



Infraestruturas Verdes de Drenagem e o Projeto Arquitetônico de Parques Lineares: Uma revisão

Fernanda Nascimento Rigolo

Mestre em Ciências e Doutoranda em Geografia, Unesp, Brasil

fernanda.rigolo@unesp.br

<https://orcid.org/0000-0003-0772-0564>

Fernando Sergio Okimoto

Professor Doutor, Unesp, Brasil

fs.okimoto@unesp.br

<https://orcid.org/0000-0003-1385-8316>

Submissão: 10/03/2025

Aceite: 20/05/2025

RIGOLO, Fernanda Nascimento; OKIMOTO, Fernando Sergio. Infraestruturas Verdes de Drenagem e o Projeto Arquitetônico de Parques Lineares: Uma revisão. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, [S. l.], v. 21, n. 1, 2025. DOI: [10.17271/1980082721120255781](https://doi.org/10.17271/1980082721120255781). Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5781

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Infraestruturas Verdes de Drenagem e o Projeto Arquitetônico de Parques Lineares: Uma revisão

RESUMO

Objetivo - O objetivo deste trabalho é analisar as infraestruturas verdes aplicadas à drenagem urbana sustentável, destacando sua contribuição para a mitigação de impactos urbanos como enchentes, inundações e ilhas de calor, e sua relação com o planejamento urbano e a gestão ambiental.

Metodologia - A pesquisa adota uma abordagem teórica baseada em revisão bibliográfica, explorando modelos internacionais e discutindo a relação entre urbanização e gestão ambiental, com foco na aplicação de soluções baseadas na natureza em cidades brasileiras.

Originalidade/relevância - O estudo preenche uma lacuna teórica ao explorar as soluções de drenagem urbana verde em cidades brasileiras, considerando as limitações atuais nas implementações dessas estratégias. Sua relevância acadêmica se destaca pela proposta de inovação no planejamento urbano sustentável.

Resultados - Os principais resultados indicam que a infraestrutura verde contribui significativamente para a infiltração da água, redução das enchentes e regulação do microclima urbano, promovendo resiliência climática e melhoria da qualidade ambiental nas cidades.

Contribuições teóricas/metodológicas - Este estudo oferece uma contribuição teórica ao integrar os conceitos de infraestrutura verde e drenagem urbana, além de propor abordagens metodológicas inovadoras para a aplicação prática desses conceitos no planejamento urbano.

Contribuições sociais e ambientais - As implicações sociais e ambientais, incluem a promoção de cidades mais resilientes, sustentáveis e com melhor qualidade de vida, além de maior conectividade ecológica, beneficiando as populações urbanas e o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem sustentável. Soluções baseadas na natureza. Sustentabilidade urbana.

Green Infrastructures and the Architectural Design of Linear Parks: A Review

ABSTRACT

Objective - The objective of this work is to analyze green infrastructures applied to sustainable urban drainage, highlighting their contribution to mitigating urban impacts such as floods, inundations, and heat islands, and their relation to urban planning and environmental management.

Methodology - The research adopts a theoretical approach based on a literature review, exploring international models and discussing the relationship between urbanization and environmental management, focusing on the application of nature-based solutions in Brazilian cities.

Originality/Relevance - The study fills a theoretical gap by exploring green urban drainage solutions in Brazilian cities, considering the current limitations in the implementation of these strategies. Its academic relevance lies in proposing innovation in sustainable urban planning.

Results - The main results indicate that green infrastructure significantly contributes to water infiltration, flood reduction, and urban microclimate regulation, promoting climate resilience and environmental quality in cities.

Theoretical/Methodological Contributions - This study offers a theoretical contribution by integrating the concepts of green infrastructure and urban drainage, as well as proposing innovative methodological approaches for the practical application of these concepts in urban planning.

Social and Environmental Contributions - Social and environmental implications include promoting more resilient, sustainable cities with improved quality of life, as well as greater ecological connectivity, benefiting urban populations and the environment.

KEYWORDS: Sustainable drainage. Nature-based solutions. Urban sustainability.

Infraestructuras Verdes de Drenaje y el Diseño Arquitectónico de Parques Lineales: Una Revisión

RESUMEN

Objetivo - El objetivo de este trabajo es analizar las infraestructuras verdes aplicadas al drenaje urbano sostenible, destacando su contribución a la mitigación de los impactos urbanos como inundaciones, anegamientos e islas de calor, y su relación con la planificación urbana y la gestión ambiental.

Metodología - La investigación adopta un enfoque teórico basado en una revisión bibliográfica, explorando modelos internacionales y discutiendo la relación entre urbanización y gestión ambiental, con un enfoque en la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza en ciudades brasileñas.

Originalidad/Relevancia - El estudio llena un vacío teórico al explorar soluciones de drenaje urbano verde en ciudades brasileñas, considerando las limitaciones actuales en la implementación de estas estrategias. Su relevancia académica radica en la propuesta de innovación en la planificación urbana sostenible.

Resultados - Los principales resultados indican que la infraestructura verde contribuye significativamente a la infiltración del agua, reducción de inundaciones y regulación del microclima urbano, promoviendo la resiliencia climática y la mejora de la calidad ambiental en las ciudades.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas - Este estudio ofrece una contribución teórica al integrar los conceptos de infraestructura verde y drenaje urbano, además de proponer enfoques metodológicos innovadores para la aplicación práctica de estos conceptos en la planificación urbana.

Contribuciones Sociales y Ambientales - Las implicaciones sociales y ambientales incluyen la promoción de ciudades más resilientes, sostenibles y con mejor calidad de vida, además de una mayor conectividad ecológica, beneficiando a las poblaciones urbanas y al medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Drenaje sostenible. Soluciones basadas en la naturaleza. Sostenibilidad urbana

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada das cidades brasileiras, com seu planejamento tradicional, associado à negligência ambiental e aos impactos das mudanças climáticas, tem gerado sérios desafios no planejamento urbano, especialmente no que diz respeito à gestão das águas pluviais e à criação de espaços públicos que promovam a sustentabilidade. As soluções tradicionais de drenagem, predominantemente aplicadas no contexto brasileiro, têm se mostrado limitadas na mitigação destes impactos, intensificando problemas como impermeabilização do solo e contaminação da água (Tucci, 2008).

Nesse contexto, as infraestruturas verdes e azuis emergem como alternativas sustentáveis para a gestão urbana das águas pluviais, promovendo soluções baseadas na natureza (Sowińska-Świerkosz; García, 2022).

Este artigo tem como objetivo analisar o potencial dessas infraestruturas, com foco na aplicação em parques lineares, discutindo como podem contribuir para a resiliência climática e a sustentabilidade urbana.

A revisão de literatura explora os impactos da urbanização sobre a drenagem urbana e destaca soluções inovadoras baseadas em infraestruturas verdes. A urbanização desordenada tem resultado na segregação socioespacial e na degradação ambiental, tornando necessárias estratégias que integrem planejamento urbano e gestão ambiental (Ferreira, 2005; Santos; 1993). Além disso, o planejamento de parques urbanos pode desempenhar um papel na mitigação dos impactos climáticos, promovendo espaços de lazer e biodiversidade (Farr, 2013; Sakata e Gonçalves, 2019). O estudo visa contribuir para o debate sobre soluções integradas de drenagem e planejamento urbano, fornecendo uma base conceitual para sua implementação em cidades brasileiras, com o objetivo de promover um ambiente urbano mais sustentável e resiliente às adversidades climáticas.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste artigo é apresentar uma revisão narrativa da correlação, entre as infraestruturas verdes de drenagem urbana sustentável e os efeitos da sua aplicabilidade em parques lineares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar os conceitos de infraestruturas verdes, destacando sua aplicação em parques urbanos como solução para drenagem sustentável.
2. Explorar a relação entre planejamento urbano, bioconstrução e estratégias de mitigação climática no desenho de parques públicos com os usos de infraestruturas verdes.

3 MATERIAL E MÉTODOS:

A metodologia adotada neste trabalho é a de revisão bibliográfica narrativa, com base em um referencial teórico atual e pertinente que envolve a análise e síntese de fontes

acadêmicas relevantes sobre o tema em questão. A pesquisa foi conduzida a partir da seleção e estudo de artigos científicos, artigos de revisão, livros, periódicos especializados, anais de congressos e outras publicações que apresentem contribuições significativas para o entendimento do assunto. As fontes foram escolhidas com base na relevância e credibilidade dos autores.

4 RESULTADOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA

4.1 Urbanização no Brasil

O desenvolvimento urbano acelerou-se na segunda metade do século XX, devido à concentração da população em espaços reduzidos, gerando competição por recursos naturais como solo e água, resultando na destruição de parte da biodiversidade natural. O meio ambiente urbano, composto pelo ambiente natural e pela população, é um sistema vivo e dinâmico que gera uma série de efeitos interconectados (Tucci, 2008).

A urbanização no Brasil tem sido um processo acelerado e, geralmente, desordenado, com negativas consequências ambientais e sociais significativas. O crescimento das cidades brasileiras no último século resultou em áreas urbanizadas com poucas áreas permeáveis, na perda de áreas verdes, nos tamponamentos de cursos d'água e o aumento de problemas como enchentes, poluição e ilhas de calor. O processo de urbanização no contexto brasileiro revela a necessidade urgente de repensar o modelo de desenvolvimento urbano, buscando alternativas que conciliem crescimento com sustentabilidade. (Amorim, 2024; Ugeda Júnior, 2014; IBGE 2013; Ferreira 2005)

Milton Santos, em seu livro, "Urbanização brasileira" (1993) analisa a urbanização brasileira como um processo profundamente influenciado pelas características do subdesenvolvimento, ressaltando as contradições inerentes ao capitalismo periférico. O autor argumenta que o espaço urbano no Brasil é marcado pela reprodução de desigualdades estruturais, em que a concentração de recursos e oportunidades beneficia poucos, enquanto grande parte da população é excluída do acesso pleno à cidade. Essa dinâmica reflete a inserção subordinada do país na divisão internacional do trabalho, que condiciona o crescimento urbano às necessidades do capital global (Santos, 1993).

Em síntese, foi no século XX que o Brasil passou por uma intensa transformação social e espacial, marcada pelo processo de industrialização que se intensificou após a década de 1950. Até então, o país era predominantemente rural, com 68,76% da população vivendo em áreas rurais em 1940 e apenas 31,24% residindo em áreas urbanas. Esse cenário se transforma em 1960, quando o êxodo rural se intensificou devido à modernização agrícola e à migração para as cidades em busca de melhores condições de vida e trabalho. Nesse período, a população urbana representava 44,67%, enquanto a rural ainda correspondia a 55,33%. A inversão definitiva ocorreu na década de 1970, quando pela primeira vez o Brasil registrou uma maioria da população vivendo em áreas urbanas, com 55,92%, em contraste com 44,08% em áreas rurais. Esse fenômeno consolidou o processo de urbanização do país e refletiu profundas mudanças no modo de vida e na organização espacial do território brasileiro (IBGE, 2013).

Essa tendência se manteve nas décadas seguintes, resultando em uma realidade urbana cada vez mais dominante. Em 2010, 84,36% da população brasileira já residia em áreas urbanas, enquanto apenas 15,64% permaneciam na zona rural. Esse quadro ilustra a magnitude da transformação ocorrida ao longo do século passado, com uma significativa concentração populacional nas cidades, redefinindo os desafios sociais, econômicos e ambientais do país (IBGE, 2013).

Santos (1993) pontua que a coexistência de modernidade e arcaísmo é uma característica central das cidades brasileiras. Esse fenômeno manifesta-se na adoção de inovações tecnológicas e científicas, que convivem com formas tradicionais de organização social e econômica. Tal coexistência não elimina as disparidades, mas as intensifica, ao criar espaços urbanos fragmentados e desiguais. As áreas centrais das cidades frequentemente concentram os avanços da modernidade, enquanto as periferias permanecem marcadas pela precariedade e pela ausência de infraestrutura adequada.

Santos (1993) também destaca a relação entre o espaço urbano e as políticas públicas, as intervenções estatais frequentemente favorecem os interesses do mercado imobiliário e de grandes grupos econômicos, em detrimento das demandas sociais e a urbanização, nesse contexto, é instrumentalizada como uma forma de ampliar o controle e a acumulação de capital, gerando exclusão social e segregação espacial. Assim, o planejamento urbano brasileiro tende a reproduzir e intensificar as desigualdades estruturais da sociedade.

Ferreira (2005) também aponta como os instrumentos do Estatuto da Cidade (2001) buscam democratizar o espaço urbano por meio de políticas reguladoras, enfrentando privilégios históricos das elites. No entanto, a implementação desses instrumentos enfrenta desafios, como a falta de vontade política e a fragmentação das políticas públicas nos planos diretores municipais, os quais muitas vezes ignoram as necessidades das periferias.

O Plano Diretor é um instrumento essencial para o planejamento urbano, orientando o desenvolvimento sustentável das cidades e garantindo a função social da propriedade. De acordo com o *Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores* (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022), um produto resultante da cooperação técnica entre o governo brasileiro e alemão, baseado no Projeto ANDUS – Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil, ele estabelece diretrizes para a organização territorial, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais. Além de ordenar o uso e a ocupação do solo, promove o acesso à moradia digna, infraestrutura e serviços urbanos, assegurando melhor qualidade de vida à população. Sua formulação deve envolver a participação social, fortalecendo a governança democrática e permitindo que a população contribua ativamente para a construção da cidade que deseja. O desenvolvimento urbano sustentável ocorre quando o crescimento das cidades equilibra inclusão social, preservação ambiental e eficiência econômica. (MDR, 2022).

Essa abordagem está alinhada com diversas metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 6 (qualidade da água), ODS 11 (urbanização sustentável e acessível) e ODS 13 (resiliência e adaptação climática) (MDR, 2022). A implementação dessas estratégias no Plano Diretor visa um planejamento urbano mais sustentável e adaptado às necessidades climáticas e sociais dos municípios. (MDR, 2022).

4.2 Negligência Ambiental

A falta de políticas públicas eficientes para a conservação ambiental, associada ao foco no desenvolvimento econômico sem considerar a preservação dos recursos naturais, tem intensificado problemas como alagamentos, poluição do ar e degradação dos corpos d'água. Ao longo das últimas décadas pudemos observar danos irreversíveis aos ecossistemas urbanos e naturais brasileiros. Sabe-se que a interação entre o homem, os cursos d'água e a natureza desempenharam um papel fundamental na sua evolução, influenciando diretamente a organização histórica e geográfica do espaço urbano. No passado, essa relação era mais harmoniosa e integrada à natureza. No entanto, com o avanço da tecnologia, o progresso social e o crescimento econômico, os corpos d'água passaram a ser vistos como obstáculos ao desenvolvimento urbano. Como resultado, houve um distanciamento desse elemento natural, o que tem provocado, atualmente, inúmeros problemas socioambientais, evidenciando um modelo de desenvolvimento cada vez menos sustentável. (MDR, 2022; Romeiro, 2012; Castro, 2022)

A preservação dos recursos naturais, da flora e da fauna brasileira depende de um conjunto de órgãos e normativas que atuam em diferentes níveis de governo. Cronologicamente, foi em 1934 durante o governo de Getúlio Vargas através do Decreto 23.793/34, que o Brasil promulgou o primeiro Código Florestal Brasileiro, seu principal objetivo era regulamentar a exploração madeireira no país, dando origem ao conceito de florestas protetoras. Somente em 1965 sob a Lei 4.771/65, o termo Área de Preservação Permanente (APP) surge, substituindo o conceito de florestas protetoras por este conceito e por outras quatro tipologias que deveriam ser preservadas, parque nacional, floresta nacional e reserva legal. Porém tal regimento não se aplicava ao contexto urbano, somente com a Lei 6766/79, que passam a prever uma faixa *non aedificanti* de 15 metros ao longo de cada margem de cursos d'água. Em 2001, é aprovado o Estatuto das Cidades, Lei 10.257/2001, prevendo *normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do [...] equilíbrio ambiental*, foi a partir deste momento que os problemas urbanos passaram a receber maior atenção dos governantes. Em 2012, o Código Florestal passa por revisão e se promulga o Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012.

Para Borges *et al.* (2011):

As APPs estão ligadas diretamente às funções ambientais, por meio do fornecimento de bens e serviços fundamentais para toda população. Esses bens e serviços estão relacionados à regularização da vazão, retenção de sedimentos, conservação do solo, recarga do lençol freático, ecoturismo, biodiversidade, enfim, a uma infinidade de benefícios (Borges *et al.*, 2011, p. 1203).

Em seu Art. 4º da Lei nº 12.651/2012, é estabelecido que as APPs em áreas urbanas devem, obrigatoriamente, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura prever uma faixa com largura mínima de 30 metros, tais faixas devem ser preservadas e implementadas sob *qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros* (Brasil, 2012).

Mesmo com todo este aparato legal, observa-se diversas irregularidades ambientais, seja por falta de fiscalização dos entes responsáveis ou pela falta de uma gestão ambiental adequada. A Lei nº 14.285/2021 altera a Lei 12.651, permitindo a regularização de edifícios às margens de cursos e corpos d'água em áreas urbanas consolidadas.

Tucci (2007) aponta que uma má gestão ambiental associado ao desenvolvimento urbano desordenado gerou um fator crítico para a degradação de ecossistemas e recursos hídricos em áreas urbanas. O aumento da impermeabilização do solo reduz a infiltração de água, comprometendo o abastecimento dos aquíferos e diminuindo a vazão dos rios durante os períodos de estiagem. Outro impacto significativo é a contaminação das águas pluviais e dos aquíferos, intensificada pelo transporte de substâncias poluentes agregadas aos sedimentos. Durante as enchentes, resíduos provenientes da lavagem de ruas e sistemas de drenagem poluídos aumentam a carga de materiais suspensos, prejudicando a qualidade da água.

No Brasil, embora a maioria dos sistemas de esgotos seja separada, a infiltração indiscriminada de águas contaminadas e a presença de aterros sanitários inadequados agravam a contaminação dos aquíferos. Tucci (2007) alerta que o manejo urbano sustentável, incluindo a ampliação de áreas permeáveis, é essencial para mitigar esses impactos e promover uma gestão ambiental mais eficaz.

4.3 Parques Urbanos

Na perspectiva do urbanismo, Cullen (2008), define a paisagem urbana como a arte do meio ambiente, ao associar a relação entre ruas, edifícios e o espaço entre eles, considerando a percepção humana.

Na geografia, Bertrand (2004) apresenta uma ótica que enfatiza o papel da escala como elemento inseparável do estudo das paisagens.

O espaço entre os edifícios pontuado por Cullen (2008) e a porção do espaço pontuada por Bertrand (2004) se desdobram em diversos conceitos e ideias e uma delas está atrelada a forma natural do espaço, que Serra (1993, 45), considera que *"a forma está determinada não apenas pelas "rugosidades" naturais do relevo e da hidrografia, mas por todos os demais aspectos tais como o subsolo, o solo, o clima, a vegetação e a fauna"*.

Para Santos (1982) a paisagem é compreendida como um conjunto de objetos geográficos, distribuídos sobre um território em sua configuração geográfica ou espacial, apreendidos em sua continuidade visível, onde os processos sociais dão vida a esses objetos. Gorski (2008), sintetiza a ideia de paisagem como um elemento dinâmico, com interações entre componentes ecossistêmicos (bióticos e abióticos) e componentes socioeconômicos e culturais, produzindo a percepção de um todo, incluindo a valoração estética e emocional.

A composição da paisagem urbana envolve diversos componentes essenciais, entre os quais se destacam os espaços livres. Segundo Sanchotene (2004), os espaços livres são as áreas não construídas em uma cidade, pertencentes ao poder público ou a proprietários privados, independentemente de seu uso específico. Quando esses espaços são destinados à preservação da vegetação ou ao lazer da população, são classificados como áreas verdes, englobando praças,

parques, jardins públicos e a arborização das cidades, com vegetação que pode ser tanto natural quanto cultivada.

Os parques urbanos, sejam de gestão pública ou privada, são elementos chave na configuração paisagística e ambiental das cidades, compondo um sistema de espaços livres. Eles desempenham uma função essencial na promoção da qualidade de vida nas áreas urbanas, oferecendo locais para lazer, recreação ativa e convivência com a natureza. Além de favorecerem o bem-estar psicológico e social, os parques urbanos têm um papel importante como áreas de resiliência ecológica, ajudando na absorção de poluentes, mitigando os efeitos do calor urbano e colaborando com o equilíbrio climático. No contexto das infraestruturas verdes e azuis, os parques urbanos se apresentam como instrumentos fundamentais para integrar soluções ecológicas que visam a sustentabilidade e a adaptabilidade das cidades às mudanças climáticas (Farr, 2013).

A origem dos parques urbanos no Brasil remonta ao século XVIII, quando o interesse da coroa portuguesa nas riquezas naturais do território incentivou a criação de jardins e passeios públicos para proteger determinadas áreas (Melo; Lopes; Sampaio, 2017). Ao longo de dois séculos, os parques urbanos acompanharam as transformações urbanísticas das cidades, refletindo valores sociais e culturais das populações urbanas. Apesar disso, ao contrário dos parques europeus, que surgiram para atender às necessidades das massas urbanas no século XIX, os parques brasileiros eram voltados às elites emergentes, que buscavam construir uma paisagem urbana compatível com padrões internacionais (Macedo; Sakata, 2002).

Com o tempo, os parques urbanos no Brasil passaram a desempenhar funções que vão além da estética, incorporando papéis sociais e ecológicos. Atualmente, eles promovem lazer e qualidade de vida, enquanto se adaptam aos desafios da urbanização e ao planejamento urbano, contribuindo para uma melhor qualidade ambiental (Melo; Lopes; Sampaio, 2017). No século XX, a maioria dos parques atendia ao lazer de classes urbanas mais altas, situando-se em áreas centrais. Contudo, no século XXI, os novos projetos passaram a priorizar a conservação ambiental, com localização em bairros periféricos e funções que incluem o combate às ilhas de calor e a manutenção do microclima (Sakata; Gonçalves, 2019).

Sakata e Gonçalves (2019) destacam que, desde o início do século XXI, os parques são concebidos principalmente como ferramentas de sustentabilidade. Descritos como “parques sustentáveis”, possuem áreas permeáveis e arborizadas que auxiliam na drenagem urbana e na mitigação de efeitos climáticos adversos. Além disso, mesmo parques voltados ao lazer em áreas carentes são apresentados como ações de cunho ambiental. Esse movimento consolidou uma nova categoria de parques urbanos, como bosques cercados e parques lineares, que integram conservação ambiental e funções recreativas (Sakata; Gonçalves, 2019).

Além disso, Lorca (1989) destaca a relevância estética e educativa dos parques, que embelezam as cidades e oferecem oportunidades para a formação ambiental. Esses espaços incentivam a conscientização sobre a natureza e seu impacto na vida humana, promovendo uma integração entre a vida urbana e o meio ambiente. Assim, os parques urbanos tornam-se indispensáveis para a qualidade de vida nas áreas urbanizadas.

Os espaços verdes urbanos (UGS) são essenciais para o bem-estar das populações, oferecendo benefícios para a saúde física e mental. Segundo Zhang e Qian (2024), áreas como

parques e jardins comunitários permitem que as pessoas se conectem com a natureza, reduzindo estresse e ansiedade, além de fortalecerem o senso de comunidade. Esses espaços também melhoram a qualidade do ar e reduzem o efeito de ilha de calor, criando ambientes mais saudáveis. Em regiões de vulnerabilidade social, o acesso a UGS de qualidade é fundamental para melhorar a saúde e a qualidade de vida, promovendo cidades mais inclusivas e sustentáveis.

4.4 Mudanças Climáticas: Ilhas de Calor Urbanas, Enchentes e Inundações

O aumento das temperaturas no planeta terra tem reflexos visíveis e perceptíveis nas cidades, seja pelo intenso desconforto térmico em dias mais quentes, na realidade brasileira, ou pela intensificação dos alagamentos, inundações, enchentes, deslizamentos de terra, podemos compreender estes elementos como um dos principais efeitos das mudanças climáticas nas cidades brasileiras. O crescimento das áreas impermeabilizadas, o desmatamento urbano e a falta de planejamento para a drenagem das águas pluviais contribuem diretamente para esses problemas. Este subtema revisa os principais fatores que agravam o calor urbano e as inundações, discutindo como a drenagem cinza tradicional, baseada em sistemas de escoamento e infraestrutura rígida, falha em lidar com os desafios impostos pelas mudanças climáticas. (Santos, 1993; Amorim, 2009; Amorim, 2004; Guo, Mingfu e Yu, 2021)

As cidades estão sempre em constante transformações, sejam elas sociais ou territoriais e sua paisagem reflete estas ações, como o crescimento demográfico, mais intensos em cidade médias e grandes, quanto as dinâmicas de ocupação e uso da terra. Nesse contexto, a paisagem urbana se configura como um elemento chave para compreender as interações entre o ambiente construído e os fenômenos ambientais e climáticos locais (Santos, 1993; Cullen 2008). Portanto, compreender o processo de uso e ocupação da terra urbana e rural, está intrinsecamente relacionado ao estudo da paisagem, um elemento que integra, de forma espacial e temporal as relações entre a sociedade e a natureza, no meio.

Para Santos (1982) a paisagem é compreendida como um conjunto de objetos geográficos, distribuídos sobre um território em sua configuração geográfica ou espacial, apreendidos em sua continuidade visível, onde os processos sociais dão vida a esses objetos. Gorski (2008), sintetiza a ideia de paisagem como um elemento dinâmico, com interações entre componentes ecossistêmicos (bióticos e abióticos) e componentes socioeconômicos e culturais, produzindo a percepção de um todo, incluindo a valoração estética e emocional.

Mascaró e Mascaró (2009) afirmam que para compreender o clima urbano é necessário observar a topografia do sítio, a morfologia urbana e o porte da cidade a ser analisada.

Um destes elementos climáticos de grande impacto na saúde da população, são as ilhas de calor, um dos fenômenos presentes no clima urbano. Amorim *et al.* (2009), definem:

A ilha de calor urbana (ICU) é essencialmente definida pela diferença de temperatura entre a área central da cidade e o ambiente rural ou zonas periféricas com baixa densidade de construções [...] (Amorim *et al.*, p.2, 2009).

As ilhas de calor, por sua vez, podem proporcionar ao ser humano, desconforto térmico, que advém do estudo do conforto térmico. O conforto térmico refere-se à sensação de bem-estar em relação às condições térmicas do ambiente. Este conceito é influenciado por fatores como temperatura do ar, umidade relativa e ventilação (Gomes; Amorim, 2003). Nas áreas urbanas, o conforto térmico está diretamente relacionado à percepção das condições climáticas pelos habitantes e ao equilíbrio entre a temperatura do ambiente e a capacidade do corpo humano de manter sua temperatura interna estável. Nas cidades, as superfícies construídas e a densidade populacional interferem na ventilação natural e aumentam a retenção de calor, o que contribui para o desconforto. O clima urbano, caracterizado por temperaturas elevadas e baixa circulação de ar, gera estresse térmico, que afeta a produtividade e o bem-estar (Rodrigues; Marques; Mendonça, 2012).

O fenômeno das ilhas de calor tem implicações diretas para a saúde das populações urbanas. Pagnossin, Buriol e Gracioli, (2016) pontuam que percepção de conforto térmico é subjetiva, variando de acordo com as preferências individuais, a atividade realizada e o vestuário.

Entretanto, as cidades brasileiras não testemunham apenas as mudanças de temperatura e sensação térmica ao longo do ano. A falta de um planejamento urbano estratégico e adequado faz com que as intempéries, que têm se intensificado nos últimos anos, causem desastres ambientais, sociais e econômicos de maiores impactos.

Kron et al. (2012) pontuam que os desastres naturais possuem 6 classificações:

1. Eventos geofísicos e geológicos (terremoto; erupção vulcânica; tsunamis; [...]);
2. Eventos meteorológicos (ciclones; [...] tempestade de granizo; e de vento local; [...]);
3. Eventos hidrológicos (inundação; tempestade; [...] deslizamentos)
4. Eventos climatológicos (onda de calor; seca; incêndios; onda de frio; geada; [...])
5. Eventos biológicos [...];
6. Eventos extraterrestres (asteroides) (Kron et. al, 2012, p. 536, 537, tradução nossa).

Dentre estes impactos, na escala urbana e deste trabalho, os eventos climáticos e hidrológicos, em especial, onda de calor e inundações, poderiam ser mitigados se um planejamento urbano adequado e sustentável fosse posto em prática.

As enchentes, as enxurradas e as inundações são fenômenos distintos, embora relacionados à dinâmica hidrológica. Piroli (2022) conceitua os 3 fenômenos. Para o autor as enchentes referem-se ao processo cíclico de aumento no volume de água no leito de rios e córregos, sendo diretamente influenciadas pelas características físicas da bacia e pela intensidade das chuvas. Já as enxurradas, por sua vez, decorrem de chuvas concentradas ou do rompimento de estruturas de retenção, podendo ser intensificadas pela impermeabilização do solo em áreas urbanas, o que eleva os riscos de prejuízos materiais e perdas humanas. Por fim, as inundações diferem dos outros processos por envolverem o extravasamento das águas para áreas historicamente não alagáveis, afetando diretamente populações, infraestruturas e atividades econômicas, sendo frequentemente associadas a alterações no uso da terra nas bacias hidrográficas. Embora relacionados, esses processos apresentam causas e impactos específicos que requerem estratégias distintas de manejo e prevenção.

Fundamentando Piroli (2022), Tucci (1993) aponta que as enchentes decorrem de eventos climáticos em que a precipitação é mais intensa do que o esperado e a quantidade de água que chega ao curso d'água supera sua capacidade de drenagem. Nas áreas urbanas, as enchentes decorrem principalmente da ocupação desordenada e da impermeabilização do solo, que altera o ciclo hidrológico natural e intensifica o escoamento superficial.

De acordo com Piroli (2022), a urbanização desordenada e a ocupação inadequada de áreas ambientalmente sensíveis, como margens de rios e encostas de morros, têm agravado o efeito das inundações nas cidades brasileiras. A impermeabilização do solo, característica das áreas urbanas, reduz a capacidade de infiltração das águas pluviais, ampliando o escoamento superficial e concentrando grandes volumes de água em cursos naturais, muitas vezes alterados, tamponados ou obstruídos, contribuindo para a ocorrência de enchentes e outros problemas associados, resultando em prejuízos sociais e ambientais significativos.

Segundo Tucci (2007), assim como as inundações, as enchentes resultantes da urbanização, decorrem da construção de superfícies impermeáveis, como ruas e telhados, que contribuem para a redução da infiltração e aumento do volume e velocidade do escoamento da água pluvial. Esse processo exige maior capacidade das seções de drenagem, podendo gerar inundações localizadas em decorrência de erros de projeto, estrangulamento de rios e acúmulo de sedimentos e lixo.

As enchentes em cidades de médio porte estão diretamente relacionadas ao processo de urbanização desordenada e à falta de planejamento integrado da drenagem urbana. Conforme Tucci (2007), a urbanização em bacias hidrográficas pequenas e médias intensifica o escoamento superficial devido à impermeabilização do solo, sobrecarregando tanto os sistemas de drenagem secundária quanto os de macrodrenagem e a expansão urbana destas cidades tendem ocorrer no sentido de jusante para montante, aumentando o impacto das novas ocupações sobre as áreas mais antigas e localizadas a jusante, gerando maiores riscos de inundações e prejuízos econômicos e sociais.

A substituição de formações nativas por usos antrópicos, sem considerar os limites de resiliência ambiental, interfere diretamente no ciclo hidrológico, pois reduz a capacidade do solo de reter água, dificultando a reposição do lençol freático e comprometendo o abastecimento das nascentes (Piroli, 2022).

Para o autor:

Em áreas urbanas a água que deixa de infiltrar, impedida por telhados, concreto e asfalto, além de não contribuir para a recarga dos aquíferos, escoar concentrada, em volumes consideráveis, que em alguns casos conseguem arrastar veículos e pessoas e destruir estruturas. Ao chegar aos pontos mais baixos do relevo, essa água que não infiltrou e não foi retida temporariamente ao longo do caminho causa inundações que afetam as vias públicas e também atividades as mais diversas, além de colocar em risco a saúde e a vida de pessoas e animais (Piroli 2022, p.28).

No que se refere às inundações de acordo com o *The Emergency Events Database* (EM-DAT) um portal desenvolvido em parceria com o Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (CRED) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2022, o mundo registrou 387 ocorrências de desastres naturais, 12 se concentravam no Brasil e, na média histórica, entre

2001 e 2021 o número de desastres ambientais era de 370. Neste ano, o Brasil ocupou uma das posições no *Top 10 mortality – 2022*, registrando um total de 272 mortes, por inundação no país, neste período o mundo registrou 7954 mortes por ocorrências de inundações contra a média de 5195 mortes entre os períodos 2002-2021. Isso aponta que este tipo de desastre ambiental tem se intensificado em todo mundo (EM-DAT, 2023).

Guo, Mingfu e Yu (2021) discutem às inundações como um risco natural frequente e de grande impacto socioeconômico e ambiental em todo o mundo. O risco é especialmente elevado em áreas urbanas devido às mudanças no uso do solo e aos processos hidrológicos alterados por atividades humanas. As inundações pluviais são resultantes da sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana durante chuvas intensas e receberam historicamente menos atenção na gestão de riscos em comparação com as inundações fluviais e costeiras. No entanto, esses eventos podem ser igualmente devastadores. Os prejuízos são diretos e indiretos, como a destruição de infraestruturas críticas, há também impactos indiretos, como a perda de produtividade e oportunidades econômicas. Devido às mudanças climáticas, a frequência e a gravidade dessas inundações tendem a aumentar.

No Brasil, ainda é amplamente utilizado um sistema tradicional de drenagem urbana de águas pluviais, fundamental para prevenir enchentes, inundações, alagamentos e a degradação ambiental. De acordo com Tucci (2008) o Brasil se encontra em um estágio de desenvolvimento hídrico denominado "fase higienista". Essa fase remonta aos anos 1970, quando o foco estava na eliminação de doenças por meio do abastecimento de água potável e coleta de esgoto, sem o devido tratamento dos efluentes e com o manejo inadequado da drenagem urbana. Muitas cidades brasileiras ainda carecem de um sistema eficaz de tratamento de esgoto, resultando em um cenário de poluição hídrica e aumento da vulnerabilidade a desastres naturais como enchentes. Em pleno século 21, o país ainda apresenta uma infraestrutura obsoleta, com drenagem pluvial não dimensionada para enfrentar eventos climáticos atípicos e extremos, com graves consequências sociais e ambientais.

Parte dos desastres urbanos é atribuída a um modelo de drenagem pluvial tradicional, que não está dimensionado para lidar com eventos climáticos atípicos e extremos. Esse sistema, que geralmente utiliza galerias de águas pluviais e canais, é amplamente empregado para controlar o escoamento das águas da chuva. No entanto, esses métodos apresentam limitações consideráveis. A impermeabilização do solo, por exemplo, reduz a capacidade de infiltração natural da água, o que aumenta o escoamento superficial e, consequentemente, eleva o risco de enchentes e contaminação dos corpos d'água. Além disso, a dependência exclusiva de infraestrutura cinza (como canais e galerias) gera altos custos de manutenção e torna o sistema menos resiliente a eventos climáticos extremos, comprometendo a eficácia da drenagem urbana (Tucci, 2008).

Em síntese, ao produzir cidades que promovem a substituição de áreas verdes por construções e vias pavimentadas, modifica os processos de troca de energia, calor e umidade, o que resulta em fenômenos característicos como ilhas de calor e inversão térmica. Tais fenômenos são intensificados pela presença de grandes aglomerados populacionais, pela redução de vegetação e pelo aumento de superfícies impermeáveis que, em conjunto, alteram

a circulação atmosférica e a qualidade do ar, tornando o ambiente mais hostil e influenciando a qualidade de vida nas cidades (Rodrigues, Marques e Mendonça, 2012).

4.5 Drenagem Sustentável: Soluções Baseadas na Natureza

Analisando a realidade em que o planeta que habitamos, se encontra, faz-se necessário rever como planejamos nossas cidades e como promovemos a gestão do meio natural com eficácia, promover a aplicabilidade de um modelo que incorpore soluções baseadas na natureza e promova a sustentabilidade nas cidades é essencial.

A drenagem sustentável surge como uma alternativa eficaz à drenagem tradicional, oferecendo soluções que integraram os processos naturais ao planejamento urbano. Visando contribuir para a redução de alagamentos, a melhoria da qualidade da água e a promoção de uma cidade mais resiliente, esta solução sustentável se baseia em processos naturais para uma cidade mais sustentável e em equilíbrio com a natureza.

Segundo Porto *et al.* (1993), drenagem urbana é definida como um conjunto de estratégias e ações voltadas para mitigar os riscos de inundações, reduzir os danos causados por esses eventos e permitir o crescimento urbano de forma equilibrada e sustentável. O conceito de drenagem urbana transcende a simples execução de obras estruturais, abrangendo também aspectos legais, institucionais, técnicos e sociais. Para alcançar soluções eficazes, é essencial que haja um planejamento integrado que inclua políticas públicas específicas para o setor, uma gestão adequada do uso do solo e a implementação de medidas tanto de curto quanto de longo prazo. Esse processo requer a atuação de entidades responsáveis que possuam a tecnologia necessária e possam aplicar normas, realizar obras e promover a participação da sociedade, garantindo uma gestão eficiente e sustentável da drenagem urbana.

O gerenciamento das águas pluviais incorpora um dos elementos essenciais de infraestrutura no planejamento de drenagem urbana. Como já pontuado, no Brasil ainda se utiliza a metodologia tradicional de drenagem, e ainda está em uma fase higienista, buscando um tratamento de esgoto eficiente, em países em desenvolvimento as cidades variam nas fases de desenvolvimento das águas urbanas. Em países desenvolvidos, grande parte dos problemas foram resolvidos no que diz respeito ao abastecimento de água, tratamento de esgoto e controle quantitativo da drenagem urbana (Tucci, 2002).

O autor ainda afirma que a forma como conduzimos a gestão da drenagem urbana nas cidades brasileiras não incentiva a prevenção de situações problemáticas, como as inundações, com a gestão pública se propondo a, sempre que ocorrem situações deste nível, declarar calamidade pública. Tucci (2002) pontua, objetivando melhoria da gestão de drenagem urbana, que para que não ocorra maiores prejuízos a população e ao meio ambiente, faz-se necessário mudanças substanciais no gerenciamento, com profissionais que trabalhem para alterar a realidade das cidades que gerem em ação coordenada com as esferas de poder público. Essa solução é proposta através de uma drenagem urbana sustentável, com medidas não-estruturais e estruturais.

Para promover uma solução baseada na natureza, a drenagem urbana sustentável que deve se respeitar as características do ciclo hidrológico, propiciando a sua manutenção, no

tempo, no espaço e no tocante à qualidade da água. Pompeo (2000) define a drenagem urbana como o conjunto de ações para controlar o escoamento das águas pluviais e mitigar enchentes em áreas urbanas. Tradicionalmente, priorizou-se a rápida evacuação da água por meio de galerias pluviais, transferindo os problemas para outras regiões. Abordagens mais recentes enfatizam soluções sustentáveis, como áreas de infiltração e reservatórios de contenção, integrando a drenagem ao planejamento urbano. Assim, a drenagem urbana sustentável busca equilibrar desenvolvimento e meio ambiente, garantindo a resiliência das cidades.

Para Alencar (2017) drenagem urbana sustentável trata-se de um sistema que prioriza a utilização de dispositivos capazes de retardar a chegada das águas aos corpos d'água, resultando na diminuição da vazão de pico, prevenindo inundações e protegendo as áreas adjacentes aos corpos hídricos. Isso ocorre porque os dispositivos contribuem para a redução do volume hídrico excedente proveniente dos processos de urbanização e impermeabilização do solo, colaborando também no controle de poluentes provenientes do escoamento superficial, uma vez que alguns componentes da microdrenagem realizam a filtragem da água, apresentando maior eficácia no controle da qualidade da água dos corpos hídricos quando comparado ao tratamento realizado no sistema de macrodrenagem (Alencar, 2017).

Outros autores defendem que, no contexto da drenagem urbana sustentável, é essencial respeitar as características do ciclo hidrológico, garantindo sua manutenção ao longo do tempo, no espaço e em relação à qualidade da água. Esse enfoque visa evitar os problemas gerados pela drenagem convencional, além de reduzir os impactos ambientais resultantes do processo de urbanização (Ripol e Silva; Pinheiro; Dias Lopes, 2013).

Com objetivo de promover um manejo mais eficiente das águas pluviais, soluções baseadas na natureza são apresentadas. Classificados como infraestruturas verdes e azuis, onde as verdes referem-se a sistemas naturais ou semi-naturais que facilitam a infiltração e retenção de águas pluviais, diminuindo a sobrecarga nos sistemas de drenagem convencionais e reduzindo o risco de inundações e as azuis são sistemas de drenagem naturais que contribuem para a regulação do ciclo hidrológico e a preservação dos ecossistemas aquáticos Davies *et al.* (2015).

Sowińska-Świerkosz e García (2022) apresentam a conceituação das Soluções Baseadas na Natureza (SBN), em suma o termo surge como alternativa inovadora para gerenciar os sistemas naturais, equilibrando os benefícios para a natureza e a sociedade. São definidas como ações que abordam simultaneamente desafios ambientais, sociais e econômicos, inspiradas ou apoiadas pela natureza.

O conceito de Soluções Baseadas em Infraestrutura Verde (BGI) tem ganhado destaque nas últimas décadas como uma alternativa eficaz para o manejo de águas pluviais urbanas, elas auxiliam no controle das águas pluviais, promovendo sustentabilidade ambiental, propostas em duas categorias, de grande e pequena escala. Na BGI de grande escala, as soluções baseadas na natureza são lagoas e bacias de retenção e em pequena escala utilizam de soluções como telhados verdes, pavimentos permeáveis, sistemas de biorretenção, entre outros. BGI de pequena escala são mais aplicáveis em áreas urbanas com densidade construtiva elevada, pois são elementos que facilitam a infiltração da água no solo e auxiliam na redução do impacto de escoamento das águas pluviais (Moghanlo; Raimondi, 2025).

Addo-Bankas *et al.* (2024) apresenta uma cronologia ilustrando os marcos significativos no desenvolvimento e implementação da Infraestrutura Verde ao longo dos últimos 50 anos:

- Década de 1970: A criação da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) .
- Década de 1980: Em 1987, foi criada a National Green Networks nos Estados Unidos.
- Década de 1990: Em 1991, a Nova Zelândia adotou o Manual de Projeto de Baixo Impacto revisado como parte da Lei de Gestão de Recursos.
- Anos 2000: A Comissão Europeia lançou, em 2008, o Prêmio Capital Verde Europeia (EGCA), com o intuito de reconhecer cidades que implementaram práticas de IG.
- Década de 2010: Em 2014, o governo chinês implementou a “Iniciativa Cidade Esponja”, manejo de águas pluviais e controle de inundações nas áreas urbanas por meio de soluções baseadas na infraestrutura verde.
- Presente: A Iniciativa Cidade Esponja resultou em projetos implementados em 30 cidades-piloto na China. (Addo-Bankas *et al.*, 2024, p.5, tradução nossa)

De acordo com Gong e Hu (2017), infraestrutura verde de águas pluviais:

[...] é definida como uma abordagem de gerenciamento de águas pluviais que simula os processos de hidrologia natural na escala do local e do edifício, ou seja, a Infraestrutura Verde de Águas Pluviais, que se refere a várias medidas ecológicas para gerenciamento de águas pluviais. A GSI é diferente da rede de tubulação municipal tradicional, que inclui uma série de elementos de gerenciamento de águas pluviais que consistem em infraestruturas cinzentas relacionadas à planta, ao solo e à chuva (Gong e Hu, 2017, p. 220, tradução nossa).

Nesta ótica, a Infraestrutura Verde é uma solução inovadora para lidar com os desafios da gestão da água nas cidades, combinando recursos naturais e tecnologias sustentáveis para reduzir enchentes e melhorar a qualidade da água. Além de ajudar na conservação e no armazenamento da água, a Infraestrutura Verde também traz benefícios como a purificação de poluentes, a criação de espaços urbanos mais verdes e a promoção da biodiversidade. Para os autores é fundamental que se invista nessa abordagem pois isso significa tornar as cidades mais resilientes, garantindo água limpa e um ambiente mais saudável para as próximas gerações (Addo-Bankas *et al.*, 2024; He *et al.*, 2021; Maes *et al.*, 2019).

Outros autores apontam que, a Infraestrutura Verde é um conceito multidisciplinar que integra o desenvolvimento urbano com soluções ambientais sustentáveis, visando minimizar os impactos da urbanização sobre os recursos naturais. No contexto da gestão hídrica, a Infraestrutura Verde abrange diversas estratégias e intervenções, como jardins de chuva, biovaletas, telhados verdes e pavimentos permeáveis, que auxiliam na infiltração e no controle da qualidade e quantidade das águas pluviais (Ying *et al.*, 2022; Zhang, Chui, 2019; Oijstaeijen, Passel, Cools, 2020).

4.6 Planejamento Urbano e Bioconstrução

O planejamento urbano desempenha papel essencial na configuração das cidades, pois a falta de infraestrutura adequada e o acesso limitado a serviços essenciais podem intensificar a vulnerabilidade das comunidades. Em muitos casos, a ausência de um

planejamento adequado resulta em áreas com vulnerabilidade climática, causando desconforto ao usufruí deste espaço. (Costa, 2024;).

Para que um planejamento urbano esteja alinhado à sustentabilidade e seus desdobramentos, a implementação de políticas de sustentabilidade urbana se faz necessária. De caráter complexo, devido a sua interdependência com elementos que configuram o meio urbano, economia, cultura, infraestrutura, recursos naturais, desafios sociais e ambientais, demanda-se uma integração destes sistemas para que as decisões sejam tomadas em diversas escalas e formas de governança (Kalantari *et al.*, 2019).

Seguindo o conceito de infraestrutura verde, para que esta seja executada é adequado que se utilize técnicas e materiais sustentáveis. Neste sentido, a bioconstrução é uma alternativa sustentável dentro da construção civil, priorizando o uso de materiais de baixo impacto ambiental, a adaptação ao clima local e a gestão eficiente de resíduos. Segundo Francisco, Santos e Silva (2023), essa abordagem busca minimizar os impactos ambientais desde o planejamento até a utilização da edificação, integrando técnicas sustentáveis que valorizam materiais regionais, como o solo, reduzindo custos de produção e proporcionando maior conforto térmico.

Embora a bioconstrução utilize majoritariamente materiais naturais e recicláveis, ela não exclui a aplicação de produtos industriais e tecnológicos. Segundo Cantarino (2006), esse modelo construtivo integra o uso de matérias-primas naturais ou recicladas disponíveis no local, aproveitamento da água da chuva, energia renovável e reciclagem de resíduos. A bioconstrução se apresenta como uma estratégia viável para tornar a arquitetura e a engenharia civil mais alinhadas com a sustentabilidade e o bem-estar das comunidades.

Okimoto (2021) afirma que a bioconstrução trata, além de materiais de construção melhores e de menores impactos negativos, as infraestruturas urbanas de saneamento, de transporte e mobilidade também devem ser bioconstruídas, alinhadas aos processos naturais existentes.

5 DISCUSSÕES

A revisão apresentada destaca que a urbanização intensa e a impermeabilização do solo têm agravado problemas como enchentes e ilhas de calor, exigindo alternativas sustentáveis na gestão de drenagem urbana (Tucci, 2007; Piroli, 2022). A infraestrutura cinza tradicional, baseada na canalização de águas pluviais, tem mostrado limitações na capacidade de lidar com eventos climáticos extremos e na conservação de recursos hídricos (Tucci, 2008; Porto *et al.*, 1993). Em contraste, soluções baseadas na natureza, como biovaletas, telhados verdes e pavimentos permeáveis, têm demonstrado eficiência na redução do escoamento superficial e na melhoria da qualidade da água (Moghanlo e Raimondi, 2025; Addo-Bankas *et al.*, 2024).

A análise também evidencia a importância dos parques urbanos na gestão ambiental das cidades. Parques são fundamentais para a mitigação de ilhas de calor e a retenção de águas pluviais, além de promoverem espaços de lazer e biodiversidade (Farr, 2013; Zhang e Qian, 2024). A implementação de infraestruturas verdes em parques urbanos possibilita a integração

de estratégias sustentáveis de drenagem e planejamento urbano (Sakata e Gonçalves, 2019). Contudo, desafios persistem, como a necessidade de investimentos em políticas públicas e a conscientização sobre a relevância dessas soluções para a qualidade de vida urbana. No contexto da drenagem urbana sustentável e das infraestruturas verdes, o planejamento urbano com foco em bioconstrução pode criar soluções arquitetônicas e urbanísticas inovadoras, contribuindo para a regeneração ambiental e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou que a infraestrutura verde de drenagem urbana representa uma alternativa eficaz para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas e seus efeitos no meio urbano, no que diz respeito a gestão de águas pluviais. A implementação de soluções baseadas na natureza integrada à drenagem sustentável pode contribuir significativamente para a resiliência climática e a melhoria da qualidade de vida nas cidades. Para avançar nessa direção, é essencial fortalecer políticas públicas e incentivar a adoção destes mecanismos, promovendo um planejamento urbano mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDO-BANKAS, O.; WEI, T.; ZHAO, Y.; BAI, X.; NÚÑEZ, A. E.; STEFANAKIS, A. **Revisiting the concept, urban practices, current advances, and future prospects of green infrastructure**. *Science of the Total Environment*, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724066294>

ALENCAR, J.C. - **Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré**. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017. <https://doi.org/10.11606/T.3.2017.tde-01092017-150153>

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANA NETO, J. L. **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)**. *Confins*, n. 7, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.6070>

AMORIM, N.C.R. **Configurações fluviais e urbanas: uma análise dos espaços livres**. *Oculum Ensaios*, v. 21, e245316, 2024. <https://doi.org/10.24220/2318-0919v21e2024a5316>

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. Curitiba, Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328067418.pdf>

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BARROS, D. A. **Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira**. *Ciência Rural*, v. 41, n. 7, p. 1202–1210, jul. 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Novo Código Florestal**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

_____. Lei nº 14.285 de 29 de dezembro de 2021. **APPs em áreas urbanas consolidadas**. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/35368534/publicacao/35374230>.

CANTARINO, C. **Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas**. *Inovação Uniemp*, Campinas, v. 2, n. 5, nov./dez. 2006. Disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942006000500025&lng=es&nrm=is

CASTRO, César Nunes de. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. 281 p. : il., gráfs., mapas color. Inclui Bibliografia. ISBN 978-65-5635-031-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-031-8>

COSTA, Marco Aurélio. **Diálogos para uma Política Nacional de Desenvolvimento Urbano: temas transversais à PNUD**. Brasília: Ipea, 2024. v.3. ISBN: 978-65-5635-069-1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-069-1>

CULLEN, G. **Paisagem Urbana**, Edições 70. 2008, p. 208. ISBN-13: 978-9724414010.

DAVIES, R.; MACFARLANE, C.; MC GLOIN, M.; ROE, M. **Green infrastructure planning guide**. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1191.3688>

FARR, D. **Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Ed. Bookman, Porto Alegre, 2013, p. 326

FERREIRA, J. S. W. **A cidade para poucos: breve história da propriedade urbana no Brasil**. In: Simpósio interfaces das representações urbanas em tempos de globalização, 2005, Bauru. **Anais do Simpósio Interfaces das Representações Urbanas em Tempos de Globalização**. Bauru: UNESP; SESC, 2005. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5666586/mod_resource/content/1/propurb.pdf

GOMES, Marcos A. S.; AMORIM, Margaret C. C. T. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP)**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 4, n. 10, p. 94–106, 2003. DOI: 10.14393/RCG41015319. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15319>

GONG, C.; HU, C. **The research of gray space design of architecture based on green stormwater infrastructure application**. In: International Conference – Alternative And Renewable Energy Quest, AREQ 2017, 1-3 February 2017, Spain. Energy Procedia, v. 115, p. 50-57, 2017. DOI:10.1016/j.egypro.2017.05.020

GORSKI, M. C. B. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008

GUO, K.; MINGFU, G.; YU, D. Modelagem de inundações de águas superficiais urbanas – uma revisão abrangente dos modelos atuais e desafios futuros. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 25, p. 2843-2863, 2021. <https://doi.org/10.5194/hess-25-2843-2021>

HE, C.; LIU, Z.; WU, J.; PAN, X.; FANG, Z.; LI, J.; BRYAN, B. A. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nature Communications**, v. 12, art. 4667, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-25026-3>

IBGE (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística). **Dados históricos dos censos demográficos**. 2013. Disponível em: <https://memoria.ibge.gov.br/historia-do-ibge/historico-dos-censos/dados-historicos-dos-censos-demograficos.html>

KALANTARI, Z.; FERREIRA, C. S. S.; PAGE, J.; GOLDENBERG, R.; OLSSON, J.; DESTOUNI, G. **Meeting sustainable development challenges in growing cities: Coupled social-ecological systems modeling of land use and water changes**. Journal of Environmental Management, v. 245, p. 471-480, 1 set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128322>

KRON W., STEUER M., LÖW P., WIRTZ A. **How to deal properly with a natural catastrophe database - analysis of flood losses**. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, p. 535–550, 2012. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/12/535/2012/nhess-12-535-2012.pdf>

LORCA, A. M. G. **El Parque Urbano Como Espacio Multifuncional: Origen, Evolución y Principales Funciones**. Paralelo 37º, nº 13, p. 105-111, 1989. Disponível em: [https://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-P37_13-c8/\\$File/P37_13-c8.pdf](https://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-P37_13-c8/$File/P37_13-c8.pdf)

MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: Edusp/Imprensa Oficial de São Paulo, 2002.

MAES, J.; ZULIAN, G.; GÜNTHER, S.; THIJSEN, M.; RAYNAL, J. **Enhancing resilience of urban ecosystems through green infrastructure (EnRoute)**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2019. ISBN 978-92-76-00271-0. DOI:10.2760/689989.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana: Urban environment**. Masquatro Editora, Porto Alegre, p. 199, 2009.

MELO, H. M. S.; LOPES, W. G. R. SAMPAIO, D. B. **Os parques urbanos na história da cidade: percepção, afetividade, imagem e memória da paisagem**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, Tupã – SP, v. 5, n. 32, p. 103-118, 2017. Disponível em: https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/viewFile/1598/1585

MDR (Ministério do Desenvolvimento Regional). **Guia para elaboração e revisão de planos diretores**. Brasília: MDR. 553 p. 2022. Disponível em: <https://www.capacidades.gov.br/capaciteca/guia-para-elaboracao-e-revisao-de-planos-diretores>

MOGHANLO, S. J.; RAIMONDI, A. **Impacts of blue-green infrastructures on combined sewer overflows**. Nature-Based Solutions, v. 7, p. 1-10, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100208>

OIJSTAEIJEN, W.; PASSEL, S. V.; COOLS, J. **Urban green infrastructure: A review on valuation toolkits from an urban planning perspective**. Journal of Environmental Management, v. 267, p. 110603, 1 ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110603>

OKIMOTO, Fernando Sérgio. **Permacultura Urbana: políticas públicas para a produção e para a vivência nas cidades durante e pós-pandemia**. In: Pandemia Do Coronavírus: abordagem multidisciplinar. Tupã: Anap, 2021. p. 235-261.

PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; GRACIOLLI, M. A. **Influência dos Elementos Meteorológicos no Conforto Térmico Humano: Bases Biofísicas**. Disciplinarum Scientia | Saúde, Santa Maria (RS, Brasil), v. 2, n. 1, p. 149–161, 2016. DOI: 10.37777/803. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/803>

PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2022, 141 p. ISBN: 978-65-5714-298-1. <https://doi.org/10.7476/9786557142981>

PORTO, R.; ZAHEH, K. F.; BICEI, C.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 1993. v. 4. p. 805-842. ISBN 978-85-7025-924-0

RIPOL e SILVA, B.; PINHEIRO, H.; DIAS LOPES, D. **Seleção de Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação do Sistema de Drenagem Urbana**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, [S. l.], v. 1, n. 1, 2013. DOI: 10.17271/23188472112013434 Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/434

ROMEIRO, A. R. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**. Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>

SAKATA, F. G.; GONÇALVES, F. M. **Um novo conceito para parque urbano no Brasil do século XXI**. Paisagem e Ambiente, [S. l.], v. 30, n. 43, p. e155785, 2019. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.paam.2019.155785. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/155785>.

SANCHOTENE, M. do C.C. **Conceitos e Composição do índice de áreas verdes**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, n.1, p.4-9, 2004.

SANTOS, M. **Espaço e Sociedade: ensaios**. Petrópolis: Vozes, 156 p., 1982.

_____. *Urbanização brasileira*. São Paulo: Edusp, 1993.

SERRA, Geraldo G. Sobre o Espaço Natural e a Forma Urbana - à guisa de posfácio. **PosFAUUSP**, São Paulo, Brasil, n. 4, p. 39–51, 1993. DOI: [10.11606/issn.2317-2762.v0i4p39-51](https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i4p39-51). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/137031>.

SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ, B.; GARCÍA, J.. **What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification**. *Nature-Based Solutions*, v. 2, dez. 2022, p. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100009>.

TUCCI, C. E. M. **Controle de enchentes**. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 1993. v. 4, p. 621-652. ISBN 978-85-7025-924-0

_____. **Gerenciamento da drenagem urbana**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002. DOI: [10.21168/rbrh.v7n1](https://doi.org/10.21168/rbrh.v7n1)

_____. **Gestão de recursos hídricos no Brasil**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2007. 393 p. ISBN 978-85-8868-621-2

_____. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, São Paulo, Brasil, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Planejamento da paisagem e planejamento urbano: reflexões sobre a urbanização brasileira**. Revista Mato-grossense de Geografia, v. 17, n. 01, p. 101-116, 2014. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geografia/article/view/764>

YING, J.; ZHANG, X.; ZHANG, Y.; BILANBA, S. **Green infrastructure: systematic literature review**. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, v. 35, n. 1, p. 343–366, 2022. DOI: [10.1080/1331677X.2021.1893202](https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202)

ZHANG, F.; QIAN, H. **A comprehensive review of the environmental benefits of urban green Spaces**. *Environmental Research*. Volume 252, Part 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118837>

ZHANG, K.; CHUI, T. F. M. **Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review**. *Science of The Total Environment*, v. 646, p. 1219-1231, 1 jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.355>

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

A concepção e o design do estudo foram desenvolvidos em conjunto entre a orientanda e o orientador, com este último responsável pela definição dos objetivos e da metodologia, orientando a elaboração de cada etapa do estudo. A curadoria dos dados foi realizada pela orientanda, com a supervisão do orientador, garantindo a qualidade e a organização das informações coletadas. A análise formal dos dados foi conduzida pela orientanda, com o apoio metodológico do orientador para a aplicação dos métodos necessários.

A coleta de dados foi realizada pela orientanda, sob a orientação do orientador, que auxiliou na definição da abordagem e nas metodologias aplicadas. A metodologia do estudo foi ajustada e refinada com a colaboração entre ambos, sendo o orientador responsável por fornecer a direção para o desenvolvimento dos métodos. A redação do rascunho inicial foi feita pela orientanda, que seguiu as orientações do orientador para a estruturação do manuscrito.

A revisão crítica do texto foi realizada por ambos, sendo o orientador o responsável pela última revisão para garantir a clareza e a coerência do conteúdo. A revisão final do manuscrito foi realizada pela orientanda, com ajustes realizados para atender às normas da revista, sob a supervisão do orientador. O



trabalho foi coordenado pelo orientador, que garantiu a qualidade geral do estudo, fornecendo orientação contínua durante todo o processo.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Fernanda Nascimento Rigolo e Fernando Sergio Okimoto**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Infraestruturas Verdes de Drenagem e o Projeto Arquitetônico de Parques Lineares: Uma revisão**":

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho.
 2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados.
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito.
-