution and water shortages.

Wuhan, na China, Rotterdam, nos Países Baixos, e Curitiba no Brasil; II. Avaliar a adequação das estratégias de gestão hídrica e infraestrutura urbana adotadas nos casos nacionais e internacionais analisados frente aos desafios previamente identificados no contexto urbano brasileiro; III. Identificar quais soluções são potencialmente adaptáveis às diferentes realidades urbanas brasileiras, considerando suas especificidades climáticas, socioeconômicas e institucionais; IV. Propor diretrizes gerais que possam orientar a aplicação contextualizada do modelo de Cidades-Esponja no planejamento urbano brasileiro.

Diante dos objetivos propostos, este trabalho está organizado em seções que exploram o tema. Inicialmente, o referencial teórico aborda o conceito de Cidades-Esponja, seus fundamentos e desafios no contexto brasileiro. Na sequência, são analisados os correlatos de Wuhan, na China; Rotterdam, nos Países Baixos; e Curitiba, no Brasil, selecionados por representarem experiências relevantes na aplicação de estratégias alinhadas ao modelo de Cidades-Esponja, em diferentes contextos urbanos e climáticos. Por fim, são apresentadas as análises comparativas, discussões dos resultados e as diretrizes gerais propostas, seguidas das considerações finais. A pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa, com caráter exploratório e comparativo, focando na análise de materiais publicados livros, artigos, documentos oficiais e na análise documental. O objetivo foi identificar estratégias de gestão hídrica e sua viabilidade de adaptação ao contexto brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITO DE CIDADES-ESPONJA

O modelo de Cidades-Esponja surgiu na China como resposta aos impactos da urbanização acelerada desde a década de 1970, que provocou intensa impermeabilização do solo e sobrecarga dos sistemas de drenagem (NGUYEN *et al.*, 2019). Frente a esse cenário, o governo chinês iniciou, em 2014, a implementação do programa Cidades-Esponja, como estratégia para restaurar o equilíbrio hidrológico urbano, integrando infraestrutura verde, gestão hídrica e planejamento urbano (WANG *et al.*, 2018; JIA *et al.*, 2017). O conceito busca transformar as cidades em ambientes de baixo impacto, capazes de captar, filtrar, reter e reaproveitar até 90% da água pluvial anual, além de reduzir ilhas de calor e restaurar o equilíbrio hídrico (NGUYEN *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2017). Seus principais objetivos são o controle de inundações, o reaproveitamento da água, a melhoria da qualidade hídrica e a recuperação de ecossistemas urbanos (JIA *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2018). A estratégia

aplica técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), como telhados verdes, pavimentos permeáveis, jardins de chuva, wetlands, trincheiras de infiltração, valas vegetadas e sistemas de biorretenção (NGUYEN *et al.*, 2019; TANSAR *et al.*, 2024).

As infraestruturas verdes contribuem para o controle hídrico e oferecem benefícios ambientais, sociais e urbanos (BENEDICT e MCMAHON, 2006). Além de mitigar enchentes, promovem conforto térmico, reduzem ilhas de calor e valorizam a paisagem urbana (HOBAN, 2019; MELO *et al.*, 2014). Telhados verdes auxiliam na retenção de água, no isolamento térmico e na redução do escoamento (HOBAN, 2019). Jardins de chuva e *wetlands* favorecem infiltração, retenção e purificação das águas pluviais, além de oferecerem espaços multifuncionais para lazer e bem-estar nas áreas urbanas (MELO *et al.*, 2014; NGUYEN *et al.*, 2019). Pavimentos permeáveis permitem a infiltração e ajudam na recarga dos aquíferos, reduzindo o escoamento superficial nas áreas urbanas (HOBAN, 2019). O conceito de Cidades-Esponja consolida-se como estratégia integrada, que alia gestão hídrica, resiliência climática, qualidade urbana e valorização ambiental, contribuindo diretamente para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, em especial os ODS 6, água potável e saneamento; 11, cidades e comunidades sustentáveis; 13, ação contra a mudança climática; e 15, vida terrestre; (ONU, 2025; JIA *et al.*, 2017).

O conceito de Cidades-Esponja, desenvolvido na China, é uma estratégia de desenvolvimento urbano sustentável, voltada à mitigação de enchentes, redução de ilhas de calor e qualificação dos espaços urbanos, ao transformar a água pluvial em recurso. A partir de soluções de baixo impacto, como telhados verdes e pavimentos permeáveis, promove cidades mais resilientes, integrando gestão ambiental, qualidade urbana e alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2.2 DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO

Apesar dos benefícios, o modelo de Cidades-Esponja enfrenta desafios significativos como resistência institucional, adoção de métodos convencionais, falta de diretrizes técnicas, dificuldades na coordenação entre setores e incertezas sobre custos e manutenção (JIA *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017; CHAN *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2018; NGUYEN *et al.*, 2019). A rigidez dos sistemas urbanos e a limitação das soluções em climas extremos demandam adaptações, não simples replicações (CHAN *et al.*, 2018). Além disso, a durabilidade das infraestruturas depende de manutenção constante e bem planejada, cuja ausência eleva os riscos operacionais e financeiros (LI, *et al.* 2017; CHAN *et al.*, 2018).

No Brasil, os desafios se agravam pelo histórico de urbanização excludente, que empurrou populações vulneráveis às periferias e áreas de risco, acentuando desigualdades no acesso à infraestrutura urbana (MARICATO, 2013; ALVES, 2006). Entre 2014 e 2024, cerca de 54 milhões de brasileiros foram afetados por eventos hidrológicos, como enchentes e deslizamentos (Atlas Digital De Desastres Naturais, 2024). A enchente histórica no Rio Grande do Sul, em 2024, evidencia esse cenário, marcado por impermeabilização excessiva, urbanização desordenada e falhas na gestão das águas (MONTEIRO; ARAÚJO, 2024).

Jia *et al.* (2017) destacam que a implantação das Cidades-Esponja exige soluções adaptadas às realidades locais, desafio ainda maior no Brasil, dada sua diversidade climática (IBGE, *s.d.*). No aspecto econômico, os altos custos de implantação e operação, somados à dificuldade em viabilizar parcerias público-privadas, são entraves relevantes (WANG *et al.*, 2018). Soma-se a isso a necessidade de transformar a percepção social sobre os espaços verdes, superando a ideia de que são responsabilidade exclusiva do poder público e fortalecendo o engajamento comunitário, sobretudo no Sul Global (CILLIERS, 2023).

A implantação das Cidades-Esponja no Brasil requer planejamento alinhado às condições socioambientais, fortalecimento da governança e políticas públicas eficazes. Na China, os custos exigem parcerias público-privadas (JIA *et al.*, 2017), solução viável também no Brasil. No Brasil, o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), a Política Nacional de Defesa Civil (2007) e as Resoluções do CONAMA garantem respaldo legal para ações que priorizam áreas permeáveis, recuperação de APPs, infraestrutura verde e mitigação da ocupação em áreas de risco (PINEO, 2020; BRASIL, 2001; CONAMA, 2012).

A implementação das Cidades-Esponja no Brasil enfrenta complexos desafios, incluindo resistência institucional, falta de coordenação, desigualdades urbanas históricas e adaptação climática. Custos elevados e dificuldades em parcerias público-privadas também são obstáculos. Contudo, a legislação brasileira, como o Estatuto da Cidade, oferece alicerce legal. Superar esses pontos é importante para a segurança e o bem estar populacional frente a eventos hidrológicos extremos.

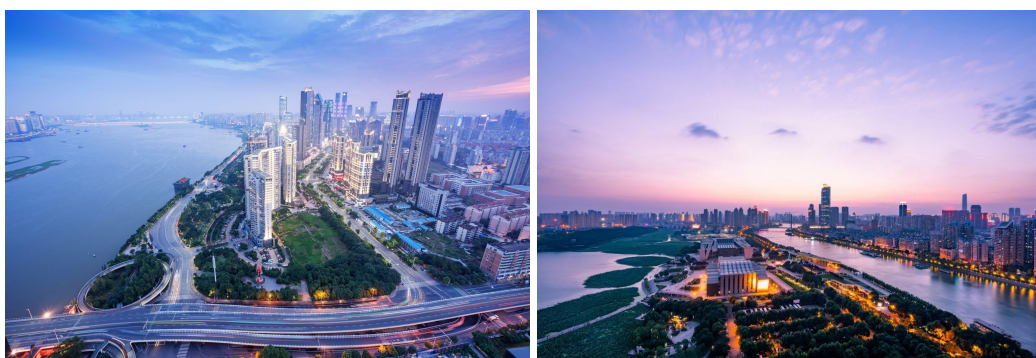
3 CORRELATOS

3.1 WUHAN - HUBEI - CHINA

Wuhan foi uma das trinta cidades selecionadas pelo governo Chines na iniciativa de Cidades-Esponja em 2015 e 2016 (PENG e REILLY, 2021). Como capital da província de

Hubei, conhecida como a cidade dos 100 lagos, localizada na região central da China e conta com uma população de 11 milhões de habitantes, sua vasta rede hídrica composta por 165 rios, 166 lagos, centenas de canais de água e reservatórios, que ocupam 25% da área total do município (PENG e REILLY, 2021). As Figuras 1 e 2 ilustram essa configuração territorial, evidenciando a presença do Rio Yangtze, do Lago Yue e do Rio Han, elementos que não apenas estruturam a paisagem urbana, mas também condicionam os desafios e as soluções adotadas na gestão hídrica local, especialmente diante de eventos extremos.

Figura 1 e 2 - Na esquerda, Rio Yangtze, na direita lago Yue e Rio Hang.



Fonte: Travel Weekly (2020).

Essa complexa configuração hídrica tem exposto Wuhan a desafios significativos, conforme Wu *et al.* (2019) e Zheng *et al.* (2022) destacam. A cidade enfrentou enchentes graves em 1998, a mais impactante em vítimas, e em 2016, com maiores perdas econômicas. Em resposta, a implementação do modelo de Cidades-Esponja em Wuhan, conforme Peng e Reilly (2021), levou à adoção de diversas infraestruturas verdes. Tais medidas incluem células de biorretenção⁶, pavimentos permeáveis, tanques subterrâneos de armazenamento de águas pluviais, estacionamentos permeáveis, jardins de chuva, *wetlands*⁷, *ecological dry creek*⁸ e drenagem ecológica, contribuindo na redução da impermeabilização urbana, melhorando a drenagem, mitigando os alagamentos e poluição de corpos d' água (PENG e REILLY, 2021; DAI *et al.*, *s.d.*; WU *et al.*, 2019). Além disso, Peng e Reilly (2021) e Dai *et al.* (*s.d.*) destacam a criação de áreas recreativas e a restauração de mais de 7.000 poços de chuva e esgotos, complementadas pela instalação de painéis informativos em escolas para promover a conscientização sobre os benefícios e a importância das Cidades-Esponja. O setor tecnológico

⁶ É uma área de solo e vegetação projetada para absorver, filtrar e escoar a água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e tratando poluentes (PENG e REILLY, 2021).

⁷ Em Português: Zonas úmidas.

⁸ Em Português: Córregos secos ecológicos.

de Wuhan, impulsionado pelo projeto, já registrou 58 patentes, desenvolveu softwares especializados e criou linhas de produção para materiais de construção adaptados, fomentando avanços econômicos e tecnológicos (Peng & Reilly, 2021).

A eficácia do modelo é evidenciada por casos concretos, conforme exemplificado por Wu *et al.* (2019). Durante as cheias de 2016, o *Wufengzha Wetland Park*, parque projetado para purificar e reutilizar água, não sofreu nenhum desastre. Já o Lago *East* absorveu 30 milhões de metros cúbicos de chuva em uma semana, aliviando significativamente a pressão sobre a malha urbana em conjunto com as infraestruturas da Cidade-Esponja. Esse controle hídrico também se reflete em uma significativa redução dos prejuízos financeiros causados por desastres. Zheng *et al.* (2022) corroboram, relatando uma queda de 95,6% nos danos financeiros decorrentes de enchentes, atribuída à drenagem sustentável e à restauração dos corpos hídricos da cidade.

O projeto Cidades-Esponja em Wuhan gerou benefícios sociais e econômicos, além dos técnicos. Zhang *et al.* (2018) observaram que os moradores valorizam a redução de enchentes, a melhoria na qualidade de vida e do meio ambiente, e a maioria da população se mostrou disposta a financiar o projeto devido a melhorias em habitabilidade, infraestrutura verde e qualidade do ar. Zhang *et al.* (2018) mencionam que, entre 2016-2017, imóveis em áreas com infraestrutura esponja tiveram valorização superior. Os autores ainda observam que a população tende a aceitar um aumento no valor de seus imóveis para custear a construção de Cidades-Esponja, desde que vinculado a melhorias tangíveis em seu entorno.

A implementação do modelo em Wuhan enfrenta desafios, conforme evidenciado por Dai *et al.* (s.d.) e Peng e Reilly (2021). Estes incluem a imaturidade das Parcerias Público-Privadas (PPPs) para atrair investimentos e gerenciar prazos, bem como o cronograma excessivamente restrito imposto pelo governo central para o planejamento inicial. Os mesmos autores relatam que, a falta de capacitação profissional também resulta em erros construtivos frequentes. Adicionalmente, a integração do programa com outras iniciativas urbanas é complexa, devido à dificuldade de coordenação interdepartamental, baixa participação pública e diretrizes técnicas genéricas que não abordam as especificidades locais.

Além dos desafios já abordados quanto à gestão técnica e institucional, há também fatores relacionados diretamente à percepção social que precisam ser considerados. Nesse sentido, Zheng *et al.* (2022) destacam como um importante desafio na implementação das Cidades-Esponja em Wuhan o baixo nível de conscientização e compreensão da população sobre os objetivos e benefícios do programa, fato que limita significativamente o apoio público essencial à iniciativa. Portanto, fica evidente que os desafios enfrentados na

implementação do modelo de Cidades-Esponja em Wuhan vão muito além das questões técnicas e institucionais, abrangendo também a dimensão social, especialmente relacionada à percepção e ao engajamento público.

3.2 ROTTERDAM - HOLANDA DO SUL - PAÍSES BAIXOS

A peculiaridade geográfica de Rotterdam, com mais de 80% de sua área urbana abaixo do nível do mar, coloca a gestão hídrica no centro de sua resiliência (KHADER, 2021; DOLMAN e VERLINDE, 2024). Segundo Tillie (2017), essa condição resulta de séculos de drenagem de áreas pantanosas, que causou subsidência do solo e à formação de uma "paisagem invertida": os leitos fluviais, estáveis e elevados, contrastam com os polders⁹ rebaixados que circundam a cidade, como pode ser visto na Figura 3. A urbanização acelerada (Khader, 2021) e as mudanças climáticas, que intensificam extremos de precipitação e a elevação do nível do mar (Tillie, 2017), agravaram os desafios. Em resposta, Rotterdam adotou uma abordagem de "viver com a água" (DOLMAN, 2024), consolidada por iniciativas como o *Water Sensitive Rotterdam*¹⁰ (WSR¹¹), lançado em 2015 e o plano diretor de águas subterrâneas de 2019, que fomentaram parcerias e posicionaram a cidade como referência internacional em gestão hídrica (CUSTERS e WILLEMS, 2024).

Figura 3 e 4 - Na esquerda, vista aérea de rotterdam, na direita *Waterplein Benthemplein*.



Fonte: Bacher (2024); De Urbanisten (s.d).

⁹ Partes de terra, muitas vezes abaixo do nível do mar, que foram drenadas ao longo do tempo e são protegidas para a água não invadir (TILLIE, 2017).

¹⁰ Em Português: Rotterdam sensível à água.

¹¹ Iniciativa municipal criada em 2015 com foco em projetos menores e descentralizados de infraestrutura sensível à água, com o objetivo de promover a adaptação climática em escala de bairro. Ele busca envolver atores públicos e privados (CUSTERS e WILLEMS, 2024).

Nos últimos anos, Rotterdam tem se destacado globalmente por soluções sustentáveis, como observam Dolman e Verlinde (2024). Os mesmos afirmam que a estratégia de transformar-se em uma "Cidade-Esponja" busca aumentar a capacidade de absorção de água, integrando planejamento urbano e adaptação climática. Essa abordagem multifacetada, demonstra como a cidade equilibra tradição e inovação para enfrentar seus desafios únicos. Peinhardt (2021) acrescenta que essa abordagem é visível em diversos projetos urbanos já consolidados, tais como as *water squares*¹², praças projetadas especificamente para acumular temporariamente águas das chuvas e reduzir riscos de alagamentos. Um exemplo emblemático desse conceito é a *Waterplein Benthemplein*¹³, que transformou uma praça antes subutilizada em um espaço multifuncional que atua simultaneamente como área pública e sistema de gestão hídrica (Figura 4), ajudando diretamente a mitigar os impactos das tempestades e melhorando a qualidade urbana da região. Segundo Peinhardt (2021), o projeto *Waterplein Benthemplein* exemplifica como a integração entre resiliência física e social pode ser efetivada em espaços públicos. A autora destaca que o desenho e os serviços oferecidos no local contribuíram para sua eficácia como infraestrutura hídrica, ao passo que sua programação e uso social fortaleceram vínculos comunitários e a coesão social, tornando-o um modelo resiliente de valorização e apropriação do espaço urbano.

Hölscher, Frantzeskaki e Loorbach (2018) destacam que, além das praças, Rotterdam investe em infraestruturas como cisternas subterrâneas e faixas de proteção hídrica, promovendo a gestão integrada das águas pluviais. Projetos como o *Dakakkers* - o primeiro jardim multifuncional em cobertura da cidade, que combina proteção contra enchentes com usos comerciais e recreativos - e a criação de mais de 100 hectares de telhados verdes pela cidade, aumentando a permeabilidade e reduzindo ilhas de calor. Os autores apontam que essas ações são viabilizadas pela articulação entre governos locais e órgãos nacionais, abrangendo desde grandes estruturas defensivas, como barreiras marítimas contra tempestades e estruturas criadas para conter o fluxo de água, até medidas locais menores, como corredores verde-azuis e parques elevados com função de defesas contra enchentes.

As estratégias de Rotterdam buscam restaurar o equilíbrio hídrico entre as áreas urbanas e seus entornos, empregando soluções multifuncionais de infraestrutura azul e verde. Essas soluções não só reduzem riscos climáticos, mas também impulsionam o desenvolvimento social e econômico, criando uma cidade mais verde, adaptável e integrada

¹² Em Português: praças d' água.

¹³ Praça em Rotterdam, projetada em 2013 pelo escritório De Urbanisten, que combina gestão de águas com espaço público, com reservatórios para captar a água da chuva e irrigar a vegetação local (URBANISTEN, *s.d*).

(Dolman e Verlinde, 2024). Esse modelo, que otimiza o uso do espaço urbano, reforça o compromisso de Rotterdam com o ODS 11¹⁴ de cidades e comunidades sustentáveis.

Diversas experiências implementadas em Rotterdam ilustram os benefícios ambientais e urbanos proporcionados pela adoção de soluções baseadas na natureza e infraestrutura azul-verde. Graaf e Brugge (2010) apontam que praças de retenção valorizam bairros degradados, promovem reconexão com os sistemas hídricos naturais e reduzem emissões de esgoto nos rios. Além disso, Cea e Costabile (2016) reforçam que o uso crescente de sistemas de drenagem sustentável (SuDS) melhora a capacidade hidráulica das cidades e reduz os impactos do escoamento superficial, promovendo eficiência hídrica e sustentabilidade urbana.

Peinhardt (2021) argumenta que os planos de adaptação urbana costumam negligenciar a importância dos laços sociais na construção de resiliência, sugerindo que o fortalecimento social deveria receber maior atenção nos modelos de resposta às mudanças climáticas. Esse desafio se agrava em áreas densamente urbanizadas, nos quais, conforme Graaf e Brugge (2010), os espaços para retenção hídrica são escassos e caros, exigindo o uso multifuncional do território e governanças colaborativas. Apesar da eficácia das intervenções, Custers e Willems (2024) destacam que seu sucesso depende de substancial apoio financeiro, incluindo recursos externos e nacionais. Khader (2021) adverte ainda que a implementação permanece como o maior obstáculo, já que muitas estratégias globais de resiliência não ultrapassam a fase de planejamento devido a limitações financeiras ou políticas.

Rotterdam evidencia como características geográficas adversas podem impulsionar abordagens urbanísticas inovadoras em gestão hídrica. A adoção de soluções baseadas na natureza e infraestrutura azul-verde não apenas tornou a cidade mais adaptável às mudanças climáticas, mas também gerou benefícios sociais e ambientais significativos. Apesar de desafios financeiros e políticos ainda existentes, as experiências de Rotterdam demonstram a viabilidade e os impactos positivos de estratégias multifuncionais e integradas, oferecendo um importante referencial para a análise de modelos similares em contextos urbanos diversos.

3.3 CURITIBA - PARANÁ - BRASIL

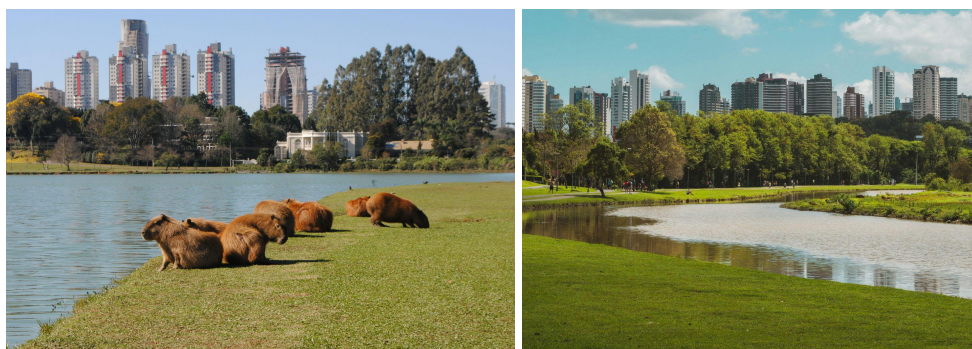
Curitiba evidencia de forma expressiva, os impactos da urbanização desordenada, marcada pela impermeabilização intensiva do solo, canalização de rios e escassez de

¹⁴ ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis. Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (ONU, 2025).

cobertura vegetal. De acordo com Lara *et al.* (2017), esses fatores comprometem o sistema de drenagem tradicional, que já não comporta os volumes de chuva recorrentes, intensificando os alagamentos. Gonçalves e Nucci (2017) reforçam que a falta de áreas livres e vegetadas contribui diretamente para esse quadro, tornando as bacias mais suscetíveis a inundações. Esse panorama é agravado, segundo Buccheri Filho (2012), pela ausência de um planejamento urbano adequado, que negligencia as características específicas do território e a necessidade de preservação de espaços públicos permeáveis. Zanella (2014) destaca que, na Região Metropolitana, a valorização do solo e a segregação socioespacial empurram populações vulneráveis para áreas de risco, como fundos de vale. A autora observa que, em bairros como o Cajuru, moradores de ocupações irregulares convivem com inundações recorrentes, perdas materiais e insegurança, expondo a conexão direta entre exclusão social e fragilidade ambiental no contexto urbano curitibano.

Embora Curitiba apresente exemplos de infraestrutura voltada à contenção de enchentes, como os parques Barigui (Figura 5 e 6) e São Lourenço, utilizados historicamente para mitigar alagamentos em áreas de fundo de vale como apresentados Buccheri Filho (2012), os desafios de integração entre sustentabilidade, urbanismo e gestão hídrica ainda são recorrentes. Zanella (2014) observa que, no bairro Cajuru, medidas como o alargamento do rio Atuba, melhorias na drenagem e a remoção de moradores das áreas de maior risco contribuíram para melhorar as condições de vida da população local, evidenciando o potencial das intervenções urbanas planejadas para reduzir a vulnerabilidade socioambiental.

Figura 5 e 6 - Parque Barigui, Curitiba, Brasil.



Fonte: Harassen (2024); Ferreira (2023).

No entanto, como aponta Carneiro (2021), em algumas áreas de intervenção urbana em Curitiba, embora tenham sido previstos elementos associados às Soluções Baseadas na Natureza (SBNs), como canais abertos e bacias de retenção, prevaleceram soluções

convencionais, como canalização e diques. A falta de integração paisagística e de espaços de convivência afastou a população do ambiente natural, comprometendo a eficácia socioambiental. Esse descompasso entre projeto e execução, segundo a autora, dificulta a aplicação dos princípios das Cidades-Esponja, que demandam soluções integradas, visíveis e inclusivas.

A gestão hídrica sustentável em Curitiba ainda enfrenta diversos desafios estruturais, ambientais e institucionais. Zanella (2014) observa que, apesar das obras de drenagem, áreas em fundos de vale seguem vulneráveis, agravados pela falta de manutenção, assoreamento, lixo e escassez de vegetação, que limita a infiltração e intensifica alagamentos. Também destaca os altos custos das intervenções em áreas de risco, que exigem investimentos em canalizações, desvios de leitos e outras obras de engenharia. Do ponto de vista do planejamento urbano, Buccheri Filho (2012) ressalta que a distribuição de espaços livres e áreas verdes em Curitiba é desigual, refletindo a falta de planejamento sistemático. O autor também observa que muitos dos parques urbanos foram criados por motivações secundárias, sem priorizar desde o início o lazer ou a função ambiental, o que dificulta sua integração plena às estratégias contemporâneas de sustentabilidade urbana.

Apesar dos desafios, Curitiba apresenta avanços com a infraestrutura verde. Buccheri Filho (2012) destaca que parques, inicialmente criados por outros motivos, valorizaram áreas alagadiças, tornando-se essenciais para lazer, estética e ecologia. No mesmo sentido, Carneiro (2021) destaca que intervenções contribuíram para a melhoria da qualidade de vida da população residente, especialmente ao reduzir os riscos de inundações. A autora também ressalta o papel das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na regeneração da vegetação ripária, o que, além de restaurar funções ecológicas locais, representa uma forma de Solução Baseada na Natureza aplicada ao contexto urbano.

Curitiba revela avanços na adoção de infraestruturas verdes, mas ainda enfrenta desafios de manutenção, integração e desigualdade territorial. A eficácia das ações depende de uma abordagem integrada, que considere as especificidades locais. Sua experiência reforça a importância do planejamento articulado à justiça socioambiental para enfrentar os desafios climáticos.

4 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida baseia-se na análise de materiais publicados como livros, artigos científicos e documentos oficiais, recurso metodológico que possibilita reunir

fundamentos teóricos sólidos e aprofundar a compreensão sobre o tema. Adotando também uma abordagem qualitativa, com caráter exploratório e comparativo, voltada à identificação de estratégias de gestão hídrica urbana e à análise de sua viabilidade de adaptação à realidade brasileira (LAKATOS e MARCONI, 2017).

Fundamentada na análise de experiências nacionais e internacionais voltadas à implantação do modelo de Cidades-Esponja, a pesquisa busca compreender como diferentes cidades responderam aos desafios urbanos por meio da aplicação desse conceito. A análise comparativa é um procedimento metodológico que visa examinar dois ou mais objetos com o intuito de identificar semelhanças e diferenças, possibilitando a extração de padrões, estratégias e diretrizes aplicáveis a outros contextos (MARCONI; LAKATOS, 2017). Para isso, foram selecionadas as cidades de Wuhan na China, Rotterdam nos Países Baixos e Curitiba no Brasil.

Esses correlatos foram selecionados por apresentarem contextos urbanos distintos, mas complementares, proporcionando uma compreensão abrangente sobre a implementação do modelo de Cidades-Esponja. Wuhan destaca-se como referência original chinesa, proporcionando um entendimento das técnicas, soluções e dos principais desafios socioambientais enfrentados na implementação. Rotterdam foi incluída devido à sua posição geográfica singular e histórica vulnerabilidade hídrica, sendo reconhecida pela inovação na gestão integrada das águas, com soluções multifuncionais e resiliência adaptativa. Curitiba reflete os desafios típicos brasileiros, tais como urbanização desordenada, vulnerabilidades sociais e ambientais, possibilitando uma análise crítica mais próxima da realidade brasileira quanto às dificuldades e potenciais na aplicação do modelo adaptado ao contexto local. Juntos, esses casos fornecem importantes elementos para avaliar a viabilidade e adaptar o modelo ao contexto brasileiro.

A análise documental também foi utilizada como técnica complementar, que conforme Gil (2008), consiste no levantamento de legislações e políticas públicas voltadas ao planejamento urbano e à sustentabilidade ambiental, como o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) e as resoluções do CONAMA. As análises e discussões foram desenvolvidas com base na comparação entre os casos estudados e os desafios identificados previamente no contexto urbano brasileiro. Para facilitar a compreensão desse comparativo, elaborou-se a Tabela 1, que sintetiza as principais estratégias adotadas, os desafios enfrentados e as possibilidades de adaptação ao contexto urbano brasileiro. O intuito dessa tabela é explicitar de forma clara e objetiva como experiências internacionais e nacionais podem fornecer subsídios práticos para a implementação do modelo de Cidades-Esponja no Brasil. A partir

das categorias analíticas, identifica-se quais elementos têm maior potencial adaptativo e quais condicionantes são necessários para orientar uma aplicação efetivamente contextualizada às realidades urbanas brasileiras

5 ANÁLISES E DISCUSSÕES

As estratégias adotadas por Wuhan, Rotterdam e Curitiba estão alinhadas aos princípios do modelo de Cidades-Esponja, que, segundo Li *et al.* (2017), Wang *et al.* (2018) e Zheng, Duan e Lu (2021), visam restaurar o ciclo hidrológico urbano, integrando infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza. Wuhan aplica uma combinação de *wetlands*, telhados verdes, pavimentos permeáveis e educação ambiental (PENG e REILLY, 2021; WU *et al.*, 2019), com resultados positivos na redução de alagamentos e na melhoria da qualidade urbana. No entanto, enfrenta dificuldades como baixa participação pública, cronogramas rígidos e falhas de coordenação entre setores (PENG e REILLY, 2021; DAI *et al.*, *s.d.*; ZHENG *et al.*, 2022).

Rotterdam se destaca pela criação de *water squares*, telhados verdes e parques elevados multifuncionais (DOLMAN e VERLINDE, 2024; PEINHARDT, 2021), que não apenas gerenciam as águas pluviais, mas também qualificam os espaços urbanos e promovem bem-estar, seguindo os princípios da multifuncionalidade e da integração entre infraestrutura verde e espaço público, mas também depende de forte financiamento e enfrenta barreiras de implementação em áreas densas (CUSTERS e WILLEMS, 2024; KHADER, 2021).

Curitiba adota soluções como parques de contenção, uso de APPs e projetos em fundos de vale (BUCCHERI FILHO, 2012; ZANELLA, 2014), que contribuem para mitigar alagamentos e melhorar a paisagem urbana, mas ainda enfrenta problemas de manutenção, falta de continuidade nos projetos e desigualdade territorial (ZANELLA, 2014; BUCCHERI FILHO, 2012; CARNEIRO, 2021). De modo geral, os três casos analisados confirmam que os fundamentos do modelo de Cidades-Esponja são eficazes na promoção da sustentabilidade urbana, mas exigem planejamento integrado, manutenção contínua e participação social para que seus benefícios sejam alcançados de forma plena.

A Tabela 1 visa sintetizar as estratégias adotadas e os desafios enfrentados nas cidades estudadas, destacando elementos que possam ser adaptados ao contexto urbano brasileiro, oferecendo diretrizes práticas para a implementação contextualizada do modelo de Cidades-Esponja no país.

Tabela 1: Comparativo das estratégias adotadas e desafios enfrentados nos correlatos.

Cidade	Estratégia	Desafios	Possibilidade de adaptação no Brasil
Wuhan	<i>Wetlands</i> urbanas multifuncionais, telhados verdes, pavimentos permeáveis, tanques subterrâneos, jardins de chuva, <i>dry creek</i> e educação ambiental (PENG e REILLY, 2021; DAI <i>et al.</i> , <i>s.d.</i> ; WU <i>et al.</i> , 2019; ZHENG <i>et al.</i> , 2022).	Enchentes severas, baixa conscientização social, dificuldades na gestão integrada e baixa maturidade nas PPPs (PENG e REILLY, 2021; DAI <i>et al.</i> , <i>s.d.</i>).	Adaptável em áreas com rios urbanos e APPs degradadas; exige políticas de educação, engajamento comunitário e integração institucional.
Rotterdam	<i>Water squares</i> , telhados verdes, parques elevados multifuncionais, cisternas subterrâneas, corredores verde-azuis (DOLMAN e VERLINDE, 2024; PEINHARDT, 2021; HÖLSCHER, FRANTZESKAKI e LOORBACH, 2018; GRAAF e BRUGGE, 2010; CUSTERS e WILLEMS, 2024).	Urbanização em áreas abaixo do nível do mar, pouca área permeável e necessidade de forte governança colaborativa (KHADER, 2021; DOLMAN e VERLINDE, 2024).	Inspiração para grandes centros urbanos com baixa permeabilidade, como São Paulo, Rio de Janeiro e outras capitais.
Curitiba	Parques lineares de contenção (Barigui, São Lourenço), uso de APPs, canais a céu aberto, bacias de retenção, projetos em fundos de vale (BUCCHERI FILHO, 2012; ZANELLA, 2014; CARNEIRO, 2021; LARA <i>et al.</i> , 2017; GONÇALVES e NUCCI, 2017).	Urbanização desordenada, ocupações irregulares em áreas de risco, falta de manutenção e desigualdade territorial (ZANELLA, 2014; BUCCHERI FILHO, 2012).	Reforça a necessidade de planejamento sistemático, fortalecimento da manutenção, integração urbana e justiça socioambiental.

Fonte: elaboração dos autores, 2025.

As estratégias adotadas em Wuhan, Rotterdam e Curitiba oferecem caminhos para adaptar o modelo de Cidades-Esponja ao Brasil. Essas experiências mostram que soluções como *wetlands*, telhados verdes, *water squares*, parques lineares e sistemas de drenagem sustentáveis têm viabilidade no contexto nacional, desde que ajustadas às condições locais. Contribuem para o controle de enchentes, requalificação de áreas degradadas e integração entre infraestrutura verde e espaço urbano. Desafios como custos elevados, manutenção contínua, baixa integração institucional e participação social limitada se refletem na realidade brasileira, reforçando que a adoção do modelo exige planejamento articulado, políticas públicas integradas e engajamento comunitário. Portanto, essas experiências comprovam sua viabilidade e apontam diretrizes para aplicação local, tornando o modelo de Cidades-Esponja uma estratégia flexível e promissora para enfrentar os desafios urbanos do Brasil.

Diante disso, apresentam-se diretrizes gerais para orientar a aplicação do modelo de Cidades-Esponja no contexto urbano brasileiro, priorizando a adaptação às especificidades

climáticas, ambientais e socioeconômicas de cada região, priorizando infraestruturas verdes como *wetlands*, telhados verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e parques lineares. Também se destaca a necessidade de integrar a gestão hídrica ao planejamento urbano, ambiental e social, garantindo que os espaços de drenagem sejam multifuncionais e atendam também às demandas de lazer e convivência. Além disso, a participação comunitária e a educação ambiental desempenham um grande papel promovendo conscientização sobre o tema, assim como garantir planos de manutenção e buscar fontes de financiamento, como PPPs e incentivos fiscais, para viabilizar a implementação sustentável do modelo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos desafios urbanos relacionados aos eventos hidrológicos no Brasil, este trabalho analisou como estratégias de gestão hídrica e infraestrutura urbana, aplicadas em diferentes contextos, podem orientar a adaptação do modelo de Cidades-Esponja às realidades brasileiras. A partir da análise do referencial teórico e dos casos de Wuhan, Rotterdam e Curitiba, verificou-se que o modelo oferece soluções viáveis para enfrentar problemas como enchentes, impermeabilização do solo e degradação ambiental. As experiências analisadas demonstram que infraestruturas verdes, como *wetlands*, telhados verdes, parques lineares, pavimentos permeáveis e espaços multifuncionais, são eficazes na gestão hídrica e na qualificação urbana. Contudo, também revelam desafios comuns, como necessidade de manutenção, custos elevados, baixa integração institucional e participação social limitada, desafios igualmente presentes no cenário brasileiro.

A hipótese foi confirmada, indicando que a adaptação do modelo de Cidades-Esponja no Brasil é possível, desde que as soluções sejam ajustadas às condições climáticas, socioeconômicas e institucionais locais. Como resultado, foram propostas diretrizes que reforçam a integração entre gestão hídrica e planejamento urbano, a multifuncionalidade dos espaços, o fortalecimento da educação ambiental, a participação comunitária e modelos adequados de financiamento e manutenção. Conclui-se que o modelo de Cidades-Esponja representa uma estratégia urbanisticamente viável para promover cidades mais sustentáveis e resilientes no Brasil, desde que aplicado de forma contextualizada e integrada. Recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a análise em diferentes realidades regionais, contribuindo para o aprimoramento das práticas e políticas públicas voltadas à gestão sustentável da água nas cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

ALVES, H. P. da F.. **Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais.** *Revista Brasileira de Estudos de População*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.

BACHER, Florian. **Uma vista de uma cidade com uma ponte ao fundo.** Unsplash, 2024. Disponível em: https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-vista-de-uma-cidade-com-uma-ponte-ao-fundo-jYeZ_D1dLh0. Acesso em: 19 maio 2025.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green infrastructure: linking landscapes and communities.** Washington, DC: Island Press, 2006.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resoluções do CONAMA: publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012. Edição Especial.

_____. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Atlas Digital de Desastres Naturais.** Brasília, 2024. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/mapa-interativo.xhtml>. Acesso em: 14 mar. 2025.

_____. Ministério da Integração Nacional. **Política Nacional de Defesa Civil.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2007.

BUCCHERI FILHO, A. T.. **O PLANEJAMENTO DOS PARQUES NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, PR: PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO OU PLANEJAMENTO BASEADO EM UM MODELO OPORTUNISTA?.** *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 206-222, mar. 2012.

CARNEIRO, A. C. M.. **O Rio e a Cidade: Análise de Projetos de Intervenção em Fundo de Vale em Curitiba (BR) e Bragança (PT).** 2021. Dissertação (Mestrado em Administração Autárquica) - Escola Superior de Comunicação, Administração e Turismo, Instituto Politécnico de Bragança.

CEA, L.; COSTABILE, P.. **Flood risk in urban areas: Modelling, management and adaptation to climate change. A review.** *Hydrology*, v. 9, n. 3, p. 1–35, 2022.

CILLIERS, E. J.. **Social perceptions of the value of green spaces: A view from the South.**

CHAN, F. K. S.; GRIFFITHS, J. A.; HIGGITT, D.; XU, S.; ZHU, F.; TANG, Y.; XU, Y.; THORNE, C. R. **“Sponge City” in China — a breakthrough of planning and flood risk management in the urban context.** *International Journal of Water Resources Development*, v. 34, n. 4, p. 755–767, 2018.

CUSTERS, G.; WILLEMS, J. J. **Rotterdam in the 21st century: From 'sick man' to 'capital of cool'.** *Cities*, [s.l.], Elsevier, 2024.

DAI, L.; RIJSWICK, H. F. M. W. van; DRIESSEN, P. P. J.; KEESSEN, A. M. **Governance of the Sponge City Programme in China with Wuhan as a case study.** [S.l.: s.n.], s.d.

DOLMAN, Nanco; VERLINDE, Johan. **Achieving a water-resilient Rotterdam: past, present and future perspectives.** *Blue Papers*, v. 3, n. 1, p. 164–177, maio 2024.

FERREIRA, Mateus. **Um grande corpo d' água cercado por um parque verde exuberante.** Unsplash, 2023. Disponível em: https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-grande-corpo-de-agua-cercado-por-um-parque-verde-exuberante-5s6m7gDf_Mc. Acesso em: 19 maio 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, F. T.; NUCCI, J. C.. **Sistemas de drenagem sustentável (SUDS): propostas para a bacia do Rio Juvevê, Curitiba-PR.** *R. Ra'e Ga*, Curitiba, v. 42, p. 192-209, dez. 2017.

GRAAF, R. De; VAN DER BRUGGE, Rutger. **Transforming water infrastructure by linking water management and urban renewal in Rotterdam.** *Technological Forecasting and Social Change*, v. 77, p. 1282–1291, 2010.

Harassen, M.. **Um rebanho de gado em cima de um campo verde exuberante.** Unsplash, 2024. Disponível em: https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-rebanho-de-gado-em-cima-de-um-campo-verde-exuberante-2z0IN3a4_os. Acesso em: 19 maio 2025.

HOBAN, A.. **Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description.** In: SHARMA, Ashok K.; GRAY, Stephen; DIAPER, Chris; PIMBLETT, Robert (org.). **Approaches to Water Sensitive Urban Design: Principles, Practices and Prospects.** Elsevier, 2019. p. 25-47.

HÖLSCHER, K.; FRANTZESKAKI, N.; LOORBACH, D.. **Steering transformations under climate change: capacities for transformative climate governance and the case of Rotterdam, the Netherlands.** *Regional Environmental Change*, v. 19, p. 791–805, 2019.

IBGE. **Clima e Correntes Marítimas**. Atlas Geográfico Escolar, s.d. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/mundo/2990-dinamica-dos-climas/clima-e-correntes-maritimas.html>. Acesso em: 1 abr. 2025.

JIA, H.; WANG, Z.; ZHEN, X.; CLAR, M.; YU, S. L. **China's Sponge City construction: A discussion on technical approaches**. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, v. 11, n. 4, 2017.

KHADER, M.. **Rotterdam Resilience Strategy**. In: DOUAY, Nicolas; MINJA, Michael (ed.). *Urban Planning for Transitions*. [S.l.]: *ISTE Ltd; John Wiley & Sons*, 2021. p. 1–18.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A.. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LARA, A.; BARBOZA, P.; LACERDA, S. L.; JORDAN, E. N.; CUBAS, S. A.. **IX-094-PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM COM JARDINS DRENANTES. ESTUDO DE CASO - UNIVERSIDADE POSITIVO-CURITIBA-PR**. In: CONGRESSO ABES FENASAN 2017, Curitiba, 2017.

LI, H.; DING, L.; REN, M.; LI, C.; WANG, H.. **Sponge City Construction in China: A Survey of the Challenges and Opportunities**. *Water*, Basel, v. 9, n. 9, p. 594, 2017.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

MELO, T. dos A. T. de; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A.. **Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, dez. 2014.

MONTEIRO, V. L.; ARAÚJO, G. R. M.. **Importância da implementação de cidades-esponja: um estudo do município de São José dos Campos/SP**. *Revista Ciências Exatas*, Taubaté/SP, v. 30, n. 2, 2024. ISSN 1516-2893.

NGUYEN, T.; NGO, H. H.; GUO, W.; WANG, X. C.; REN, N.; LI, G.; DING, J.; LIANG, H.. **Implementation of a specific urban water management - Sponge City**. *Science of the Total Environment*, v. 652, p. 147-162, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. ONU, s.d. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 2 abr. 2025.

PENG, Y.; REILLY, K.. **Using nature to reshape cities and live with water: An overview of the Chinese Sponge City Programme and its implementation in Wuhan**. IUCN European Regional Office, 2021.

PINEO, H.. **Towards healthy urbanism: inclusive, equitable and sustainable (THRIVES) – an urban design and planning framework from theory to praxis.** *Cities & Health*, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 1-19, 2020.

TANSAR, H.; LI, F.; ZHENG, F.; DUAN, H.. **A critical review on optimization and implementation of green-grey infrastructures for sustainable urban stormwater management.** *AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, Londres, v. 73, n. 6, p. 1135–1150, 2024.

TILLIE, N.. **Redesigning urban water systems and exploring synergies: Lessons from an urban planning perspective on the ‘Rotterdam Water City 2035’ vision and follow ups 2005–2016.** *Eco Web Town*, n. 16, v. II, p. 58–69, 2017.

TRAVEL WEEKLY. **New study puts Wuhan at top of Chinese travellers’ wish lists.** *Travel Weekly*, 4 maio 2020. *Travel Weekly*. Disponível em: <https://travelweekly.com.au/new-study-puts-wuhan-at-top-of-chinese-travellers-wish-lists/>. Acesso em: 19 abr. 2025.

URBANISTEN, De. **Watersquare Benthemplein.** *s.d.* Disponível em: <https://www.urbanisten.nl/work/benthemplein>. Acesso em: 21 maio 2025.

VARIZA, José Augusto Scheid; SCHUH, Arthur Lorenzo; MUKAI, Hitomi. **FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: VIABILIDADE URBANÍSTICA DA IMPLANTAÇÃO DO MODELO DE CIDADES-ESPONJA NO BRASIL.** Cascavel: Centro Universitário FAG, no prelo.

WANG, H.; MEI, C.; LIU, J.; SHAO, W.. **A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city.** *Science China Technological Sciences*, v. 61, p. 317–329, 2018.

WU, H.; CHENG, W.; SHEN, S.; LIN, M.; ARULRAJAH, A.. **Variation of hydro-environment during past four decades with underground sponge city planning to control flash floods in Wuhan, China: An overview.** *Underground Space*, v. 4, n. 1, p. 1–17, 2019.

ZANELLA, M. E.. **Inundações em Curitiba: Impactos, Risco e Vulnerabilidade Socioambiental.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 194 p. (Estudos da Pós-Graduação)

ZHANG, S.; ZEVENBERGEN, C.; RABÉ, P.; JIANG, Y.. **The influences of sponge city on property values in Wuhan, China.** *Water*, v. 10, n. 6, p. 766, jun. 2018.

ZHENG, S.; TANG, Y.; CHAN, F. K. S.; CAO, L.; SONG, R.. **The demographic implication for promoting sponge city initiatives in the Chinese megacities: A case of Wuhan.** *Water*, v. 14, n. 6, 2022.