

Infraestrutura verde: Uma revisão de literatura a partir do campo do urbanismo

Andréa A. Vasconcellos e James Miyamoto

VASCONCELLOS, Andréa A; MIYAMOTO, James. Infraestrutura verde: Uma revisão de literatura a partir do campo do urbanismo. *Thésis*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 16, p. 100-116, dez. 2023

data de submissão: 20/06/2023
data de aceite: 20/09/2023

Andréa A. VASCONCELLOS é Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental; doutoranda do PROURB-FAU-UFRJ; andreavasconcellos.arq@gmail.com

James MIYAMOTO é Doutor em urbanismo; Professor PROURB-FAU-UFRJ; james@fau.ufrj.br

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão de literatura sobre infraestrutura verde, a partir da sistematização do referencial teórico desenvolvido entre os anos de 2021 e 2023 pela pesquisa de doutorado de um dos autores, tendo como principais referências: Benedict, M; McMahon, E., 2006; Ahern, J., 2007 e Pellegrino, P.; Moura, N., 2017. O artigo discorre sobre: a origem do conceito, à luz da evolução do pensamento urbano e ambiental, da relação entre cidade e natureza e dos estudos sobre a paisagem; a construção e disputa por diferentes definições para o termo; a perspectiva infraestrutural e tecnológica da infraestrutura verde dialogando com o conceito de "paisagem infraestrutural"; e as funções da infraestrutura verde a partir dos serviços ecossistêmicos. Ao final, faz uma reflexão sobre alguns desafios e limitações para consolidação da infraestrutura verde como uma infraestrutura urbana, concluindo que, apesar da infraestrutura verde completar, em 2024, 30 anos do seu surgimento ainda existem lacunas do conhecimento a serem preenchidas.

Palavras-chave: infraestrutura verde; cidade e natureza; paisagem infraestrutural; serviços ecossistêmicos; ecologia urbana.

Abstract

This article presents a literature review on green infrastructure, based on the systematization of the theoretical framework developed between 2021 and 2023 in the PhD research by one of the authors, with the main references: Benedict, M; McMahon, E., 2006; Ahern, J., 2007 and Pellegrino, P.; Moura, N., 2017. The article discusses about: the origin of the concept, in light of the evolution of urban and environmental thinking, the relationship between city and nature and studies on the landscape; the construction and dispute for different definitions for the term; the infrastructural and technological perspective of green infrastructure in dialogue with the concept of "infrastructural landscape"; and the functions of green infrastructure from ecosystem services. In the end, it reflects on some challenges and limitations for consolidation green infrastructure as an urban infrastructure, concluding that, despite the green infrastructure are completing, in 2024, 30 years of its emergence, there are still knowledge gaps to be filled.

Keywords: green infrastructure; city and nature; infrastructural landscape; ecosystem services; urban ecology.

Resumen

Este artículo presenta una revisión de la literatura sobre infraestructura verde, a partir de la sistematización del marco teórico desarrollado entre 2021 y 2023 en la investigación doctoral de uno de los autores, con los principales referentes: Benedict, M; McMahon, E., 2006; Ahern, J., 2007 y Pellegrino, P.; Moura, N., 2017. El artículo discute: el origen del concepto, a la luz de la



evolución del pensamiento urbano y ambiental, la relación entre ciudad y naturaleza y los estudios sobre el paisaje; la construcción y disputa por diferentes definiciones del término; la perspectiva infraestructural y tecnológica de la infraestructura verde en diálogo con el concepto de "paisaje infraestructural"; y las funciones de la infraestructura verde a partir de los servicios ecosistémicos. Al final, se reflexiona sobre algunos desafíos y limitaciones para la consolidación de la infraestructura verde como infraestructura urbana, concluyendo que, a pesar de que la infraestructura verde complete, en 2024, 30 años de su surgimiento, aún quedan vacíos de conocimiento por llenar.

Palabras-clave: nfraestructura verde; ciudad y naturaleza; paisaje infraestructural; servicios de ecosistema; ecología urbana.

Origem do conceito "infraestrutura verde"

A infraestrutura verde (IV) surge na década de 1990, nos Estados Unidos, como uma solução para a ocupação urbana ecológica e minimização dos impactos da urbanização tradicional à saúde humana e ambiental (BENEDICT; MCMAHON, 2006). O termo foi cunhado em 1994 no relatório "Creating a Statewide Greenways System: for people, for wildlife, for Florida", elaborado pela Comissão de Greenways da Flórida liderada pelo grupo *The Conservation Fund*, uma organização nacional norte americana voltada para a proteção dos recursos naturais. O relatório dirigido ao governo da Flórida sobre estratégias de conservação do meio ambiente através de corredores verdes (*greenways*)¹ relacionou o sistema de corredores verdes como uma infraestrutura verde, apresentando a noção de que os sistemas naturais são tão ou mais importantes que os componentes da infraestrutura convencional ao funcionamento e desenvolvimento de uma comunidade (figura 1) (FLORIDA GREENWAYS COMMISSION, 1994; BENEDICT; MCMAHON, 2006). A proposta era justamente apresentar uma ruptura ao modelo de desenvolvimento urbano baseado nas infraestruturas convencionais, as quais passam a ser denominadas como infraestruturas cinzas em contraposição às novas alternativas infraestruturais baseadas na natureza, na renaturalização e na revegetação e, por conseguinte, chamadas de verdes (VASCONCELLOS, 2015).

¹ "Um corredor verde (*greenway*) é um corredor de espaço aberto protegido que é administrado para conservação e/ou recreação. A característica comum dos corredores verdes é que todos eles levam a algum lugar. Os corredores verdes seguem características naturais da terra e da água, como encostas e rios, ou características da paisagem humana, como corredores ferroviários ou canais abandonados. Eles ligam parques de reservas naturais, áreas culturais e históricas. Os corredores verdes não só protegem as terras ambientalmente sensíveis e a vida selvagem, mas também podem proporcionar às pessoas acesso a recreação ao ar livre e desfrute da natureza perto de casa" (FLORIDA GREENWAYS COMMISSION, 1994, p.1).

Uma das principais referências no tema é o livro "Green Infrastructure - Linking Landscapes and Communities", publicado em 2006, por Mark Benedict e Edward McMahon, integrantes do grupo *The Conservation Fund*, onde expõem o conceito, as potencialidades e os benefícios da IV, além de apresentarem exemplos bem sucedidos de aplicações, em diferentes escalas. O primeiro esforço de projeto de IV em larga escala



Figura 1

Proposta de Sistema de Greenways para o estado da Florida apresentada no relatório "Creating a Statewide Greenways System: for people, for wildlife, for Florida" (1994), dirigido ao governador da Florida pela Comissão de Greenways da Florida
 Fonte: FLORIDA GREENWAYS COMMISSION, 1994, p.85

nos Estados Unidos foi do Estado de Maryland, ainda na década de 1990. Impulsionado pelo movimento nacional dos corredores verdes, o Departamento de Recursos Naturais de Maryland, em conjunto com a Comissão de Corredores Verdes de Maryland, desenvolveu uma avaliação de IV em todo o estado com base no sistema de informações geográficas (SIG), a partir do mapeamento e priorização de áreas com relevância ecológica (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Até hoje o estado de Maryland é referência internacional em implementação de infraestrutura verde, possuindo uma sessão voltada especificamente para IV dentro do Departamento de Recursos Naturais (figura 2).

Apesar do termo ser relativamente novo, a origem do seu conceito se baseia em estudos sobre a paisagem e as inter-relações do homem e da natureza dos séculos anteriores.

Inúmeras disciplinas contribuíram com teorias, ideias, pesquisas e conclusões para as origens do planejamento e projeto da infraestrutura verde, especialmente as relacionadas às ideias e ações de conservação da natureza através de parques estaduais e nacionais; refúgios da vida silvestre; programas de proteção a florestas, rios e áreas sensíveis; e planos de

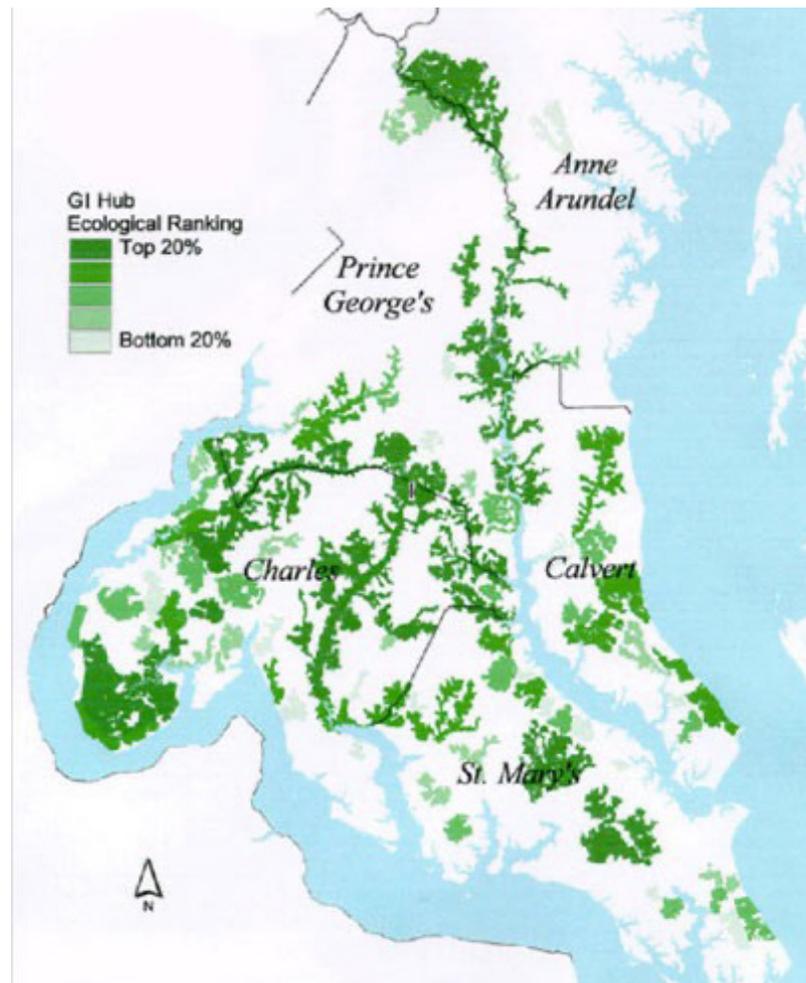


Figura 2

Avaliação da Infraestrutura Verde de Maryland atualizada em 2021. Fonte: DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS DE MARYLAND, 2023. Disponível em: <https://dnr.maryland.gov/land/Pages/Green-Infrastructure-Strategy.aspx>. Acesso em 03/09/2023

desenvolvimento relacionados à natureza nas disciplinas de planejamento urbano, paisagismo e planejamento ambiental. (BENEDICT; MCMAHON, 2006, p:23)

Um marco no pensamento sobre a natureza nas cidades foi a Revolução Industrial, quando se passa a observar as questões de higiene nas funções dos espaços verdes públicos. A partir do final dos 1850, dois modelos de espaços verdes urbanos são difundidos e impulsionam a criação sistemática de espaços verdes públicos nas cidades europeias: o modelo inglês, preconizado pelo jardineiro urbanista Joseph Paxton, com o parque público popular *Birkenhead Park* na cidade industrial de Birkenhead, e o modelo francês, marcado pela "natureza urbanizada" e os "espaços verdes-jantes" de Haussmann, em Paris. (CHOAY, 1999)

Ainda na segunda metade do século XIX, surgem as primeiras ideias e propostas voltadas para preocupa-

ção com a preservação da natureza frente ao avanço das cidades. Um marco disso foi a criação do primeiro Parque Nacional do mundo, o *Yellowstone*, em 1872, nos Estados Unidos. Outros dois marcos foram: o Plano *Emerald Necklace* (colar de esmeralda), também conhecido como o sistema de parques de Boston (1887), do arquiteto-paisagista Frederick Law Olmsted, considerado o primeiro projeto paisagístico de cunho ambiental e estruturador do desenvolvimento de uma cidade; e as “cidades-jardins” de Ebenezer Howard (1898), cuja concepção buscava estabelecer limites físicos e demográficos aliados aos espaços livres verdes. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; TARDIN, 2008; HERZOG, 2009; HERZOG; ROSA, 2010)

A introdução da natureza nas cidades e pelos seus respectivos planos foi se dando de forma diferenciada ao longo do tempo, cabendo destacar os planos urbanos: o Plano de Albercrombie para a Grande Londres (1943), o *Copenhagen Finger Plan* (1947) e o Plano Regional de Estocolmo (1967), que traziam o espaço verde como elemento estruturador do espaço urbano, seja na forma de “cinturões verdes”, “dedos verdes” ou “*parkways*”. Contudo, somente na década de 1970, com os problemas decorrentes do rápido crescimento das cidades, como perda da qualidade de vida, degradação dos espaços livres e a dispersão urbana pelo território, que se começou a introduzir a preocupação de cunho ecológico aos planos urbanos. (TARDIN, 2008; VASCONCELLOS, 2015)

A preocupação com a ecologia² nos planos urbanos é impulsionada por trabalhos como do geógrafo Carl Troll que, na década de 1960, formula o termo “ecologia da paisagem” para descrever um novo campo de conhecimento centrado sobre o arranjo espacial dos elementos da paisagem e como sua distribuição afeta a distribuição e o fluxo de energia e de indivíduos no ambiente (BENEDICT; MCMAHON, 2006) e do urbanista e paisagista Ian McHarg “*Design With Nature*” (1969), onde defende a análise dos aspectos bióticos³, abióticos⁴ e culturais como a base do planejamento urbano (VASCONCELLOS, 2015). O termo “planejamento da paisagem” é definido por Michael Laurie (1975) como:

“[...] a habilidade de tomar decisões baseadas nos critérios de fragilidade e valores que dependem da compreensão do ambiente e dos processos naturais e relações ecológicas básicas que ocorrem. É necessário encontrar uma maneira de avaliar as variáveis do sistema natural para que possam se tornar fatores determinantes poderosos e estratégicos para definir políticas de seu uso e de sua forma na tarefa de planejamento e de projeto”. (LAURIE, 1975, p: 91)

² Ecologia é o estudo das interações dos organismos entre si e com o ambiente, é o “estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações entre estes, bem como a transformação e o fluxo de energia e matéria” (BEGON, 2007).

³ Biótico refere-se àquilo que é característico dos seres vivos, incluem todos os seres/organismos vivos, sejam eles animais, plantas, bactérias, etc.

⁴ Abiótico é antônimo de biótico, refere-se ao meio no qual não há vida. Em ecologia, denominam-se fatores abióticos todas as influências que os seres vivos possam receber em um ecossistema, derivadas de aspectos físicos, químicos ou físico-químicos do meio ambiente, tais como: água, luz, solo, ar, temperatura, vento e outros.

É também a partir da década de 1970 que o movimento ambientalista começa a crescer ganhando materialidade e abrangência internacional. Em 1972, é realizada a Conferência de Estocolmo, primeira Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, um marco do desenvolvimento de políticas ambientais internacionais, com a posterior criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e das agências de proteção ambiental. No mesmo ano o Clube de Roma publica "Limites do Crescimento", problematizando a limitação dos recursos naturais perante o crescimento da população mundial e do modelo de sociedade industrial. Em 1987, é oficializado o termo "desenvolvimento sustentável" pelo Relatório de Brundtland denominado "Nosso Futuro Comum", propondo que se devia atender às necessidades do presente sem comprometer o atendimento às gerações futuras. É nesse contexto que se passa a incorporar a busca pela sustentabilidade como parâmetro urbanístico e soluções para transformação dos modelos de cidades em cidades sustentáveis, e a infraestrutura verde se situa como uma dessas possíveis soluções.

O que é infraestrutura verde?

Para a discussão sobre o significado de infraestrutura verde (IV) e suas funções este artigo faz uma sistematização da revisão de literatura realizada no âmbito da pesquisa de doutorado de um dos autores entre os anos de 2021 e 2023. Dentre as referências utilizadas, as principais foram: o livro "*Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*" publicado, em 2006, por Mark Benedict e Edward McMahon, podendo ser considerados como "os pais da IV" por terem feito parte da Comissão de *Greenways* da Florida que originou o termo da IV, sendo as maiores referências sobre o tema; o capítulo "*Green Infrastructure for cities: The spacial dimension*" do livro "*Cities of the future: towards integrated sustainable water and landscape management*" (2007) escrito pelo também arquiteto e urbanista Jack Ahern, professor emérito da Universidade de Massachusetts e referência na ecologia da paisagem, o qual fornece modelos teóricos e diretrizes para compreender e comparar abordagens de IV; e o livro "Estratégias para uma Infraestrutura Verde", de 2017, organizado por Paulo Pellegrino e Newton B. Moura, arquitetos e urbanistas do laboratório Labverde da Universidade de São Paulo, no qual reúnem diferentes estratégias de IV voltadas para as cidades brasileiras.

Em analogia ao termo “infraestrutura” comumente empregado pelas engenharias que abrange toda a rede física de suporte às atividades humanas em larga escala (PELLEGRINO; MOURA, 2017), a IV não trata apenas de vegetação, mas de encontrar modos seguros de viver, de proteger a biodiversidade, de aprimorar a qualidade da água, de produzir alimentos e energia, entre outros. Mark A. Benedict e Edward T. McMahon, precursores do termo “infraestrutura verde”, definem IV como uma “rede interconectada de espaços verdes que conserva os valores e funções dos ecossistemas naturais e fornece benefícios associados às populações humanas” (BENEDICT; MCMAHON, 2002, p: 12). Desde então, a IV tem recebido diversas apropriações e definições:

A infraestrutura verde é uma rede de espaços verdes multifuncionais (...) definida dentro de, e contribui para, um ambiente natural e construído de alta qualidade, necessária para fornecer habitabilidade para comunidades existentes e novas. (ENVIRONMENT AGENCY ET AL., 2005 *apud* KAMBITES; OWEN, 2006).

É uma rede de espaços abertos (PELLEGRINO; MOURA, 2017) “que integra as distintas infraestruturas através das escalas fornecendo múltiplos serviços ecossistêmicos que beneficiam o bem-estar humano” (MARQUES, 2020, p: 32). Também chamada de “infraestrutura paisagística” (YU, 2006).

Segundo AHERN (2007) a IV é uma “infraestrutura ecológica” capaz de “organizar espacialmente o meio ambiente urbano para dar suporte a uma série de funções ecológicas e culturais” (AHERN, 2007, p: 267). PELLEGRINO; MOURA (2017), por sua vez, abordam o viés da tecnologia e referenciam a IV como “um grande sistema tecnológico de suporte aos processos ecológicos e sociais. Uma infraestrutura baseada no emprego de tecnologias de baixo valor agregado, com uma estrutura espacial descentralizada que utiliza sistemas vivos locais sobre as máquinas com grande valor agregado. (PELLEGRINO; MOURA, 2017)

PELLEGRINO; MOURA (2017) acrescentam, ainda, que a IV é uma infraestrutura resiliente à eventos extremos baseada nos processos da natureza, que utiliza as forças naturais em nosso benefício e aproveita as próprias forças de regeneração da natureza, sendo, também, considerada como sistemas.

A IV apresenta vantagens em relação às infraestruturas convencionais, tipicamente monofuncionais, centralizadoras, especializadas, ineficientes, homogeneizadoras dos espaços e com elevado custo de instalação e manutenção (PELLEGRINO; MOURA, 2017).

Dentre elas, destacam-se: a realização de mais de uma função em um mesmo espaço (multifuncionais) e, quase sempre, por um valor inferior ao custo da infraestrutura convencional, pois utiliza sistemas vivos locais e tecnologias de baixo valor agregado; é um modelo de infraestrutura descentralizada, modular e sem partes insubstituíveis, que propicia a redundância de funções e que pode perder ou adicionar segmentos conforme as condições locais e de impactos imprevistos que sofra, o que reduz a vulnerabilidade do sistema à eventos extremos (PELLEGRINO; MOURA, 2017); não são rejeitadas pela população (BENEDICT; MCMAHON, 2006); e ao contrário da infraestrutura cinza, aumentam seu desempenho e se tornam mais valiosas e durável ao longo do tempo. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; AHERN, 2007; PELLEGRINO; MOURA, 2017; BONZI, 2019)

A infraestrutura verde, diferente das infraestruturas convencionais, não é concebida de maneira a manter seu estado inicial, ao contrário, espera-se que suas características físicas e espaciais mudem com o avanço do tempo – em especial, que seus elementos vegetais cresçam e se desenvolvam. Trata-se, portanto, de uma infraestrutura que se torna mais produtiva com o avanço do tempo. Seu desempenho tende a aumentar porque quanto mais cresce a vegetação maior é a quantidade e a qualidade dos serviços ambientais produzidos. (BONZI, 2019, p.43)

Nessa perspectiva, a IV também atende ao conceito empregado por Guy, Marvin e Moss (2001 *apud* PELLEGRINO; MOURA, 2017) de grande sistema tecnológico (*large technological systems* – GST, acrônimo em português), cuja premissa é de que as redes de infraestruturas precisam ser compreendidas como sistemas complexos que interconectam tecnologias materiais (componentes físicos) com organizações, atores, normas reguladoras, mercado e valores culturais (componentes não materiais). De acordo com os autores, o desenvolvimento de GST não é apenas determinado pelos avanços tecnológicos, mas também pela relação entre esses componentes, sendo um dos propósitos do conceito explicar como essas relações moldam a implantação, evolução e expansão das redes de infraestrutura. Seus principais objetivos incluem a criação de sistemas fechados de forma a excluir elementos competitivos, procurando da diversidade à uniformidade, da pluralidade à centralização e do caos à coerência (GUY; MARVIN; MOSS, 2001 *apud* PELLEGRINO; MOURA, 2017).

Outro conceito intrinsecamente relacionado à IV é o de paisagem infraestrutural, no qual a paisagem é considerada como infraestrutura “produtora de ser-

viços essenciais à habitabilidade e ao bem-estar da população (...) como os das outras infraestruturas” (PELLEGRINO; MOURA, 2017, p.15). De acordo com BELANGER (2016) a projeção da paisagem como infraestrutura torna-se premente à medida que a ecologia se torna a nova engenharia. O autor defende o projeto da infraestrutura paisagística, a partir do desenho estratégico de “ecologias infraestruturais”, no qual uma paisagem sintética de sistemas biofísicos vivos funciona como infraestrutura urbana.

A paisagem quando considerada infraestrutura – atuando como uma rede de condução e distribuição, capaz de mover pessoas, animais, plantas, materiais e processos ecológicos – ultrapassa os limites do seu entendimento mais convencional como uma manifestação cênica de valores estéticos, e, para além da prestação desses serviços culturais, passa a assumir um papel estratégico para a regulação do clima, da água, do solo, tanto quanto a proteção e regeneração dos ecossistemas urbanos, garantindo acesso aos serviços de suporte de bens e produtos que estes proveem, agora e no futuro. (PELLEGRINO; MOURA, 2017, p.18)

Dessa forma, o desenvolvimento da IV busca priorizar a conservação da estrutura e dos processos da paisagem, para manter ou estabelecer conectividade física e funcional de fatores bióticos, abióticos e culturais (AHERN, 2007). O conceito da IV sustenta que a conservação, restauração e manutenção do funcionamento dos sistemas naturais não apenas protegem os valores e as funções ecológicas, mas também promovem diversos benefícios econômicos, sociais e culturais. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; AHERN, 2007; HERZOG, 2009; VASCONCELLOS, 2015)

As soluções de IV podem ser aplicadas às diversas escalas e com inúmeras tipologias, que integradas compõem redes e sistemas de IV. Algumas soluções podem ser aplicadas em tipologias de áreas verdes



Figura 3
Recuperação do rio Cheong-Gye-Cheon, em Seul na Coreia do Sul, antes coberto pelo sistema viário da cidade. Disponível em: GOVERNO METROPOLITANO DE SEUL, 2004 apud REIS; SILVA, 2016, p. 125



Figura 4
 Projeto Parque-Orla Lagoa de Piratininga, em Niterói-RJ, apresenta um sistema de alagados construídos às margens da lagoa (figura 5), incluindo tipologias como bacias de sedimentação (figura 6 e 7) e jardins filtrantes (figura 8 e 9). Fonte: PREFEITURA DE NITERÓI, 2023. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/>. Acesso em: 06/09/2023

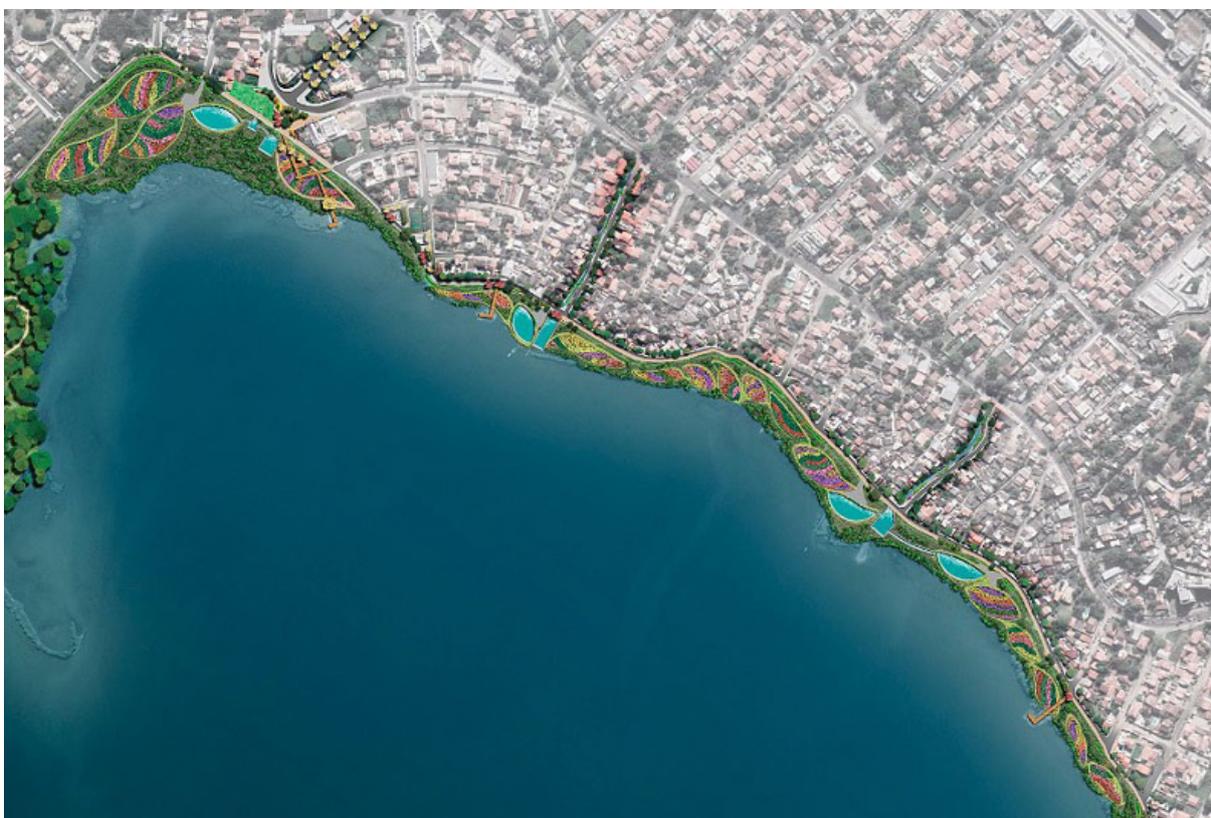


Figura 5
 Ampliação do sistema de alagados construídos às margens da lagoa de Piratininga
 Fonte: PREFEITURA DE NITERÓI, 2023. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/> . Acesso em: 06/09/2023



Figura 6 e 7

Bacias de sedimentação do Projeto Parque-Orla Lagoa de Piratininga

Fonte: PREFEITURA DE NITERÓI, 2023. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/> . Acesso em: 06/09/2023



Figura 8 e 9

Jardim filtrante do Projeto Parque-Orla Lagoa de Piratininga (fase de execução e em funcionamento)

Fonte: PREFEITURA DE NITERÓI, 2023. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/> . Acesso em: 06/09/2023

que já existem, como: corredores ecológicos; hortas urbanas; quintais produtivos; parques urbanos multifuncionais; coberturas e fachadas verdes; reabilitação e renaturalização de rios e lagoas, com recuperação de suas margens e matas ciliares (exemplo: figuras 3 e 4). Já outras tipologias surgem especificamente a partir do campo da IV voltadas para captação, retenção, detenção, purificação ou reúso das águas, tais como: canteiros pluviais; jardins de chuva e filtrantes; biovaletas; bacias de retenção e sedimentação; alagados construídos (exemplos: figuras 5 a 8); lagoas pluviais e lagoas secas. (VASCONCELLOS, 2015; PELLEGRIANO; MOURA, 2017)

Cabe ressaltar que a IV implica em fornecer mutuamente benefícios às pessoas e à natureza (BENEDICT; MCMAHON, 2006), de forma que seus elementos e tipologias precisam necessariamente promover funções ambientais e sociais. Assim, se um elemento ou solução técnica não possuir simultaneamente funções ambientais e de suporte à vida humana nem contribuir indiretamente para estas funções em uma rede de IV, ele não será um componente de uma IV.

A IV usa os espaços abertos (naturais ou construídos) como partes integrantes da rede de infraestrutura e potencializa suas funções ambientais, adaptando superfícies construídas para o incremento de áreas verdes e de suas funções ecológicas. Por isso, nesta abordagem os espaços abertos ou os denominados “espaços livres públicos” não são considerados como “vazios esperando para serem preenchidos” (PELLEGRINO; MOURA, 2017, p.16). A forma de integração desses espaços abertos à rede vai depender das suas características e da qualidade do espaço – se tiver função não é vazio e se não tiver qualquer função, pode ser adaptado ou regenerado.

BONZI (2019) destaca que a IV evidencia e potencializa a dimensão infraestrutural da paisagem ao promover uma série de serviços fundamentais para o bom funcionamento da cidade e o bem-estar humano. Dentre os inúmeros benefícios da IV (ecológicos, sociais, econômicos e culturais), podem ser citados:

(1) a conservação da biodiversidade; (2) o favorecimento ao funcionamento dos sistemas naturais; (3) a proteção dos habitat e de suas conexões; (4) a manutenção das florestas e de áreas cultiváveis; (5) amenização climática; (6) economia, uma vez que as soluções da infraestrutura verde são mais baratas que as da infraestrutura cinza, como sistema de drenagem, filtração e retenção de água; (7) economia com gastos financeiros em mitigação de inundações e purificação da água, uma vez que previne enchentes e protege os mananciais de abastecimento de água potável; (8) prevenção contra processos erosivos; (9) promoção da saúde física e mental do homem, através da relação homem-natureza; (10) aumento da qualidade de vida; (11) aumento das oportunidades de lazer em áreas externas; (12) promove a educação ambiental; (13) direciona o crescimento para fora das áreas risco de desastres naturais, como enchentes, incêndios e deslizamentos; (14) proteção de áreas com potencial turístico, como monumentos naturais, e, conseqüentemente, aumento das oportunidades de retorno financeiro; (15) ajuda na determinação de onde se deve construir; (16) aumenta o valor das propriedades e dos impostos de arrecadação do governo incidentes sobre elas; (17) conciliação das correntes conservacionistas e desenvolvimentistas, reduzindo a oposição ao “desenvolvimento”; (18) e promoção do sentimento de cidadania dentro das comunidades, através do estabelecimento de um consenso sobre seu futuro. (VASCONCELLOS, 2015, p. 38)

A partir da revisão de literatura, a infraestrutura verde pode, então, ser compreendida como uma rede de espaços verdes multifuncionais interconectados que conserva a estrutura e os processos ecológicos da



paisagem e promove a saúde humana e ambiental, necessários à habitabilidade das gerações presentes e futuras. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; KAMBITES; OWEN, 2006; YU, 2006; AHERN, 2007; PELLEGRINO; MOURA, 2017)

Funções da infraestrutura verde

As soluções de IV podem ser agrupadas de acordo com as funções que exercem nos espaços abertos multifuncionais (PELLEGRINO; MOURA, 2017). E dependendo da escala de análise e de aplicação da IV, as possibilidades e potencialidades das funções também mudam (multiescalar e multifuncional), podendo existir funções que se sobrepõem (redundância) e/ou se complementam.

Conforme as definições para IV apresentadas anteriormente, suas funções se baseiam nos tipos de serviços fornecidos e a categorização destes serviços, bem como das múltiplas funções da IV ainda não é um consenso. Para compreender as funções da IV, este artigo traz como referências: a classificação dos serviços ecossistêmicos da Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2003) (quadro 1), e as funções "ABC" da infraestrutura verde de AHERN (2007) (quadro 2), baseadas no modelo de recursos Abiótico, Biótico e Cultural (ABC) (MCHARG, 1969; AHERN, 1995), ambas recorrentemente utilizadas no campo da IV.

Serviços de provisionamento	Serviços de regulação	Serviços culturais
Alimento Água doce Combustível (lenha) Fibras Bioquímicos Recursos genéticos	Regulação do clima Regulação de doenças Regulação de enchentes Purificação da água Polinização	Estético Inspiração Espiritual Educativo Recreativo Herança cultural
Serviços de suporte (apoio)		
Formação de solo	Ciclagem dos nutrientes	Produção primária

Quadro 1

Serviços ecossistêmicos

Fonte: adaptado da Avaliação Ecossistêmica do Milênio, UNEP, 2003

Abiótica	Biótica	Cultural
Integração entre superfície e água subterrânea	Habitat para espécies generalistas	Experiência com os ecossistemas naturais
Produção de solo	Habitat para espécies especialistas	Atividade física
Manutenção do regime hidrológico	Corredores e rotas para o movimento das espécies	Experimentação da história cultural
Ajuste de distúrbio natural	Conservação das alterações e sucessões ecológicas	Senso de isolamento e inspiração
Ciclagem de nutrientes	Produção de biomassa	Oportunidades de interações sociais saudáveis
Sequestro de carbono e de gases efeito estufa	Provimento de reserva genética	Estímulo à expressão artística
Modificação e amenização de extremos climáticos	Suporte para interação flora-fauna	Educação ambiental

Quadro 2
Funções "ABC" da infraestrutura verde
Fonte: adaptado de Ahern, 2007

O Grupo de Trabalho de Avaliação Ecosistêmica do Milênio do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP, 2003) define serviço ecossistêmico como:

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Isso inclui serviços de provisionamento, reguladores e culturais, que afetam diretamente as pessoas, e serviços de apoio necessários à manutenção desses serviços. Mudanças nesses serviços afetam o bem-estar humano por meio de impactos na segurança, material necessário para uma boa vida, saúde e relações sociais e culturais. (UNEP, 2003, p. 78)

KABISCH ET AL. (2017), por sua vez, dividem os serviços ecossistêmicos em duas categorias: serviços reguladores e serviços sociocomportamentais e culturais. PELLEGRINO; MOURA (2017) e BONZI (2019) se apropriam dos serviços ecossistêmicos como serviços ambientais prestados pela natureza, os quais podem ser relacionados à água, à vegetação e à biodiversidade. BONZI (2019) ainda destaca como serviços ambientais importantes para as cidades: a regulação das enchentes, a purificação do ar e da água, a reserva hídrica, entre outros.

Apesar do crescimento da literatura sobre a multiplicidade de benefícios da IV ter gerado uma ampla lista de serviços ecossistêmicos oferecidos pela IV, ainda pouca pesquisa sistemática foi feita para organizá-los e priorizá-los, de forma a contribuir para a tomada de decisão (CAMPBELL-ARVAI; LINDQUIST, 2021). De



acordo com CAMPBELL-ARVAI; LINDQUIST (2021), a operacionalização dos serviços ecossistêmicos requer: uma forma sistemática de identificar e priorizar os serviços ecossistêmicos, para que sejam uma informação útil no momento do projeto e planejamento da IV; e técnicas para representar até que ponto estes serviços são realizados (ou não) através da IV, a fim de orientar a tomada de decisão.

Embora os serviços ecossistêmicos e a classificação "ABC" (abiótica, biótica e cultural) das funções da IV serem comumente empregados nos trabalhos sobre IV, observa-se que ambas abordagens limitam a interação entre ser humano, cidade e natureza. Os serviços ecossistêmicos ao considerar apenas os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (UNEP, 2003), numa abordagem antropocêntrica, exclui os benefícios que o ambiente, enquanto natureza, também obtém dos ecossistemas. AHERN (2007), por sua vez, não inclui a vida humana na perspectiva biótica e busca classificar todos os benefícios da IV ao ser humano na categoria "cultural"⁵, preservando a separação entre natureza e pessoas dos serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, identifica-se como uma limitação a necessidade de uma classificação das funções da IV que atenda de forma mais adequada à visão ecológica.

⁵ O termo "cultura", no campo da antropologia, é entendido como uma produção humana, um produto da interação social, que pode ser definida como um conjunto de significados que são atribuídos às práticas sociais (Laraia, 1996).

Conclusão

Há quase três décadas a IV ocupa relevante espaço no campo do urbanismo sustentável e da ecologia urbana e permanece um conceito atual diante dos enormes desafios socioambientais que as cidades ainda precisam enfrentar rumo à sustentabilidade, despertando a atenção e interesse no aprofundamento da sua temática em diversas publicações, bem como aplicações práticas e políticas públicas.

A IV traz benefícios ao meio ambiente e às pessoas, pois promove a conservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos e dos processos ecológicos que sustentam a vida. Também identifica e direciona áreas propícias às diversas atividades humanas, a partir da identificação prévia das áreas importantes à preservação e manejo, de modo que não interfiram nas dinâmicas da paisagem nem ocupem áreas cuja capacidade de suporte seja incompatível, como também adapta áreas já ocupadas, reduzindo as vulnerabilidades ambientais e contribuindo para a saúde humana e ambiental.

As múltiplas investigações e as diversas apropriações da IV, por um lado, têm ampliado o campo do co-

nhecimento, por outro lado, contudo, não tem gerado um consenso entre os autores sobre sua definição e aplicação. Tal generalização pode ser considerada um desafio para a consolidação da IV como uma infraestrutura urbana e levar ao enfraquecimento do seu potencial de contribuição para tornar as cidades mais sustentáveis e ecológicas.

Outro desafio para o avanço da implementação da IV como uma infraestrutura urbana situa-se na carência de informações estruturadas para subsidiar à tomada de decisões. Conforme discutido, a categorização dos benefícios e das múltiplas funções da IV também ainda não é um consenso e a pouca pesquisa sistemática voltada para identificação e priorização dos serviços oferecidos pela IV, dificultam a mensuração e operacionalização destes fatores pelos tomadores de decisão.

Assim, embora a IV esteja completando 30 anos do seu surgimento e a extensa literatura a seu respeito demonstre que a IV, de fato, é uma estratégia necessária para a coexistência entre cidade e natureza, defendida desde a década de 1990, a partir da lógica dos sistemas de corredores verdes para a conservação e manutenção dos sistemas ecológicos naturais essenciais à sustentabilidade das cidades, ainda existem lacunas do conhecimento a serem preenchidas para que a IV seja efetivamente incorporada na prática como uma rede física de suporte às atividades humanas.

Referências

AHERN, J. *Greenways as a Planning Strategy*. Landscape and Urban Planning, v.33, 1995, pp.131-155.

AHERN, J. Green Infrastructure for cities: The spacial dimension. In: NOVOTNY, V; BROWN, P. (Orgs). *Cities of the future: towards integrated sustainable water and landscape management*. IWA Publishing. University of Massachusetts. 2007, pp.267-283.

BEGON, M.; Harper, J. L.; Townsend, C. R. *Ecologia: de indivíduos à ecossistemas*. 4ª Ed., Artmed, 2007.

BÉLANGER, P. *Landscape as infrastructure: a base primer*. Routledge, 2016.

BENEDICT, M.; MCMAHON, E. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21 Century*. Renewable Resources Journal, v.20, n. 3, 2002, pp.12-17.

BENEDICT, M.; MCMAHON, E. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington, D.C.: Island Press, 2006.

BONZI, R. *A dimensão infraestrutural da paisagem: uma estratégia para a "crise hídrica" da Grande São Paulo*. Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Uni-

versidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2019.

CAMPBELL-ARVAI, V.; LINDQUIST, M. *From the ground up: Using structured community engagement to identify objectives for urban green infrastructure planning*. Urban Forestry & Urban Greening, n.59, 2021, pp.1-13.

CHOAY, Françoise et al. *A natureza urbanizada, a invenção dos "espaços verdes"*. Projeto História: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados de História, v. 18, 1999.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS DE MARYLAND. *Site do Departamento de Recursos Naturais do Estado de Maryland, Estado Unidos*, 2023. Disponível em: <https://dnr.maryland.gov> . Acesso em 03 set. 2023

FLORIDA GREENWAYS COMMISSION. *Creating a Statewide Greenways System: for people, for wildlife, for Florida*. Tallahassee, Florida Greenways Commission, 1994.

HERZOG, C.P. *Guaratiba verde: subsídios para o projeto de infra-estrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: UFRJ / FAU, 2009.

KAMBITES, C.J., OWEN, S. *Renewed prospects for green infrastructure planning in the UK*. Planning Practice and Research, v. 21, n. 4, 2006, pp. 483-496.

LARAIA, R. B. *Cultura: Um conceito antropológico*. 11 edição. Rio de Janeiro, Zahar editor, 1996.

LAURIE, M. *Introduction to landscape architecture*. American Elsevier Pub. Co., 1975.

MARQUES, T. H. *Eixos Multifuncionais: Infraestrutura Verde e Serviços Ecosistêmicos urbanos aplicados ao córrego Mandaqui, São Paulo, SP.* / Taícia Helena Negrin Marques; orientador Maria de Assunção Ribeiro Franco. - São Paulo, 2020. 212 f. (Tese de Doutorado)

MCHARG, I. L. *Design with nature*. New York: American Museum of Natural History, 1969.

PELLEGRINO, P.R.M., MOURA, N.B. (org.). *Estratégias para uma Infraestrutura Verde*, 1ª edição, São Paulo: Manole, 2017.

PREFEITURA DE NITERÓI. *Site do Programa Região Oceânica Sustentável da Prefeitura de Niterói*, 2023. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/> . Acesso em: 06 set 2023.

REIS, L. S.; SILVA, R. L. M. *Decadência e renascimento do Córrego CheongGye em Seul, Coreia do Sul: as circunstâncias socioeconômicas de seu abandono e a motivação política por detrás do projeto de restauração*. Urbe.Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 8, n. 1, 2016, pp. 113-129.

TARDIN, R. *Espaços livres: sistema e projeto territorial*. Rio de Janeiro: 7 Letras.

UNEP. United Nations Environment Programme. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, 1718 Connecticut Avenue, N.W., Suite 300, Washington, DC, 2003

VASCONCELLOS, A.A. *Infraestrutura Verde Aplicada ao Planejamento da Ocupação Urbana*. ISBN 978-85-8192-630-8.1. ed. Curitiba: Appris, 2015.

YU, Kongjian; Padua, M. *The art of survival: recovering landscape architecture*. Mulgrave: Images Publishing Group Pty. Ltd., 2006.

