

Da impermeabilização à resiliência urbana: um estudo comparativo entre a drenagem urbana de Goiânia e as estratégias de Smart Cities e Cidades-Esponja no cenário global

From impermeabilization to urban resilience: a comparative study between urban drainage in Goiânia and Smart City and Sponge City strategies in the global context

Andreza Karlla de Souza Correa¹

Amanda Beatriz Albernaz de Araújo²

Ísis de Araújo dos Santos³

Resumo

Este estudo analisa os desafios da drenagem urbana em Goiânia e investiga como experiências internacionais de Cidades-Esponja e Smart Cities podem contribuir para o aprimoramento da gestão das águas pluviais. A pesquisa possui natureza qualitativa, com abordagem exploratória e descritiva, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental e comparação temática. Foram examinadas as diretrizes previstas no Plano Diretor de Goiânia e comparadas com experiências internacionais desenvolvidas em Wuhan, na China, e em Singapura. Os resultados evidenciam que, embora Goiânia possua instrumentos normativos voltados à ampliação da permeabilidade urbana e ao controle do escoamento superficial, ainda existem dificuldades relacionadas à implementação efetiva dessas medidas. Em Wuhan, observou-se que a adoção do modelo de Cidade-Esponja contribuiu para a redução significativa dos pontos de alagamento e para o aumento da resiliência urbana frente a eventos extremos de precipitação. Em Singapura, verificou-se que a integração entre tecnologias digitais, monitoramento ambiental e gestão dos recursos hídricos fortaleceu a eficiência dos serviços urbanos e a capacidade de resposta a riscos ambientais. Dessa forma, as experiências analisadas demonstram a importância da integração

¹ Centro Universitário FacUnicamps - Goiânia – Goiás, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2168-0035>

² Centro Universitário FacUnicamps - Goiânia - Goiás, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0376-6402>

³ Universidade Federal de Roraima - Boa Vista - Roraima, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7193-8704>

entre soluções baseadas na natureza, tecnologias de monitoramento e planejamento urbano, fornecendo subsídios para a reflexão sobre possíveis estratégias de aprimoramento da gestão das águas pluviais em Goiânia.

Palavras-Chave: Drenagem urbana; Cidades-Esponja; Smart Cities; Infraestrutura verde; Gestão das águas pluviais.

Abstract

This study analyzes the challenges of urban drainage in Goiânia and investigates how international experiences with Sponge Cities and Smart Cities can contribute to improving stormwater management. The research is qualitative in nature, with an exploratory and descriptive approach, based on a literature review, document analysis, and thematic comparison. The guidelines established in Goiânia's Master Plan were examined and compared with international experiences developed in Wuhan, China, and Singapore. The results indicate that, although Goiânia has regulatory instruments aimed at increasing urban permeability and controlling surface runoff, challenges remain regarding the effective implementation of these measures. In Wuhan, the adoption of the Sponge City model contributed to a significant reduction in flood-prone areas and increased urban resilience to extreme rainfall events. In Singapore, the integration of digital technologies, environmental monitoring, and water resource management enhanced the efficiency of urban services and the capacity to respond to environmental risks. Therefore, the experiences analyzed highlight the importance of integrating nature-based solutions, monitoring technologies, and urban planning, providing insights for the discussion of possible strategies to improve stormwater management in Goiânia.

Keywords: Urban drainage; Sponge Cities; Smart Cities; Green infrastructure; Stormwater management.

1 Introdução

Em 18 de maio de 1933, por meio do Decreto Estadual nº 3.359, foi oficialmente definido o local que, anos mais tarde, seria conhecido como “capital verde” do Brasil. Planejada pelo arquiteto Attilio Corrêa Lima sob os princípios do urbanismo moderno (DINIZ, 2016), Goiânia destacou-se desde sua origem pelo planejamento territorial voltado à conciliação entre desenvolvimento urbano e qualidade ambiental, evidenciado na criação de praças, parques, jardins e espaços arborizados destinados à preservação dos recursos naturais e ao equilíbrio socioambiental (OLIVEIRA; BEKER; DOMINGOS, 2019). Em 2026, a cidade foi classificada como a 6ª capital com melhor qualidade de vida entre as 27 capitais brasileiras, segundo levantamento divulgado pelo Índice de Progresso Social (IPS Brasil) (RIBEIRO, 2026).

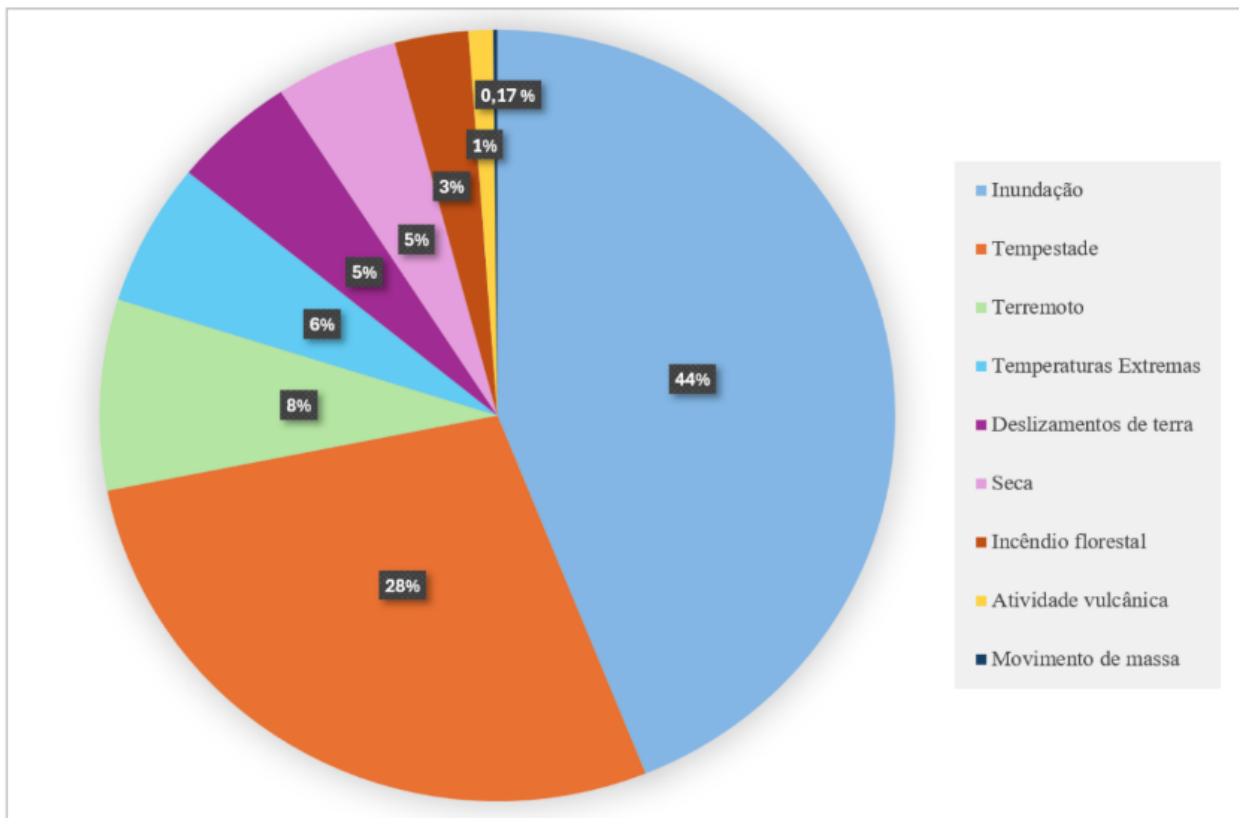
Entretanto, apesar de sua concepção urbanística originalmente planejada e de seus indicadores positivos de qualidade de vida, atualmente Goiânia enfrenta desafios relacionados à

infraestrutura urbana, especialmente com relação à drenagem pluvial e ao aumento da ocorrência de inundações. Conforme destacam Cunha e Borges (2015), a Região Metropolitana da cidade vem apresentando um contínuo avanço da urbanização nas últimas décadas, marcado pelo aumento da densidade construtiva, expansão da malha urbana, ocupação irregular do território e intervenção sobre áreas ambientalmente sensíveis. Essas transformações contribuem para a impermeabilização do solo e para alterações na dinâmica do escoamento superficial, reduzindo a infiltração natural das águas pluviais e aumentando a frequência de eventos de inundação (AMARAL; ROSS, 2025).

Como consequência, os problemas relacionados à drenagem urbana têm afetado diferentes regiões de Goiânia, expondo fragilidades na gestão hídrica e na capacidade de resposta da infraestrutura existente. Registros da Defesa Civil apontam que as ocorrências de alagamentos na capital aumentaram 27,7% entre 2023 e 2025, com eventos distribuídos em diferentes setores de Goiânia (FINOTTI, 2025). Em 2026, um estudo identificou 120 áreas de risco geo-hidrológico no município, das quais 54 estão associadas a alagamentos e enxurradas, afetando aproximadamente 4 mil pessoas residentes em áreas vulneráveis (G1 GOIÁS, 2026). No mesmo ano, episódios de chuva intensa provocaram o bloqueio de importantes vias urbanas na capital, como a Avenida Goiás Norte e a Marginal Botafogo, comprometendo a mobilidade da população e o funcionamento da infraestrutura da cidade (CNN BRASIL, 2026).

Os desafios observados em Goiânia refletem uma problemática recorrente em diversas regiões do mundo. O crescimento acelerado das áreas urbanizadas ao longo do século XXI, associado à impermeabilização do solo e às alterações nos padrões de precipitação (IPCC, 2023), tem contribuído para o aumento da frequência e da intensidade das inundações urbanas em escala global. Segundo o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR), as inundações representaram aproximadamente 44% de todos os desastres naturais registrados no mundo entre 2000 e 2019, configurando-se como o evento hidrológico de maior ocorrência no período (UNDRR; CRED, 2020) (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição percentual dos desastres naturais globais (2000-2019).



Fonte: Adaptado de UNDRR e CRED (2020).

Além disso, estimativas mundiais indicam que aproximadamente 1,81 bilhão de pessoas, o equivalente a 23% da população global, vivem em áreas expostas a riscos significativos de inundação. Entre as regiões mais afetadas destacam-se o Leste Asiático e o Pacífico, com cerca de 668 milhões de pessoas expostas, e o Sul da Ásia, com aproximadamente 576 milhões (RENTSCHLER; SALHAB; JAFINO, 2022). Em decorrência desse cenário, cidades e governos ao redor do mundo passaram a adotar estratégias voltadas à redução dos riscos hidrológicos e ao fortalecimento da resiliência urbana, por meio de soluções alinhadas aos processos naturais de drenagem e infiltração da água.

Entre as soluções que vêm sendo implementadas destacam-se os modelos de Cidades Esponja e Smart Cities, que representam alternativas promissoras para enfrentar desafios contemporâneos relacionados à drenagem urbana e à sustentabilidade das cidades. Embora possuam características distintas, essas abordagens buscam ampliar a capacidade das cidades de lidar com eventos extremos por meio de estratégias voltadas à recuperação de funções hidrológicas comprometidas pela urbanização, ao manejo sustentável das águas pluviais e ao uso de ferramentas de

monitoramento e planejamento mais eficientes (NGUYEN et al., 2019; FOGEIRO, 2019; LEMOS, 2013). Para isso, recorrem tanto a soluções baseadas na natureza, capazes de favorecer a infiltração, retenção e aproveitamento da água pluvial quanto a tecnologias que auxiliam o controle e a gestão dos sistemas urbanos.

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo entre a drenagem urbana de Goiânia e as estratégias de Cidades-Esponja e Smart Cities adotadas no cenário global, analisando suas principais características, potenciais contribuições e aplicações para a promoção da resiliência urbana frente aos desafios relacionados às inundações e à gestão das águas pluviais na capital de Goiás.

2 Revisão da Literatura

Diante dos eventos hidrológicos e dos problemas de drenagem observados na cidade de Goiânia, surge cada vez mais a necessidade de implementação de novos modelos de manejo de águas que visem à melhoria na gestão dos recursos hídricos existentes no município. Nesse contexto, a definição de Cidades-Esponja se apresenta como solução viável de implantação, visto que sua sistemática, diferente dos modelos convencionais de drenagem (que priorizam o rápido escoamento das águas pluviais por galerias e canais de concreto), propõe uma convivência mais equilibrada entre urbanização e ciclo hidrológico.

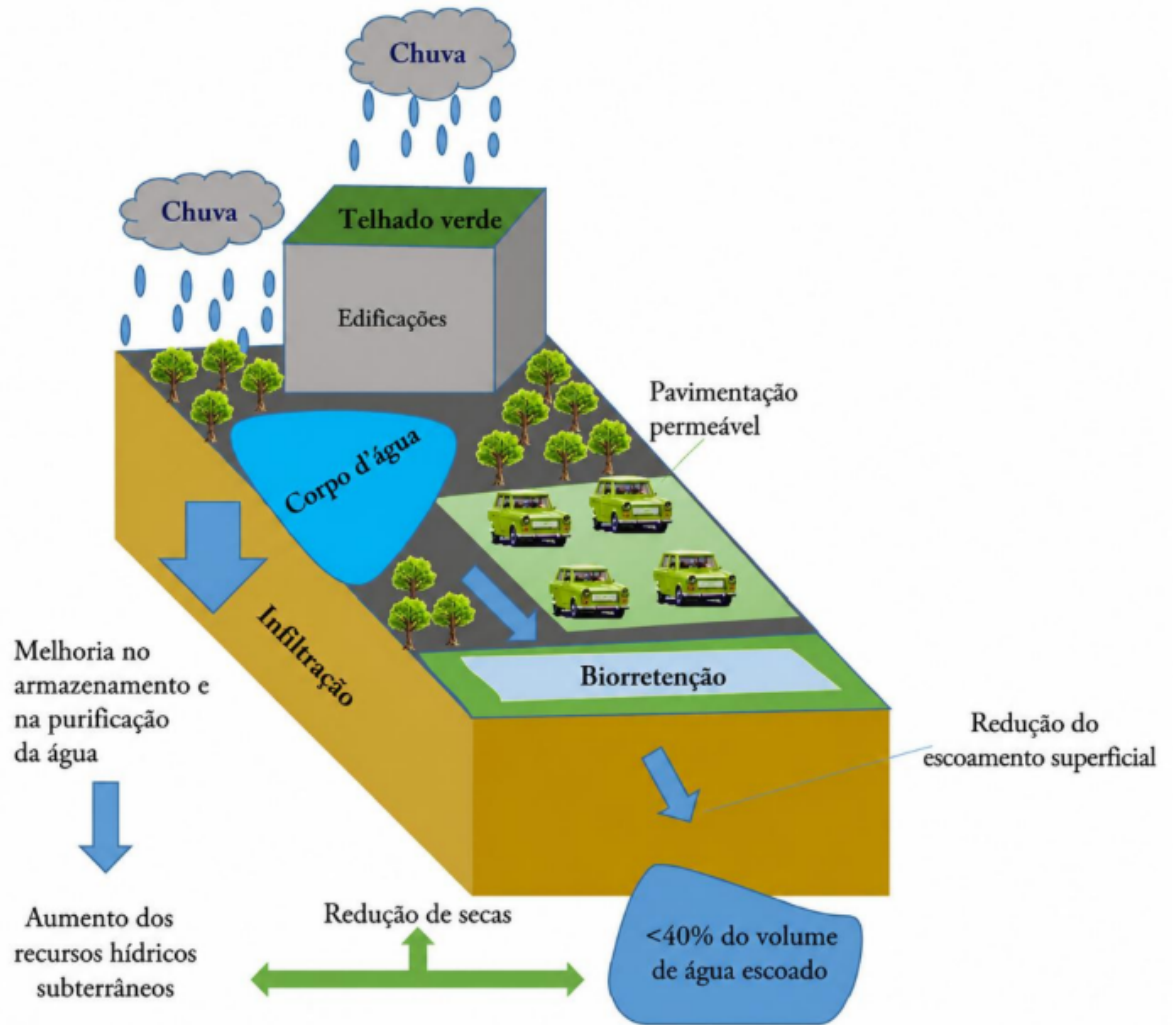
O conceito de Cidade-Esponja ganhou destaque inicialmente na China, após episódios recorrentes de enchentes em grandes centros urbanos, gerando a necessidade de encontrar uma solução que respeitasse o ciclo natural da água e, simultaneamente, atendessem ao problema existente. Segundo Nguyen et al. (2019), existem 4 principais conceitos que embasam o sistema de Cidades-Esponja, sendo eles: absorção e armazenamento da água da chuva, gestão ecológica da água, uso de infraestrutura verde e pavimentos permeáveis.

Com base nesses princípios, esse modelo de manejo de águas se mostra extremamente eficaz no combate às consequências que a urbanização acelerada e o excesso de impermeabilização trazem às grandes cidades. Fogueiro (2019) cita alguns benefícios, dentre os quais se destacam melhor qualidade de água, maior quantidade de água limpa, redução dos riscos de inundação e menor carga para os sistemas de drenagem.

Na prática, trata-se de um conjunto de soluções urbanas sustentáveis integradas (Figura 2), das quais as mais comuns são:

- I. Telhados verdes: Os telhados verdes podem ser compreendidos como sistemas instalados sobre coberturas planas ou inclinadas, formados por camadas como manta, substrato e vegetação, cuja função é oferecer benefícios ambientais, sociais e econômicos, incluindo isolamento térmico e acústico, incremento da biodiversidade e redução do escoamento superficial, conforme descrito por Jobim (2013).
- II. Pavimentos permeáveis: São estruturas que permitem a infiltração da água da chuva, reduzindo tanto o volume do escoamento superficial quanto os picos de cheia, ao direcionar a água para um reservatório de brita sob a superfície (VIRGILIIS, 2009).
- III. Jardins de chuva: Jardins de chuva são áreas rebaixadas e vegetadas que recebem a água da chuva, permitindo que ela infiltre no solo enquanto retém impurezas e sedimentos. Segundo Nguyen et al. (2019), esses sistemas são formados por diferentes camadas funcionais, como drenagem, transição, zona saturada, meio filtrante e retenção, que são organizadas conforme as características do local.
- IV. Parques alagáveis: São apresentados como soluções baseadas na natureza capazes de armazenar temporariamente o escoamento pluvial, reduzindo riscos de inundação e contribuindo para cidades mais resilientes ao clima, conforme discutido por Martín Muñoz et al. (2024).

Figura 2 - Esquema de funcionamento de uma Cidade-Esponja.



Fonte: Adaptado de Nguyen et al. (2019).

Nesse contexto, o modelo de Cidades-Esponja busca promover a reconexão entre cidade e ciclo hidrológico, ampliando a capacidade adaptativa frente a eventos extremos, reduzindo a pressão sobre sistemas convencionais de drenagem e fortalecendo a resiliência urbana. Assim, a incorporação articulada dessas estratégias não apenas mitiga riscos de inundação, mas também contribui para a construção de paisagens urbanas multifuncionais, capazes de aliar desempenho hidrológico, qualidade ambiental e bem-estar social.

À medida que estratégias como as Cidades-Esponja demonstram a importância de integrar processos naturais ao planejamento urbano, emerge um segundo eixo fundamental para a transformação das metrópoles contemporâneas: o das cidades inteligentes. Esse modelo propõe a articulação entre infraestrutura física, tecnologias digitais e gestão orientada por dados, com o

objetivo de otimizar serviços públicos, aprimorar a eficiência operacional e promover maior qualidade de vida. Pode-se afirmar que as cidades só podem ser consideradas inteligentes quando dispõem de funções capazes de integrar e sintetizar grandes volumes de dados, utilizando essas informações para aprimorar a eficiência urbana, promover maior equidade, fortalecer a sustentabilidade e elevar a qualidade de vida da população (BATTY et al., 2012).

Segundo Lemos (2013, p. 48), “cidades inteligentes são compostas por processos sensíveis ao contexto, lidando com um gigantesco volume de dados, redes em nuvem e comunicação entre diversos objetos”. Mais do que usar tecnologias isoladas, esse modelo entende a cidade como um sistema vivo, conectado e capaz de responder rapidamente às necessidades da população. Ele permite prever demandas, acompanhar o que acontece no espaço urbano em tempo real e apoiar decisões mais precisas. A urbanização rápida, quando não é planejada de forma sustentável, cria problemas estruturais que entram em choque com a proposta das Smart Cities.

Mesmo com tecnologias avançadas, a falta de gestão adequada dos recursos naturais (como água, energia e áreas verdes) gera escassez, sobrecarga dos sistemas urbanos e maior vulnerabilidade ambiental. Segundo Glasmeier e Christopherson (2015), as Smart Cities não devem ser entendidas apenas como locais onde novas tecnologias surgem, mas sim como espaços que recebem essas inovações e se tornam o foco principal de suas aplicações. Dessa forma, a cidade só se torna realmente inteligente quando integra inovação tecnológica com práticas sustentáveis que garantem equilíbrio ecológico e qualidade de vida.

Para sustentar a tese de que uma cidade inteligente deve apresentar um conjunto específico de características, diversas instituições ao redor do mundo desenvolvem estudos contínuos para monitorar o avanço desse modelo urbano. Desde 2014, o IESE Business School, por meio do IESE Cities in Motion Index (CIMI), avalia quais atributos são indispensáveis para que uma cidade seja reconhecida como smart city. O instituto organiza essa avaliação a partir de nove indicadores essenciais, que servem como referência internacional para compreender o desempenho e o nível de inteligência urbana de cada localidade, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Índice IESE Cities in Motion.



Fonte: Adaptado de IESE Business School (2025).

Ainda, de acordo com o Smart City Expo World Congress (2026), um dos principais eventos internacionais dedicados ao tema, os pilares centrais das Smart Cities são estruturados em sete grandes eixos temáticos, sendo eles:

- I. **Tecnologias Habilitadoras**: Foca nas tecnologias que sustentam o funcionamento das cidades inteligentes, como IA, conectividade avançada, plataformas digitais e sistemas de dados. O desafio é garantir que essas tecnologias sejam implementadas de forma ética, segura e acessível.
- II. **Energia e Meio Ambiente**: Aborda a transição energética, a adaptação climática, a economia circular e as infraestruturas baseadas na natureza. O objetivo é criar cidades resilientes, com sistemas energéticos limpos e gestão ambiental eficiente.
- III. **Mobilidade**: Explora novas formas de deslocamento urbano: micromobilidade, transporte

compartilhado, eletrificação, logística de última milha e gestão de tráfego baseada em dados. A meta é reduzir congestionamentos e emissões.

IV. Governança e Economia: Trata da modernização das instituições públicas, da economia digital, de modelos inovadores de financiamento e da colaboração entre setores. Busca fortalecer a governança e promover crescimento econômico sustentável.

V. Vida e Inclusão: Enfatiza o bem-estar social, a inclusão digital, o acesso equitativo a serviços e a criação de espaços urbanos centrados nas pessoas. Prioriza cidades mais humanas, seguras e culturalmente vibrantes.

VI. Infraestrutura e Construção: Discute a transformação do setor de construção, habitação acessível, regeneração urbana e tecnologias para edificações inteligentes. O foco é construir cidades mais sustentáveis e inclusivas.

VII. Economia Azul: Relaciona-se ao uso sustentável dos recursos oceânicos e costeiros. Destaca a necessidade de proteger ecossistemas marinhos e desenvolver atividades econômicas resilientes ligadas ao mar.

Esses eixos orientam a construção de cidades mais eficientes, sustentáveis e centradas nas pessoas, servindo como referência global para o desenvolvimento de políticas urbanas inovadoras. Ao sintetizar os principais desafios e oportunidades do ambiente urbano contemporâneo, eles oferecem um caminho estruturado para que gestores, pesquisadores e a sociedade compreendam como a tecnologia, a governança e a sustentabilidade podem atuar de forma integrada.

Logo, como afirma a UNCRD (2022, p. 19),

“Há um processo essencial a ser realizado antes de iniciar um programa de Cidade Inteligente. Isso envolve uma análise cuidadosa de todos os pré requisitos necessários - ou seja, das condições ou atributos que precisam estar presentes para que um projeto de Smart City seja bem-sucedido.”

3 Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e descritiva, fundamentado em revisão bibliográfica, análise documental e análise comparativa de caráter temático (PRODANOV; FREITAS, 2013). O estudo buscou compreender os desafios relacionados à drenagem urbana de Goiânia, especialmente quanto à

impermeabilização do solo, ao escoamento pluvial e à implementação das diretrizes previstas no Plano Diretor municipal, relacionando-os a experiências internacionais de Cidades-Esponja e Smart Cities voltadas à gestão das águas pluviais.

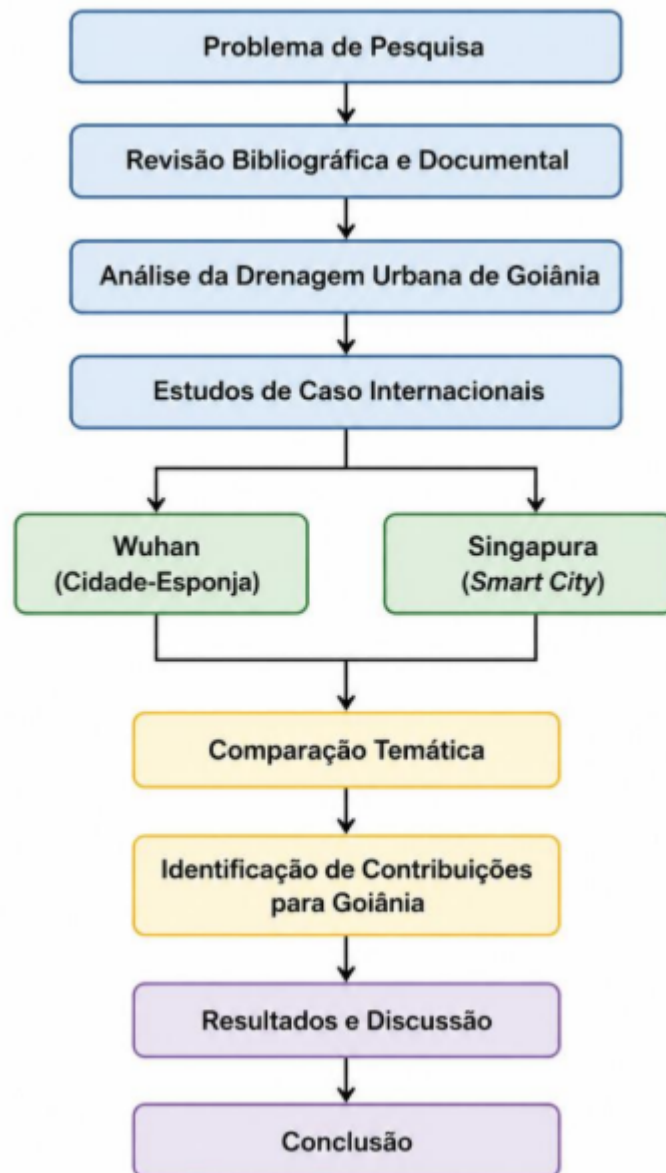
Os procedimentos metodológicos envolveram o levantamento, a seleção e a análise de artigos científicos, trabalhos publicados em anais de eventos, documentos legais, relatórios institucionais, publicações de organismos nacionais e internacionais, índices urbanos e reportagens jornalísticas. Esses materiais foram selecionados por sua relação com os temas drenagem urbana, impermeabilização do solo, gestão das águas pluviais, infraestrutura verde, soluções baseadas na natureza, Cidades-Esponja e Smart Cities. No caso de Goiânia, foram considerados documentos como a Lei Complementar nº 349/2022, que institui o Plano Diretor municipal, além de publicações técnicas e jornalísticas utilizadas para contextualizar os desafios locais relacionados aos alagamentos, à infraestrutura de drenagem, à permeabilidade urbana e à implementação de sistemas alternativos.

A etapa comparativa consistiu na identificação e análise das principais diretrizes, instrumentos e soluções associadas aos modelos de Cidades-Esponja e Smart Cities descritos na literatura. Para isso, foram selecionados dois exemplos internacionais: Wuhan, na China, por sua experiência na aplicação do modelo de Cidade-Esponja em áreas urbanas sujeitas a inundações (PENG; REILLY, 2021); e Singapura, por sua trajetória como Smart City, marcada pelo uso de tecnologias digitais, monitoramento urbano e gestão unificada dos recursos hídricos (TAN; SETIAWAN; ANELA, 2024). A escolha desses casos permitiu observar, em diferentes contextos, como princípios relacionados à retenção, infiltração, infraestrutura verde, produção de dados técnicos, monitoramento ambiental e planejamento urbano podem ser incorporados à gestão das águas pluviais.

A análise dos dados foi realizada por meio de interpretação qualitativa e comparação temática entre os problemas identificados na drenagem urbana da capital goiana e as estratégias adotadas nos casos internacionais analisados. Foram considerados aspectos como previsão normativa, capacidade de implementação, financiamento, manutenção, fiscalização, produção de informações técnicas, uso de infraestrutura verde, sistemas de monitoramento e aplicação territorial das soluções. Essa comparação teve como finalidade identificar possíveis contribuições dos modelos de Cidades-Esponja e Smart Cities para o aprimoramento da gestão das águas pluviais em Goiânia, especialmente no que se refere à passagem de ações pontuais para estratégias articuladas em escala municipal. A Figura 4 sintetiza o percurso metodológico da pesquisa, apresentando as etapas que orientaram a análise e a comparação entre Goiânia, Wuhan

e Singapura.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: Elaboração própria.

4 Resultados e Discussão

4.1 Goiânia: planejamento existente e desafios de implementação

No campo da drenagem urbana, o Plano Diretor de Goiânia vigente demonstra que o município já dispõe de diretrizes normativas voltadas ao enfrentamento dos problemas relacionados ao escoamento pluvial e à impermeabilização do solo. A Lei Complementar nº 349/2022 prevê, no âmbito do Subprograma de Drenagem Urbana, a elaboração e implementação

do Plano Diretor de Drenagem Urbana em caráter urgente e prioritário na Macrozona Construída, além da criação de cadastro digital do sistema de drenagem, da conservação das galerias pluviais, da adoção de soluções de drenagem de menor impacto em estacionamentos abertos e da promoção do aumento da permeabilidade da malha urbana por meio de técnicas sustentáveis, mecanismos de incentivo e fiscalização (GOIÂNIA, 2022).

Além disso, a legislação municipal também contempla medidas que dialogam com princípios associados à gestão das águas pluviais e às soluções baseadas na natureza. Isso se observa na previsão de sistemas de retenção, detenção e/ou infiltração de águas pluviais em novos loteamentos e reloteamentos, com a finalidade de contribuir para a recarga dos aquíferos e reduzir os impactos sobre a malha viária e os cursos d'água (GOIÂNIA, 2022). Desse modo, o Plano Diretor incorpora instrumentos compatíveis com uma lógica de controle do escoamento superficial, ampliação da infiltração e redução da pressão sobre a infraestrutura convencional.

Apesar desses avanços, a legislação também apresenta diretrizes que podem gerar efeitos contraditórios em relação aos seus objetivos de sustentabilidade hídrica. A Lei Complementar nº 349/2022 estabelece as Áreas Adensáveis (AA), destinadas à concentração do crescimento urbano em regiões dotadas de infraestrutura. Ao mesmo tempo, como já exposto, prevê ações voltadas ao aumento da permeabilidade da malha urbana e à adoção de técnicas sustentáveis de drenagem (GOIÂNIA, 2022). Essa coexistência evidencia uma tensão interna do instrumento de planejamento, pois o incentivo ao adensamento, quando não acompanhado de mecanismos restritivos ou compensatórios, pode intensificar a impermeabilização do solo justamente nas áreas já estruturadas e densamente ocupadas.

O Setor Bueno, inserido em parte na classificação de Área Adensável (AA) prevista pelo Plano Diretor de Goiânia, constitui um exemplo representativo desse conflito entre desenvolvimento urbano e sustentabilidade ambiental. Segundo estudo desenvolvido pelo Instituto Federal de Goiás, apenas 12% da área total do bairro possui permeabilidade, enquanto 88% de seu território encontra-se coberto por superfícies impermeáveis, como asfalto, calçadas e telhados (IFG, 2024). Diante desse cenário, a manutenção de possibilidades de adensamento em áreas como a do Setor Bueno, já altamente impermeabilizadas, revela-se contraditória aos objetivos de ampliação da permeabilidade urbana previstos na própria legislação.

Além das tensões internas do Plano Diretor, a efetividade das medidas voltadas à drenagem urbana também depende de sua implementação, uma vez que a existência dessas disposições normativas não garante, por si só, sua materialização no território. A persistência de

alagamentos, enxurradas e bloqueios viários mesmo após a instituição do Plano Diretor pela Lei Complementar nº 349/2022 sugere que, embora essas medidas estejam formalmente previstas, sua concretização ainda encontra obstáculos de natureza burocrática e institucional (FINOTTI, 2025; G1 GOIÁS, 2026; CNN BRASIL, 2026). Nesse contexto, Viana (2026) aponta como principais entraves a morosidade administrativa, os entraves registrais, as limitações orçamentárias e as tensões entre técnica e política no município.

Essa dificuldade de implementação também se relaciona a características estruturais da própria gestão da drenagem urbana. No contexto brasileiro, Marins, Fonseca e Assunção (2024) apontam que os sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais frequentemente permanecem pouco visíveis na agenda pública, em razão de fatores como infraestrutura subterrânea, inserção no ambiente construído, dificuldades de regulação e cobrança, deficiência de cadastros técnicos, escassez de equipes especializadas e fragilidade dos mecanismos de financiamento. Em Goiânia, a limitação financeira também se manifesta na adoção de sistemas alternativos de drenagem. Segundo Finotti (2025), projetos-piloto em parques e áreas públicas, bem como experiências no Setor Sul envolvendo pavimentos permeáveis e jardins de chuva, apresentaram resultados positivos na redução do escoamento superficial durante eventos de chuvas intensas. Contudo, tais iniciativas ainda não alcançaram abrangência suficiente para modificar amplamente a lógica da drenagem urbana municipal devido à insuficiência de investimentos e à necessidade de maior incorporação ao planejamento urbano (FINOTTI, 2025).

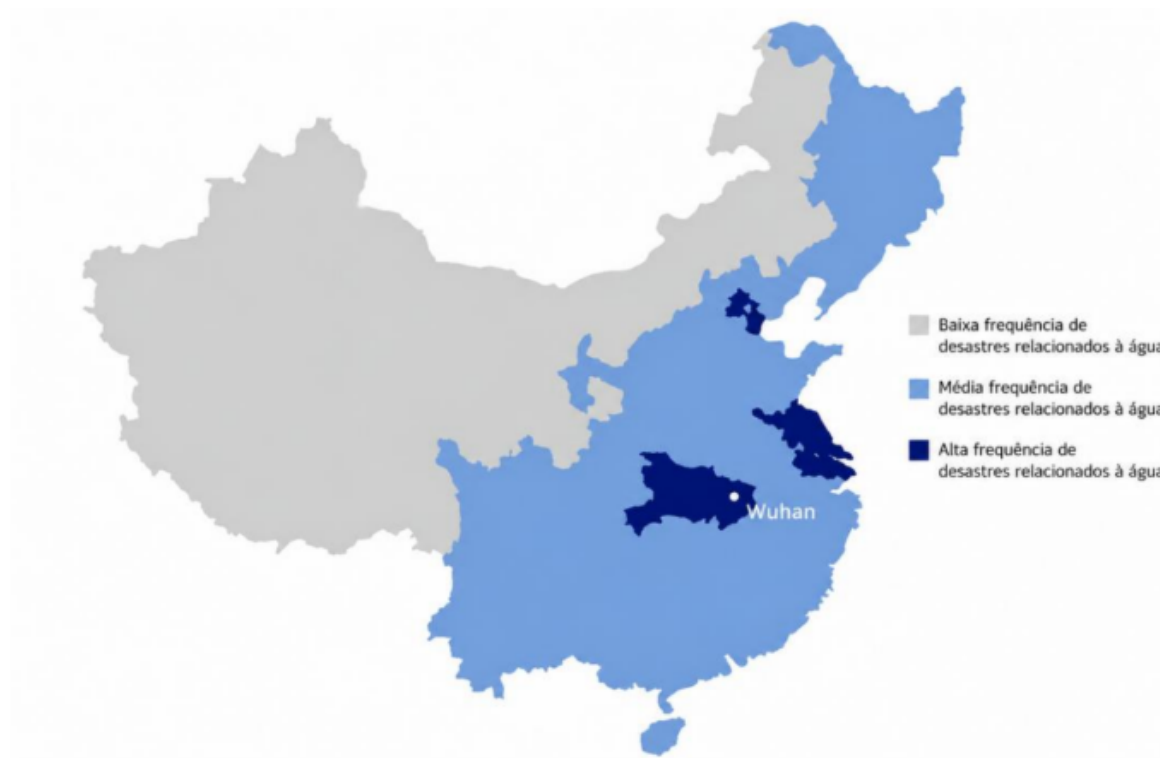
Assim, a lacuna entre as diretrizes previstas no planejamento e sua efetiva aplicação no território torna-se um aspecto central para compreender os limites da gestão urbana da capital goiana diante dos eventos hidrológicos recentes. O Plano Diretor oferece uma base normativa compatível com uma drenagem urbana mais resiliente, mas sua efetividade depende da articulação entre regulamentação, financiamento, manutenção, fiscalização, produção de dados técnicos, continuidade administrativa, controle do adensamento urbano e aplicação territorial em escala suficiente. A partir dessa constatação, o debate se amplia para experiências internacionais de Cidades-Esponja e Smart Cities aplicadas à drenagem, nas quais princípios como retenção, infiltração, monitoramento, infraestrutura verde e planejamento urbano foram convertidos em estratégias concretas e implementadas em larga escala.

4.2 Experiências internacionais: Cidades-Esponja e Smart Cities aplicadas à drenagem 4.2.1

Caso da cidade de Wuhan (China) na implementação do modelo de Cidade-Esponja

Entre as experiências internacionais de aplicação do conceito de Cidade-Esponja, destaca-se o caso de Wuhan, na China. Localizada na confluência dos rios Yangtzé e Han e caracterizada pela presença de numerosos lagos urbanos, a cidade possui uma relação histórica com eventos de inundação. O rápido processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas intensificou os problemas de drenagem, tornando Wuhan uma das cidades mais vulneráveis a alagamentos no país (Figura 5).

Figura 5 - Mapa dos desastres relacionados à água na China.



Fonte: Adaptado de Oates et al., 2020.

A precipitação anual de Wuhan chega a aproximadamente 1.257 mm, sendo que cerca de 70% desse total ocorre entre abril e setembro. Além disso, o período de cheias do rio Yangtzé coincide com a estação de tempestades, reduzindo a capacidade de drenagem urbana (PENG; REILLY, 2021). Dados apontam que Wuhan depende de um amplo sistema de diques, reservatórios, áreas de armazenamento de cheias e redes de drenagem, mas ainda enfrentava limitações estruturais, capacidade insuficiente de escoamento, manutenção deficiente e padrões de projeto abaixo do necessário para lidar com chuvas extremas (UNDP, 2017).

Diante desse cenário, a cidade foi selecionada pelo governo chinês, em 2015, como uma das principais cidades-piloto do programa Cidade-Esponja, passando a implementar soluções de infraestrutura verde e gestão sustentável das águas pluviais com o objetivo de aumentar sua

resiliência hídrica e reduzir os impactos das enchentes urbanas. Os projetos implementados incluíam jardins urbanos, parques e áreas verdes que favoreciam a infiltração da água durante chuvas regulares e direcionavam o escoamento para fora das áreas urbanas em períodos de enchentes, além da construção de lagos artificiais e canais capazes de suportar grandes volumes de água em eventos extremos (OATES et al., 2020).

Em 2020, Wuhan enfrentou a estação chuvosa mais longa do século, com 42 dias consecutivos de chuvas e precipitações totais entre 1,3 e 2,1 vezes superiores ao normal, chegando a 1109,5 mm em algumas áreas. Mesmo com picos diários de 472,3 mm, precipitação horária de 88,3 mm e o nível do Yangtzé atingindo 28,77 m (o quarto maior já registrado) a cidade evitou inundações graves graças ao sistema de gestão hídrica associado ao programa de Cidade-Esponja. Embora tenha sido a metrópole chinesa com maior volume de chuva naquele ano, Wuhan registrou apenas alagamentos pontuais e rapidamente controlados (PENG; REILLY, 2021).

Em comparação a 2016, o número de pontos de alagamento caiu de 162 para 30, mais de 90% deles desaparecendo logo após o fim da chuva, e a duração máxima reduziu-se de um mês para seis horas, evidenciando a eficácia das intervenções implementadas (PENG; REILLY, 2021). Já em comparação às enchentes de 2016, observou-se em Wuhan uma redução superior a 80% das áreas alagadas, além de uma queda drástica no tempo de escoamento, que passou de cerca de um mês para aproximadamente seis horas, evidenciando o avanço das intervenções de cidade-esponja (OLIVEIRA; RENA, 2025). A situação atual de Wuhan mostra que a integração entre infraestrutura tradicional e soluções de Cidade-Esponja elevou de forma consistente a resiliência urbana, permitindo que a cidade enfrente chuvas extremas com impactos cada vez menores e maior capacidade de adaptação climática.

4.2.2 Caso da cidade de Singapura na implementação do modelo de Smart Cities

Entre os exemplos internacionais de cidades inteligentes, Singapura se destaca pelo uso estratégico de tecnologias digitais na gestão urbana. Diante das limitações territoriais e da alta densidade populacional, o país lançou, em 2014, a iniciativa Smart Nation, voltada à integração entre tecnologia, infraestrutura e análise de dados para promover o desenvolvimento sustentável e otimizar os serviços públicos (ADNAN et al., 2016; SIPAHI; SAAYI, 2024).

A implementação do programa resultou em uma ampla rede de monitoramento urbano baseada em sensores e plataformas digitais, permitindo comunicação em tempo real. Segundo Tan et al. (2024), essa estratégia busca melhorar a qualidade de vida da população e fortalecer a

sustentabilidade urbana. Complementarmente, Sipahi e Saayi (2024) observam que o investimento em coleta e processamento contínuo de informações urbanas tornou as decisões governamentais mais ágeis e precisas.

No campo ambiental, a gestão dos recursos hídricos é uma das áreas mais estratégicas. As restrições territoriais dificultam o armazenamento de grandes volumes de água, exigindo um gerenciamento eficiente. Para isso, o governo estruturou mecanismos de monitoramento e controle por meio do Public Utilities Board (PUB), responsável pelo abastecimento sustentável e pela gestão integrada da água. O uso de tecnologias inteligentes permite acompanhar dados ambientais e de consumo em tempo real, fornecendo subsídios para o planejamento e operação dos sistemas urbanos (SIPAHI; SAAYI, 2024).

A aplicação dessas tecnologias também favorece a drenagem urbana. O programa Lamppost-as-a-Platform, iniciado em 2019, utiliza sensores instalados em postes para coletar informações sobre precipitação e impactos climáticos, apoiando o planejamento urbano e a mitigação de riscos ambientais (SIPAHI; SAAYI, 2024).

Além disso, Singapura desenvolveu uma infraestrutura digital integrada entre diferentes setores públicos. Conforme Adnan et al. (2016), a cidade alcançou níveis elevados de desempenho em governança, mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida. A distribuição de sensores pelo território urbano aproxima o modelo de Smart City da gestão sustentável da drenagem, permitindo monitoramento contínuo e planejamento de longo prazo (TAN; SETIAWAN; ANELA, 2024).

Esses resultados consolidaram Singapura como referência mundial em cidades inteligentes, destacando-se pela integração entre tecnologia, governança e sustentabilidade ambiental (ADNAN et al., 2016; TAN; SETIAWAN; ANELA, 2024; SIPAHI; SAAYI, 2024). Atualmente, a cidade é reconhecida pela ONU como uma das mais verdes do mundo, graças a iniciativas voltadas à qualidade ambiental e ao uso de energias renováveis, como o Gardens by the Bay (Figura 6), onde as estruturas Supertrees utilizam energia solar e sistemas de captação de água da chuva, reforçando a eficiência hídrica e ambiental do espaço urbano (O GLOBO, 2024).

Figura 6 - Gardens by the Bay.



Fonte: O GLOBO, 2024.

4.3 Possíveis contribuições das experiências internacionais para Goiânia

A análise comparativa entre Goiânia, Wuhan e Singapura permite identificar possíveis contribuições dos modelos de Cidades-Esponja e Smart Cities para o aprimoramento da gestão das águas pluviais na capital goiana. Como observado anteriormente, Goiânia já dispõe de diretrizes normativas voltadas ao enfrentamento dos problemas relacionados ao escoamento pluvial e à impermeabilização do solo, especialmente por meio da Lei Complementar nº 349/2022, que prevê a elaboração e implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, a criação de cadastro digital do sistema de drenagem, a conservação das galerias pluviais, a adoção de soluções de drenagem de menor impacto e o aumento da permeabilidade da malha urbana (GOIÂNIA, 2022). No entanto, a efetividade dessas diretrizes depende de sua conversão em ações articuladas, contínuas e aplicadas em escala suficiente.

Nesse sentido, a experiência de Wuhan evidencia a importância de associar infraestrutura tradicional e soluções baseadas na natureza em uma estratégia territorial mais ampla. A cidade chinesa, historicamente sujeita a inundações e marcada pela presença de rios e lagos urbanos, passou a implementar o modelo de Cidade-Esponja por meio de parques, jardins urbanos, áreas verdes, lagos artificiais e canais capazes de favorecer a infiltração, armazenar água e reduzir os impactos das enchentes urbanas (OATES et al., 2020; PENG; REILLY, 2021). Para Goiânia, essa experiência sugere que medidas como jardins de chuva, pavimentos permeáveis, bacias de

retenção, áreas verdes drenantes e espaços públicos multifuncionais podem ter maior impacto quando deixam de operar como intervenções isoladas e passam a compor uma rede planejada de retenção, infiltração e amortecimento do escoamento superficial.

Essa leitura dialoga diretamente com os desafios identificados na capital goiana. Segundo Finotti (2025), projetos-piloto em parques e áreas públicas, bem como experiências no Setor Sul envolvendo pavimentos permeáveis e jardins de chuva, apresentaram resultados positivos na redução do escoamento superficial durante eventos de chuvas intensas. Contudo, tais iniciativas ainda não alcançaram abrangência suficiente para modificar amplamente a lógica da drenagem urbana municipal, uma vez que sua adoção em larga escala enfrenta limitações relacionadas à insuficiência de investimentos e de maior incorporação ao planejamento urbano (FINOTTI, 2025). Assim, a principal contribuição do modelo de Cidade-Esponja para Goiânia não se restringe à adoção de novas técnicas, mas envolve a possibilidade de transformar essas soluções em componentes permanentes da política urbana, articulando-as a parques, vias, estacionamentos, fundos de vale, novos loteamentos e áreas já identificadas como vulneráveis.

A experiência de Singapura, por sua vez, evidencia o papel da tecnologia, dos dados e do monitoramento na gestão urbana e hídrica. A iniciativa Smart Nation, lançada em 2014, estruturou uma ampla rede de sensores, plataformas digitais e sistemas de comunicação em tempo real, permitindo que informações urbanas e ambientais fossem utilizadas para orientar decisões governamentais com maior rapidez e precisão (ADNAN et al., 2016; SIPAHI; SAAYI, 2024). No campo da drenagem urbana, essa perspectiva é relevante para Goiânia porque o próprio Plano Diretor municipal prevê a criação de cadastro digital do sistema de drenagem (GOIÂNIA, 2022), medida que pode ser fortalecida com tecnologias de monitoramento pluviométrico, mapeamento de pontos críticos, registro de ocorrências, acompanhamento da manutenção das galerias e integração de dados entre os órgãos responsáveis.

A aproximação com o modelo de Smart City também pode contribuir para enfrentar um dos problemas estruturais apontados na gestão da drenagem urbana no Brasil. Marins, Fonseca e Assunção (2024) destacam que os sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais frequentemente permanecem pouco visíveis na agenda pública, em razão de fatores como infraestrutura subterrânea, inserção no ambiente construído, dificuldades de regulação e cobrança, deficiência de cadastros técnicos, escassez de equipes especializadas e fragilidade dos mecanismos de financiamento. Nesse contexto, a produção de dados técnicos e o monitoramento contínuo podem tornar a drenagem mais visível, mensurável e planejável, favorecendo ações preventivas, priorização de investimentos e maior controle sobre a manutenção do sistema.

As experiências internacionais também indicam que a modernização da drenagem urbana depende de coordenação institucional. Em Goiânia, Viana (2026) observa que a aplicação dos instrumentos previstos no Plano Diretor enfrenta obstáculos como morosidade administrativa, entraves registrais, limitações orçamentárias e tensões entre técnica e política. A partir dessa leitura, os casos de Wuhan e Singapura reforçam que soluções de retenção, infiltração, infraestrutura verde e monitoramento tendem a produzir resultados mais consistentes quando deixam de ser aplicadas de forma fragmentada. Sua efetividade depende da articulação entre legislação, planejamento, financiamento, execução, manutenção, fiscalização, produção de dados técnicos e continuidade administrativa.

Dessa forma, as possíveis contribuições dos modelos de Cidades-Esponja e Smart Cities para Goiânia não devem ser compreendidas como simples reprodução de experiências internacionais, mas como referências para orientar uma adaptação compatível com a realidade local. O caso de Wuhan evidencia a importância de ampliar a escala das soluções baseadas na natureza e articulá-las à infraestrutura convencional; já Singapura demonstra o potencial do monitoramento, da integração de dados e da gestão tecnológica para qualificar a tomada de decisão. Para Goiânia, esses elementos podem contribuir para a passagem de ações pontuais para estratégias articuladas em escala municipal, fortalecendo a gestão das águas pluviais e ampliando a capacidade da cidade de responder aos desafios impostos pelos eventos hidrológicos recentes.

5 Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre a drenagem urbana de Goiânia e estratégias internacionais associadas aos modelos de Cidades-Esponja e Smart Cities, buscando identificar possíveis contribuições para o aprimoramento da gestão das águas pluviais na capital goiana. A partir da revisão bibliográfica, da análise documental e da comparação temática entre Goiânia, Wuhan e Singapura, verificou-se que Goiânia já dispõe de instrumentos normativos importantes, especialmente por meio da Lei Complementar nº 349/2022, que prevê ações relacionadas ao Plano Diretor de Drenagem Urbana, ao cadastro digital do sistema de drenagem, à conservação das galerias pluviais, ao aumento da permeabilidade urbana e à adoção de soluções de drenagem de menor impacto.

Entretanto, os achados indicam que a existência dessas diretrizes não garante, por si só, sua aplicação efetiva no território. Os desafios observados em Goiânia estão relacionados à conversão do planejamento em ações contínuas, articuladas e aplicadas em escala municipal,

envolvendo financiamento, manutenção, fiscalização, produção de dados técnicos, continuidade administrativa e coordenação institucional. Nesse sentido, os problemas locais dialogam com dificuldades mais amplas da gestão da drenagem urbana no Brasil, como a baixa visibilidade do sistema, a fragilidade dos cadastros técnicos, a escassez de equipes especializadas e os limites dos mecanismos de financiamento.

A comparação com Wuhan demonstrou que o modelo de Cidade-Esponja pode contribuir ao evidenciar a importância de articular infraestrutura convencional e soluções baseadas na natureza, como parques, jardins urbanos, áreas verdes, lagos artificiais, canais e pavimentos permeáveis, em uma rede planejada de retenção, infiltração e amortecimento do escoamento superficial. Para Goiânia, essa contribuição é relevante porque experiências locais com sistemas alternativos já apresentam resultados positivos, mas ainda permanecem pontuais e insuficientes para modificar amplamente a lógica da drenagem urbana municipal.

A experiência de Singapura, por sua vez, mostrou a importância das tecnologias digitais, do monitoramento urbano, da integração de dados e da tomada de decisão baseada em informações ambientais e territoriais. Essa perspectiva dialoga diretamente com a previsão de criação de cadastro digital do sistema de drenagem em Goiânia, indicando que a gestão das águas pluviais pode ser fortalecida por meio de instrumentos capazes de mapear pontos críticos, registrar ocorrências, acompanhar a manutenção da infraestrutura e integrar dados entre os órgãos responsáveis.

Dessa forma, o estudo responde ao objetivo proposto ao demonstrar que as experiências internacionais analisadas não devem ser compreendidas como modelos a serem copiados integralmente, mas como referências para orientar adaptações ao contexto local. As principais contribuições identificadas concentram-se na ampliação das soluções baseadas na natureza em escala municipal, no fortalecimento da infraestrutura de dados e monitoramento e na articulação entre planejamento, financiamento, execução, manutenção e fiscalização. Por fim, a possível atualização do Plano Diretor e a criação do Código Ambiental de Goiânia (CARVALHO, 2025), previstas para 2026, podem representar uma oportunidade para incorporar esses princípios de forma mais consistente ao planejamento urbano municipal, contribuindo para uma gestão das águas pluviais mais preventiva, coordenada e adequada aos desafios atuais.

Referências

ADNAN, Yasmin Mohd et al. **Visão geral comparativa das iniciativas de cidades inteligentes: Singapura e Seul.** In: Simpósio Internacional de Pesquisadores Imobiliários (IRERS). Kuala Lumpur, Malásia, abril de 2016.

AMARAL, Rosangela do; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A relação entre a impermeabilização do solo e o aumento da frequência das inundações nas áreas urbanizadas.** DO LOCAL AO GLOBAL: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES. Bauru: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2025. p. 411-424. Disponível em: <https://doi.org/10.57243/DLAG2025>. Acesso em: 04 jun. 2026.

BATTY, Michael et al. Cidades inteligentes do futuro. **The european physical journal special topics** , v. 214, n. 1, p. 481-518, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1140/epjst/e2012-01703-3>. Acesso em: 03 jun. 2026.

CARVALHO, Léo. **Atualização do Plano Diretor e criação do Código Ambiental marcam 2026 em Goiânia.** Diário da Manhã, Goiânia, 19 dez. 2025. Disponível em: <https://www.dm.com.br/politica/atualizacao-do-plano-diretor-e-criacao-do-codigo-ambiental-marcam-2026-em-goiania/>. Acesso em: 08 junho 2026.

CNN BRASIL. **Goiânia tem alagamentos e vias interditas após fortes chuvas.** 2026. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/centro-oeste/go/goiania-tem-alagamentos-e-vias-interditas-apos-fortes-chuvas/>. Acesso em: 04 jun. 2026.

CUNHA, Débora Ferreira da; BORGES, Elcileni de Melo. **Urbanização acelerada: risco para o abastecimento de água na Região Metropolitana de Goiânia.** Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 26, p. 226-244, 2015. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/13816>. Acesso em: 02 jun. 2026.

DINIZ, Anamaria. **O itinerário pioneiro do urbanista Attilio Corrêa Lima.** SEMINÁRIO DE HISTÓRIA DA CIDADE E DO URBANISMO, 14., 2016. 2016. Disponível em: <https://www.iau.usp.br/shcu2016/anais/wp-content/uploads/pdfs/24.pdf>. Acesso em: 25 maio 2026.

FINOTTI, David. **Goiânia, uma cidade impermeável**. Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Goiás (CAU/GO). 2025. Disponível em: <https://www.caugo.gov.br/goiania-uma-cidade-impermeavel-artigo-do-conselheiro-david-finotti/>. Acesso em: 02 jun. 2026.

FOGEIRO, Jéssica Simões. **Cidade Esponja-Aplicação do Conceito e Métodos no Bairro Marechal Gomes da Costa**, Porto. 2019. Disponível em: <https://repositorio.aberto.up.pt/bitstream/10216/124775/3/370849.pdf>. Acesso em: 26 maio 2026

G1 GOIÁS. **Goiânia tem 120 áreas de risco e mais de 6 mil pessoas em locais vulneráveis, aponta estudo; veja bairros**. 2026. Disponível em: <https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2026/02/11/goiania-tem-120-areas-de-risco-e-mais-de-6-mil-pessoas-em-locais-vulneraveis-aponta-estudo-veja-bairros.ghtml>. Acesso em: 04 jun. 2026.

GLASMEIER, Amy; CHRISTOPHERSON, Susan. Thinking about smart cities. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 8, n. 1, p. 3-12, 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/cjres/article/8/1/3/304965?login=false&guestAccessKey=>. Acesso em: 05 jun. 2026

GOIÂNIA. **Lei Complementar nº 349, de 04 de março de 2022**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Goiânia e dá outras providências. Prefeitura de Goiânia, 2022. Disponível em: https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2022/lc_20220304_000000349.html. Acesso em: 07 jun. 2026.

IESE BUSINESS SCHOOL. **IESE Cities in Motion Index 2025**. 2025. Disponível em: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0665>. Acesso em: 06 jun. 2026.

INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS. **Estudo do IFG Câmpus Goiânia constata que mais de 80% da área do Setor Bueno é impermeável**. Goiânia, 30 jan. 2024. Disponível em: <https://www.ifg.edu.br/ultimas-noticias-campus-goiania/37454-permeabilidadesetorbueno>. Acesso em: 30 jun. 2026.

IPCC: Sections. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115. 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 05 jun. 2026.

JOBIM, Alan Lamberti. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. UFSM, Centro de Tecnologia, Santa Maria, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7842>. Acesso em: 30 de maio 2026.

LEMONS, André. **Cidades inteligentes**. GV-EXECUTIVO, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 46–49, 2013. DOI:10.12660/gvexec.v12n2.2013.20720. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/view/20720>. Acesso em: 6 jun. 2026.

MARINS, Monique de Faria; FONSECA, Ana Carolina de Oliveira; ASSUNÇÃO, Vivianne Dornellas. **Aspectos que contribuem para a invisibilidade do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e as perspectivas sob a Lei Federal nº 14.026/2020**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 15.; SIMPÓSIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS. Recife: ABRHidro, 2024. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/238/XV-ENAU0049-1-0-20240610-184343.pdf>. Acesso em: 07 junho 2026.

MARTÍN MUÑOZ, Silvia et al. **Urban stormwater management using nature-based solutions: a review and conceptual model of floodable parks**. Land, v. 13, n. 11, p. 1858, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/11/1858>. Acesso em: 30 maio 2026

NGUYEN, Thu Thuy et al. **Implementation of a specific urban water management-Sponge City**. *Science of the Total Environment*, v. 652, p. 147-162, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718340518>. Acesso em: 05 jun. 2026

OATES, L. E. et al. Building climate resilience and water security in cities: Lessons from the sponge city of Wuhan, China. 2020. Disponível em: <https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/158437/>. Acesso em: 05 jun. 2026

OLIVEIRA, Gleiderson Roger Lima de; RENA, Natacha Silva Araújo. **Wuhan - Cidade Esponja como parte do projeto ecocivilizacional chinês**. ANAP Brasil, São Paulo, Brasil, v. 18, n. 46, 2025. DOI: 10.17271/19843240184620255949. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/5949. Acesso em: 5 jun. 2026.

OLIVEIRA, Hamilton Afonso de; BEKER, Susana Sardinha; DOMINGOS, Jonh Moreira. **Goiânia-GO: um projeto de cidade-jardim que não resistiu às forças do progresso.** Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 8, n. 3, p. 356-378. 2019. DOI: [10.21664/2238-8869.2019v8i3.p356-378](https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p356-378). Acesso em: 27 maio 2026.

O GLOBO. **De árvores gigantes em Cingapura a pirâmide solar em Curitiba: inspirações ao redor do mundo para combater as mudanças climáticas.** 24 maio 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/mundo/g20-no-brasil/noticia/2024/05/24/de-arvores-gigantes-em-cingapura-a-piramide-solar-em-curitiba-inspiracoes-ao-redor-do-mundo-para-combater-as-mudancas-climaticas.ghtml>. Acesso em: 5 jun. 2026.

PENG, Yunyue; REILLY, Kate. **Using nature to reshape cities and live with water: an overview of the Chinese Sponge City programme and its implementation in Wuhan.** Report for the EU Project GROWGREEN-Green Cities for Climate and Water Resilience, Sustainable Economic Growth, Healthy Citizens and Environments (Grant Agreement No 730283), 2021. Disponível em: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2022/06/Using-Nature-to-Reshape-Cities-and-Live-with-Water-An-Overview-of-the-Chinese-Sponge-City-Programme-and-Its-Implementation-in-Wuhan-GrowGreen.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2026

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 17 maio 2026.

RENTSCHLER, J.; SALHAB, M.; JAFINO, B. A. **Flood exposure and poverty in 188 countries.** Nat Commun 13, 3527. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>. Acesso em: 05 jun. 2026.

RIBEIRO, Naiara. **Ranking mostra cidades e estados com melhor qualidade de vida no Brasil; veja lista completa.** SBT News, 2026. Disponível em: <https://sbtnews.sbt.com.br/noticia/brasil/ranking-mostra-cidades-e-estados-com-melhor-qualidade-de-vida-no-brasil-veja-lista-completa>. Acesso em: 02 jun. 2026.

SIPAHI, Esra Banu; SAAYI, Zabihullah. **A primeira visão de “Nação Inteligente” do mundo: o caso de Singapura**. Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, v. 8, n. 1, p. 41-58, 2024. Disponível em: <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=1217215>. Acesso em: 05 jun. 2026

TAN, Dasmond; SETIAWAN, Johan; ANELA, Sheera. **Lessons Learned from Building Smart Cities: A Systematic Literature Review of Case Studies in Singapore and Seoul**. 2024. Disponível em: <https://ejournal.uniramalang.ac.id/g-tech/article/view/5068>. Acesso em: 05 jun. 2026

UNCRD, **Training Materials For Implementing Smart Cities in Asia and the Pacific for Inclusive, Resilient, and Sustainable Societies**. United Nations, 2022. Disponível em: <https://uncrd.un.org/en/content/sc>. Acesso em: 05 jun. 2026

UNDP, Research Report on Urban Flood Risk Management Capacity. China 2017. Disponível em: <https://www.undp.org/china/publications/research-report-urban-flood-risk-management-capcity>. Acesso em: 05 jun. 2026

UNDRR; CRED. **The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)**. United Nations, 2020. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>. Acesso em: 05 jun. 2026.

VIANA, Cristina. **Plano Diretor de Goiânia: entre a técnica, a política e os desafios da aplicação prática**. Emrich Leão Advogados, 30 abr. 2026. Disponível em: <https://www.emrichleao.adv.br/blog/6-artigos/258-plano-diretor-de-goiania-entre-a-tecnica-a-politica-e-os-desafios-da-aplicacao-pratica>. Acesso em: 06 jun. 2026.

VIRGILIIS, Afonso Luís Corrêa de. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias. **Escola Politécnica-Engenharia de Transportes**, p. 213, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/download/43869924/Dissertacao_Afonso_Luis_Correa_de_Virgiliis.pdf. Acesso em: 30 maio 2026.

ZHENG, S.; TANG, Y.; CHAN, F. K. S.; CAO, L.; SONG, R. **A demographic implication for promoting sponge city initiatives in Chinese megacities: a case study of Wuhan**. Water, v. 14, n. 6, p. 883, 2022. DOI: [10.3390/w14060883](https://doi.org/10.3390/w14060883). Acesso em: 25 maio 2026.