

INFRAESTRUTURA VERDE: ALTERNATIVA PARA A CRIAÇÃO DE CIDADES RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

Maria Lucia Solera¹

Aline Ribeiro Machado²

Caroline Almeida Souza³

Giuliana Del Nero Velasco⁴

Mariana Hortelani Carneseca Longo⁵

Priscila Ikematsu⁶

Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral⁷

Introdução

A redução da cobertura vegetal e das áreas públicas de lazer; a impermeabilização do solo e alterações em rios e córregos, com modificações do ciclo hidrológico, desencadeando inundações; mudanças nos padrões de precipitação e ilhas de calor, além de agravar a qualidade do ar e das águas superficiais, são alguns dos problemas relacionados ao crescimento acelerado da urbanização. A redução dos espaços naturais que geram múltiplos serviços ecossistêmicos, também influencia na oferta dos benefícios ecológicos, econômicos e sociais (MARCHIONI; BECCIU, 2014; MASCARÓ, 2016; BONZI; LUCCIA; ALMODOVA, 2017).

Todos esses problemas decorrentes da urbanização podem ser evitados com o planejamento do uso de técnicas sustentáveis. A infraestrutura verde, surge como alternativa para aliar a mitigação da degradação na paisagem urbana ao fornecimento de serviços ambientais essenciais para a sustentabilidade das cidades, com a implementação de determinadas tipologias que promovem a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Os serviços ambientais são os benefícios necessários para a manutenção da qualidade de vida, provenientes de intervenções humanas, por meio de práticas de manejo dos recursos naturais (CHOMITZ; BRENES; CONSTANTINO, 1999; KROEGER, 2013; SCHOMERS; MATZDORF, 2013; WUNDER, 2015). Quanto aos serviços ecossistêmicos, estes são os benefícios gerados às pessoas, fornecidos pelos ecossistemas naturais (COSTANZA *et al.*, 1997; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2020).

A infraestrutura verde permite obter benefícios ecológicos, econômicos e sociais por meio de Soluções baseadas na Natureza (SbN). As SbN podem envolver a conservação ou reabilitação de ecossistemas naturais, e o aprimoramento ou criação de processos

1 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – E-mail: lucinha@ipt.br.

2 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: asribeiro@ipt.br.

3 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: caroline@ipt.br.

4 Fundação Instituto de Pesquisas Tecnológica do Estado de São Paulo – E-mail: velasco@ipt.br.

5 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: marihc@ipt.br.

6 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: priscilai@ipt.br.

7 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo – E-mail: raquel@ipt.br.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado e São Paulo (IPT), pelo apoio técnico e à Fundação Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) pelo apoio financeiro.

naturais em ecossistemas modificados ou artificiais (CONNOR *et al.*, 2018). Assim, como essas soluções envolvem intervenções, fornecem diversos serviços ambientais.

A infraestrutura verde está entendida como uma rede interconectada de áreas verdes naturais e outros espaços abertos que conservam valores e funções ecológicas, sustentam ar e água limpos e ampla variedade de benefícios para as pessoas e para a vida silvestre, podendo orientar as ações de planejamento e desenvolvimento territoriais garantindo a existência dos processos vivos no futuro. É uma estrutura ecológica para a sustentabilidade ambiental, social e econômica (*our natural life-support system*) (BENEDICT; McMAHON, 2006; FRANCO, 2010 *apud* BONDAR; HANNES, 2014). Podendo ocorrer em múltiplas escalas, a infraestrutura verde tem sua aplicabilidade desde a escala da paisagem (Figura 1) à escala de projeto (Figura 2), onde incidem os elementos decisivos da estratégia de implementação, como as práticas de desenvolvimento de baixo impacto (*low impact development* - LID), que são componentes indispensáveis para qualquer plano bem-sucedido de infraestrutura verde (BENEDICT, 2010 *apud* MASCARÓ, 2016).



Fonte: IPT (2019)

Figura 1. Infraestrutura verde – escala da



Fonte: IPT (2019)

Figura 2. Infraestrutura verde – escala de projeto – *wetland* construída. Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo, São Paulo, SP.paisagem. Parque Natural Municipal Morro do Ouro, Apiaí-SP.

Segundo Mascaró (2016), a necessidade de um planejamento articulado com outras infraestruturas, e outros aspectos relevantes ao planejamento urbano; e a participação da comunidade, necessária na identificação de áreas problemáticas e potenciais para sua implantação, são alguns dos aspectos que devem ser considerados quando da implantação infraestrutura verde.

A infraestrutura verde promove espaços verdes multifuncionais e se integra com a infraestrutura cinza, entendida por soluções obtidas por meio da engenharia civil, sendo capaz de agregar múltiplos serviços ambientais. Quanto aos aspectos multifuncionais e multiescala da infraestrutura verde, estes são destinados a fortalecer as conexões entre diferentes tipos de espaços verdes, assim como a infraestrutura cinza. A infraestrutura verde pode auxiliar na promoção de cidades compactas, enquanto que a sua redução, como resultado da ocupação urbana, podem degradar os serviços ambientais (ARTMANN; BASTIAN; GRUNEWALD, 2017).

A infraestrutura verde integra áreas naturais aos diversos usos do solo, como habitação, agricultura e transporte, inserindo o verde e aumentando os benefícios gerados na área ambiental, que são os serviços ambientais e, na área social, com a criação de empregos – negócios verdes, melhoria da saúde etc. (COPELAND, 2014). A infraestrutura verde também pode ser vista como uma alternativa de adaptação das cidades às mudanças climáticas e,

no meio urbano, consiste de uma rede multifuncional verde-azul – vegetação – sistemas hídricos/drenagens – que incorpora o *retrofit* e adaptação da infraestrutura existente (MARUYAMA; LEITE; DEUS, 2017; MOURA; PELLEGRINO; MARTINS, 2014; HERZOG; ROSA, 2010; NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010). Os benefícios e funções atribuídos às áreas verdes são amplos e vem se constituindo em uma premissa importante das políticas públicas e programas de desenvolvimento sustentável (MADUREIRA, 2012).

O planejamento e implantação de infraestrutura verde, como um componente de um ambiente sustentável, é intrinsecamente interdisciplinar (AHERN, 2007). A maioria das tipologias de infraestrutura verde apresenta soluções para a prevenção e a recuperação de processos da degradação urbana, resultando na provisão de diversos serviços ambientais. No planejamento e ordenamento urbano, a infraestrutura verde, à luz de uma tendência no contexto de cidades sustentáveis, está inserida nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) indicados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Já na esfera das políticas públicas locais, a infraestrutura verde pode auxiliar no avanço dos resultados de programas de gestão como o Programa Município Verde Azul do Estado de São Paulo, que tem como finalidade medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios, e apresenta dez diretrizes norteadoras da agenda ambiental local que inclui temas estratégicos. O objetivo principal desse programa é incentivar e contribuir com as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas voltadas ao desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo.

Marco histórico da infraestrutura verde

Em 1994, na Flórida, o termo infraestrutura verde foi cunhado pela primeira vez por meio de relatório da Comissão de *Greenways*, encaminhado ao governo sobre estratégias de conservação do meio ambiente. O relatório tinha a pretensão de iniciar uma reflexão da noção de que os sistemas naturais são tão importantes quanto os componentes da infraestrutura cinza. Nesse sentido, a infraestrutura verde apontaria que os sistemas naturais são igualmente ou os mais importantes do que componentes da infraestrutura convencional (FIREHOCK, 2010; PELLEGRINO; MOURA, 2017).

Sobre a inserção da infraestrutura verde como instrumento ao planejamento do uso e ocupação do solo, uma linha do tempo foi traçada para melhor entendimento de sua evolução histórica (Quadro 1) e de como a infraestrutura verde, atualmente, pode ser utilizada como ferramenta para o ordenamento territorial e planejamento urbano.

Quadro 1. Quadro resumo da evolução histórica da infraestrutura verde.

Período	Característica	Exemplos de ações
Século XIX	Preocupação com a preservação da natureza frente ao avanço das cidades	➤ Criação do primeiro Parque Nacional (Yellowstone – 1872 – Estados Unidos). ➤ Plano Emerald Necklace e “cidades jardins” – Boston.
Final do século XIX até a década de 1970	Planos Urbanos. Espaços verdes como elemento estruturador do espaço urbano (“cinturões verdes”, “dedos verdes” ou “parkways”) – Embelezamento	➤ 1943 – Plano de Albercrombie – Grande Londres. ➤ 1947 – Copenhagen Finger Plan. ➤ 1967 – Plano Regional de Estocolmo.

continua

continuação

Período	Característica	Exemplos de ações
Década de 1970	Introdução à preocupação de cunho ecológico aos planos urbanos. Passa da questão social para incorporar a questão ambiental devido aos problemas com o rápido crescimento urbano: perda da qualidade de vida; degradação dos espaços livres; dispersão urbana pelo território	➤ 1969 – O urbanista e paisagista Ian McHarg publica <i>Design With Nature</i> defende os aspectos abióticos, bióticos e culturais – base do planejamento urbano. ➤ 1972 – Primeira Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas – Estocolmo: ▪ Criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).
Década de 1990-dias atuais	Preocupações com o meio ambiente e com os recursos naturais e introdução ao termo “desenvolvimento sustentável” em 1987 pelo relatório “Nosso Futuro Comum” – busca pela sustentabilidade como parâmetro urbanístico:	➤ 1986 – Richard Forman e Michel Godron publicaram o livro <i>Landscape Ecology</i>, onde lançam os princípios da ciência que se tornou de fundamental importância para o desenvolvimento do Planejamento Ecológico da Paisagem. ➤ Planos: Paris; Berlin e Barcelona – buscar por integrar a ocupação urbana e o respeito aos recursos do território a partir de sistemas de ligação de áreas verdes como mecanismo de ordenação e de sustentabilidade da paisagem.
1999	Conselho Norte-Americano sobre o Desenvolvimento Sustentável:	➤ Infraestrutura Verde identificada como uma das estratégias-chave para alcançar a sustentabilidade. ➤ Desenvolvimento de novas tecnologias. ➤ Infraestrutura Verde como ferramenta para guiar o desenvolvimento e a conservação do solo.

Fonte: modificado de Vasconcellos (2015) e Herzog (2009).

Funções da infraestrutura verde na área urbana

O estabelecimento de áreas urbanas está, muitas vezes, associado à significativa redução da cobertura vegetal e ampliação dos processos de impermeabilização do solo. (PELLEGRINO *et al.*, 2006). A infraestrutura verde pode ser uma estratégia para a sustentabilidade dos ambientes urbanos, na medida em que atua como uma rede interconectada de espaços verdes, que inclui: áreas naturais e assim caracterizadas; áreas de conservação públicas e privadas; áreas trabalhadas com valores de conservação e outros espaços abertos protegidos, planejados e manejados por seus valores de recursos naturais e pelos benefícios associados com as populações humanas. É importante entender as cidades como ecossistemas urbanos, com diversos processos ecológicos modificados pelas atividades humanas (BENEDICT; MACMAHON, 2006, p. 03; NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010; WATSON; ADAMS, 2011).

A paisagem natural, preservada ou restaurada, como florestas, banhados e áreas de inundação, são componentes essenciais da infraestrutura verde. Quando estas áreas sensíveis são protegidas, há melhora na qualidade da água da comunidade, o habitat da vida selvagem é mantido e, além disso, geram-se oportunidades de recreação para aumento da qualidade de vida da população.

Quanto aos espaços livres, estes são áreas urbanas abandonadas em decorrência do declínio de grandes indústrias, antigas cidades, entre outros. São regiões indicadoras de bairros em decadência, sem perspectivas de novos investimentos, tais como os campos contaminados, terras não cultiváveis, edifícios abandonados etc. Nesse sentido, a infraestrutura verde é vista como um recurso valioso para melhorar a qualidade da vida urbana, tendo implicações para a política e a prática em termos de

desenvolvimento de uma melhor compreensão dos múltiplos benefícios oferecidos para áreas abandonadas e para melhorar o desenho dessas áreas como espaços verdes para residentes da cidade. Além disso, apesar de pouco investigados, esses benefícios têm efeito sobre a saúde, sustentabilidade, responsabilidade social e em termos de valores ecológicos e sociais (KIM, 2018).

Os espaços livres ainda podem ser entendidos como sistemas de espaços livres todo o tipo de espaço livre de edificação, independente do seu tamanho, forma, estética, localização e função, e que surge da relação entre os espaços livres de propriedade pública e de propriedade privada (DEGREAS; RAMOS, [2015]).

Os espaços livres, além de sua importância no desenvolvimento de uma infraestrutura verde, podem agregar corredores verdes urbanos (*greenways*), alagados construídos (*wetlands*), reflorestamentos de encostas e de margens de rios e ruas verdes. Os *greenways* e as *wetlands* são elementos que oferecem condições que vão além das funções que um planejamento urbano mais convencional reserva para estes espaços, tais como: circulação e acessibilidade. Esses elementos podem exercer outras funções como conectar fragmentos; conduzir as águas com mais segurança; melhorar o microclima e atender os usos relacionados a moradias; trabalho; educação; e lazer. No contexto urbano, o Quadro 2 mostra alguns elementos da infraestrutura verde e suas respectivas funções, e o Quadro 3 mostra algumas das diferentes tipologias multifuncionais da infraestrutura verde, classificadas por escala de aplicação, contendo breve descrição e aplicação.

Quadro 2. Elementos e funções da infraestrutura verde em áreas urbanizadas.

Elementos	Funções
• Parques públicos ou privados • Reservas ou áreas de preservação	• Recupera e protege a fauna e flora • Aumenta a biodiversidade • Conserva e restitui as características da paisagem natural
• Refúgio/corredores da vida silvestre • Cinturões verdes	• Proporciona habitat para a vida silvestre • Favorece a migração e reprodução animal • Mantém a saúde da população
• Terras ribeirinhas • Pântanos • Mangues • Planícies de inundação • Áreas de recarga de aquíferos • Rios e lagos	• Protege e recupera a quantidade e a qualidade da água • Atua no manejo das águas pluviais • Atua na mitigação das inundações • Proporciona habitat para organismos aquáticos • Favorece o ciclo hidrológico
• Parques • Corredores verdes • Corredores ripários • Trilhas • Ciclovias • Vias arborizadas	• Provê espaço para atividades ao ar livre • Oportunidades de transporte alternativo • Conexão e proteção dos componentes da rede • Conecta as pessoas à natureza
• Sítios históricos e arqueológicos	• Preserva uma ligação com a herança cultural e natural
• Cinturões verdes • Monumentos naturais • Mirantes • Espaços públicos abertos	• Melhora os padrões de crescimento e desenvolvimento • Cria paisagens com apelo visual • Aumenta o orgulho e a identidade comunitária
• Fazendas, ranchos, pomares, hortas e florestas controladas	• Protege as terras cultiváveis • Mantém características e tradições rurais • Sustenta setores econômicos

Fonte: adaptado de Benedict; McMahon (2006 *apud* VASCONCELLOS, 2015).

Quadro 3. Exemplos de tipologias multifuncionais da infraestrutura verde.

Escala Regional	
Escala da Paisagem/Bacia Hidrográfica	
Áreas Verdes Urbanas  Parque da Cidade. Jundiaí, SP. (IPT, 2019).	Descrição: Conjunto de áreas intraurbanas com cobertura vegetal arbórea nativa e introduzida, arbustiva ou rasteira contribuindo para a qualidade de vida e para o equilíbrio ambiental nas cidades. Aplicação: Áreas públicas não edificadas.
Espaços Naturais Protegidos  Parque Natural Municipal Morro do Ouro. Apiaí, SP. (IPT, 2019).	Descrição: Unidades de Conservação (UC) asseguram a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológicos existente. Aplicação: Áreas públicas não edificadas.
Escala Local	
Escala de Ruas, Bairros e Praças	
Ruas Verdes/Caminhos Verdes  Araraquara, SP. (Luccas Longo, 2019).	Descrição: Ruas arborizadas que integram o manejo das águas pluviais compostas por canteiros pluviais; circulação viária mais restrita; preferência para pedestres e ciclistas e sem circulação de veículos pesados. Aplicação: Ruas das cidades.
Jardim de Chuva  São Paulo, SP. (IPT, 2019).	Descrição: Depressões topográficas existentes ou projetadas para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeáveis limítrofes. Aplicação: Áreas residenciais; vias urbanas próximas ao meio fio.

continua

continuação

Escala Particular	
Escala de Edificações	
Telhado Verde  Unidade de Conservação Legado das Águas. Miracatu, SP. (IPT, 2018).	Descrição: Estrutura que pode substituir a área natural de infiltração das águas alterada pela edificação, podendo ser extensivas ou leves (plantas de pequeno porte – solo raso) e sistemas intensivos (plantas de grande porte – solo profundo). Aplicação: Recobrimento da cobertura das edificações.
Cisterna  São Paulo, SP. (IPT, 2019).	Descrição: Estrutura utilizada para coletar a água das chuvas para reuso como o consumo humano ou animal, irrigação de culturas, limpeza ou fins sanitários. Aplicação: Aumentar a eficiência do uso das águas da chuvas.

Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, a infraestrutura verde em áreas urbanizadas dá ênfase aos espaços livres verdes como parte de um sistema interconectado, protegido e gerenciado para promover benefícios ecológicos (PELLEGRINO *et al.*, 2006; BENEDICT; McMAHON, 2006 *apud* VANCONCELLOS, 2015).

A multifuncionalidade da infraestrutura verde está na “capacidade que um mesmo espaço aberto tem de desempenhar duas ou mais funções” que entre si podem ser bem diferentes, quais sejam: “regulação climática; purificação atmosférica; conforto térmico; bem-estar psíquico oriundo do contato com a natureza; drenagem; lazer; facilitação do exercício físico; mobilidades; entre outros” (MADUREIRA, 2012 *apud* PELLEGRINO; MOURA, 2017).

Infraestrutura verde no planejamento das cidades

Além dos benefícios ecológicos, a infraestrutura verde está dividida em aspectos ou componentes abióticos, bióticos e culturais, conhecidos por modelo de planejamento da paisagem “ABC” de Ahern (2007), facilitando a identificação de elementos-chave na infraestrutura verde existente ou planejada, com o objetivo de produzir paisagens multifuncionais (Quadro 4) (PELLEGRINO; MOURA, 2017).

Quadro 4. Componentes do modelo de planejamento da paisagem ABC.

Abiótico	Biótico	Cultural
Interação entre superfície e água subterrânea	Habitat para espécies generalistas	Experiências com os ecossistemas naturais
Produção de solo	Habitat para especialistas	Atividade física
Manutenção do regime hidrológico	Movimento das espécies	Experimentação da história cultural
Ajuste de distúrbio natural	Conservação de distúrbio e de sucessão ecológica	Senso de isolamento e inspiração
Ciclagem de nutrientes	Produção de biomassa	Oportunidades de interações sociais saudáveis
Sequestro de carbono e de gases do efeito estufa	Suprimento de reserva genética	Estímulo à expressão artística
Modificação e amenização de extremos climáticos	Suporte de interações flora-fauna	Educação ambiental

Fonte: Pellegrino e Moura (2017).

A infraestrutura verde é uma rede com todas as áreas conservadas no meio urbano que suporta a biodiversidade e mantém os processos ecológicos naturais, assegura a qualidade do ar e dos recursos hídricos e contribui com a saúde e a qualidade de vida das comunidades operando em três escalas:

- (I) Escala de Paisagem: conexão da vida silvestre e necessariamente maximiza a cobertura florestal no local;
- (II) Áreas Urbanas: abrange primeiramente a cobertura das copas das árvores, as condições de vitalidade da arborização urbana, florestas ripárias, conexão entre os parques da cidade, estradas verdes e jardins comunitários; e
- (III) Escala Local: identifica áreas com necessidades de jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis e as outras práticas de infiltração da água de chuva (FIREHOCK, 2010).

Portanto, conservar ou restaurar os recursos naturais, com a implantação de infraestrutura verde, importante para o desenvolvimento sustentável das cidades, também exige atenção e importância do planejamento, como ocorre com a concepção e implementação de infraestrutura cinza.

No planejamento das cidades, visando melhorar a qualidade de vida das pessoas e a qualidade ambiental dos espaços verdes, a multifuncionalidade no planejamento da infraestrutura verde busca combinar as funções ecológicas, sociais e econômicas; abióticas, bióticas e culturais (ABC) desses espaços (TZOULAS *et al.*, 2007; HANSEN; PAULEIT, 2014; MADUREIRA, 2016). Isto mostra a necessidade de um planejamento articulado com outras infraestruturas e outros aspectos relevantes ao planejamento urbano, além da participação da sociedade, indispensável na identificação de áreas problemáticas e potenciais para a implantação da infraestrutura verde (MASCARÓ, 2016).

Além de integrar áreas naturais a outros usos do solo nas cidades, gerando diversas possibilidades de utilização para os cidadãos, a infraestrutura verde também melhora a qualidade do ambiente urbano e cria uma circulação do ar e um balanço de umidade, reduzindo o calor e capturando a poeira e os gases em ascensão; facilita a absorção de água e sua qualidade, oferece um palco natural em meio ao ambiente urbano, propício a manifestações culturais de conservação da natureza e educação ambiental; e consiste de um importante corredor para migração da fauna e um ambiente de maior biodiversidade de flora e fauna (AHERN, 2007; FIREHOCK, 2010).

Os benefícios e funções atribuídos às áreas verdes são amplos, e isto vem se constituindo em uma premissa importante das políticas públicas e programas de desenvolvimento sustentável (MADUREIRA, 2012). Para Ribeiro (2010), são essenciais a adoção de quatro preceitos de definição de projeto, a partir dos princípios da infraestrutura verde no planejamento ecológico das cidades:

- (I) Reconhecer e delimitar a estrutura ecológica da paisagem urbana;
- (II) Adotar um sistema complementar de drenagem urbana;
- (III) Planejar a mobilidade como elemento intrínseco da acessibilidade urbana; e
- (IV) Planejar, implantar e manter a floresta urbana em rede formada pelo conjunto das áreas vegetadas livres urbanas, públicas e privadas, naturais ou construídas.

Para o contínuo desenvolvimento do conhecimento em infraestrutura verde, a inovação é muito importante para: desenvolver novas abordagens de engenharia para o desenho e construção de telhados e paredes verdes; desenvolver metodologias e tecnologias inovadoras para a restauração de ecossistemas; planejamento espacial; e subsidiar abordagens participativas de implementação de infraestrutura verde (EUROPEAN COMMISSION, 2013).

Relação da infraestrutura verde com o ODS

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) para compor uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, com a função de substituir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ONU BRASIL, 2020a).

Esse compromisso, estabelecido em setembro de 2015, em meio à Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, foi debatido na Assembleia Geral da ONU, onde houve um acordo entre as contribuições dos Estados-membros e da sociedade civil (ONU BRASIL, 2020a). Na ocasião, promoveu-se uma reunião entre os representantes dos 193 Estados-Membros da ONU em Nova York, assinalando o reconhecimento da erradicação da pobreza; incluindo a pobreza extrema, em todas as condições em que se apresenta, como maior desafio global e de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável (ONU BRASIL, 2020b).

A busca pela implantação da agenda de desenvolvimento pós-2015 foi conduzida pelos Estados-membros, com a participação dos principais grupos e setores interessados da sociedade civil. A agenda representa os novos desafios de desenvolvimento e está vinculada aos resultados da Rio+20 – a Conferência da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em junho de 2012 no Rio de Janeiro, Brasil (ONU BRASIL, 2020a).

A Agenda 2030 consiste em um conjunto de programas, ações e diretrizes que têm por função orientar a atuação das Nações Unidas e de seus países membros com vistas a atingir o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2018). No plano estão indicados 17 ODS (Figura 3) e 169 metas, com o objetivo de “erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta”.



Fonte: ONU (2015)

Figura 3. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Esses objetivos e metas foram planejados de forma a facilitar a sua adoção por todos os países conforme suas próprias prioridades e para a promoção de uma parceria global orientadora para as decisões presentes e futuras (ONU BRASIL, 2020b). O Quadro 5 apresenta alguns exemplos de funções e serviços ambientais esperados com infraestrutura verde, bem como o seu potencial em auxiliar no atingimento dos ODS, de forma especial o ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável; ODS 6 – Água Potável e Saneamento; ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis.

Quadro 5. Relação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável com a Infraestrutura Verde.

ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável – Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável		Infraestrutura Verde	
Meta 2.4	Indicador 2.4.1	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.	Proporção da área agrícola sob agricultura produtiva e sustentável	Bem estar das populações humanas	Diminuir a Vulnerabilidade Social

continua

continuação

ODS 6 – Água Potável e Saneamento – Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos		Infraestrutura Verde	
Meta 6.1	Indicador 6.1.1	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, alcançar o acesso universal e equilibrado a água potável e segura para todos.	Proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água
Meta 6.3	Indicador 6.3.2	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.	Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água
Meta 6.4	Indicador 6.4.2	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.	Nível de stress hídrico: proporção das retiradas de água doce em relação ao total dos recursos de água doce disponíveis	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água
Meta 6.6	Indicador 6.6.1	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.	Alteração na extensão dos ecossistemas relacionados à água ao longo do tempo	Proteção dos Recursos Hídricos	Melhoria da Qualidade da Água; Manutenção da Vazão Hídrica e Mitigação de Eventos Hídricos Extremos

continua

continuação

ODS 11 – Cidade e Comunidades Sustentáveis – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis		Infraestrutura Verde	
Meta 11.6	Indicador 11.6.2	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.	Nível médio anual de partículas inaláveis (ex. com diâmetro inferior a 2,5 µm e 10 µm) nas cidades (população ponderada)	Equilíbrio Ambiental	Melhoria da Qualidade do Ar
Meta 11.7	Indicador 11.7.1	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.	Proporção da área construída das cidades que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência.	Bem estar das Populações Humanas	Recreação, Saúde Física e Mental
ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentável		Infraestrutura Verde	
Meta 12.2	Indicador 12.2.1	Função Ambiental	Serviço Ambiental
Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais	Pegada material, pegada material per capita e pegada material em percentagem do PIB	Equilíbrio Ambiental	Redução do efeito de ilhas de calor

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerações gerais

Este capítulo mostra algumas das definições utilizadas para a infraestrutura verde e a importância do marco histórico da evolução da infraestrutura verde para a compreensão do conceito, ainda em discussão, em que a percepção e aplicação da infraestrutura verde se encontram. Além disso, o capítulo mostra a importância da implantação da infraestrutura verde no planejamento das cidades, desde a escala da paisagem à escala de projeto, visando a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e a sustentabilidade das metrópoles. Isso se justifica devido ao crescimento acelerado da urbanização e das cidades, aumentando de forma preocupante a impermeabilização do solo, e intensificado pelos grandes empreendimentos, em busca dos espaços urbanos livres.

A aplicação de conhecimentos científicos para intervenções no meio deve acompanhar a evolução da consciência ambiental crescente nos últimos anos, fruto da percepção sustentável que a intervenção humana deverá conter, principalmente para planejar e recuperar o ambiente urbano. Dessa forma, a infraestrutura verde se destaca na valorização de áreas naturais, já que se relaciona à geração de vantagens econômicas,

paisagísticas e ambientais para as cidades. A infraestrutura verde mostra, ainda, um grande potencial para o atingimento de vários ODS, como segurança no fornecimento de água potável, redução dos riscos de desastres e resiliência às mudanças climáticas.

Referências

- AHERN, J. **Green infrastructure for cities: the spatial dimension**. Amherst: University of Massachusetts, 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=A3E1B68B7200060A44A745318FCAA7D1?doi=10.1.1.558.8386&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.
- ARTMANN, M.; BASTIAN, O.; GRUNEWALD, K. Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities-the example of the landscape plan of Dresden (Germany). **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 198, 2017.
- BENEDICT, M. A.; McMAHON, E. T. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington, DC: Island Press, 2006.
- BONDAR, C. S.; HANNES, E. Infraestrutura verde para o bairro do Mandaqui: possibilidade ou utopia?. **Revista LABVERDE**, n. 9, p. 29-52, 2014.
- BONZI, R. S.; LUCCIA, O. de. ALMODOVA, M. M. Infraestrutura verde em área de manancial: um estudo para a represa Billings. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 1, p. 37-63, 2017.
- BRASIL. Ministério da Relações Exteriores. Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/135-agenda-de-desenvolvimento-pos-2015>. Acesso em: 29 out. 2020.
- CHOMITZ, K. M.; BRENES, E.; CONSTANTINO, L. Financing environmental services: the Costa Rican experience and its implications. **Science of the Total Environment**, v. 240, n. 1-3, p. 157-169, 1999.
- CONNOR, R. *et al.* (org.). **Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos: soluções baseadas na natureza para a gestão da água – relatório executivo**. Colombella, Perúgia: UN Water, 2018. 12 p. (tradução da Agência Nacional de Águas).
- COPELAND, C. **Green Infrastructure and issues in managing urban stormwater**. Washington, DC: Congressional Research Service, 2014.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.
- DEGREAS, H. N.; RAMOS, P. G. **Espaços livres públicos: formas urbanas para uma vida pública**. São Paulo: FIAM FAAM, [2015]. 15 p. Disponível em: <http://quapa.fau.usp.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Espa%C3%A7os-livres-p%C3%BAblicos-formas-urbanas-para-uma-vida-p%C3%BAblica.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020
- EUROPEAN COMMISSION. **Building a green infrastructure for Europe**. European Union, EC, 2013. 24 p.
- FIREHOCK, K. A short history of the term green infrastructure and selected literature. **Retrieved February**, v. 3, p. 2012, 2010.
- HANSEN, R.; PAULEIT, S. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. **Ambio**, v. 43, n. 4, p. 516-529, 2014.
- HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, n. 1, p. 91-115, 2010.
- HERZOG, C. P. **Guaratiba Verde: subsídios para o projeto de infra-estrutura verde em áreas de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. 2009. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- KIM, G. An integrated system of urban green infrastructure on different types of vacant

land to provide multiple benefits for local communities. **Sustainable Cities and Society**, v. 36, p. 116-130, 2018.

KROEGER, T. The quest for the “optimal” payment for environmental services program: Ambition meets reality, with useful lessons. **Forest Policy and Economics**, v. 37, p. 65-74, 2013.

MADUREIRA, H. Infra-estrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. **Geografia: Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, n. 1, 2012.

MADUREIRA, H. Promover os serviços ecossistêmicos urbanos com infraestruturas verdes = promoting urban ecosystem services with green infratructureses. **Geografia, Paisagem e Riscos**: livro de homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa, 2016. 141 p.

MARCHIONI, M.; BECCIU, G. Permeable pavement used on sustainable drainage systems (SUDs): a synthetic review of recent literature. **WIT Transactions on the Built Environment**, v. 139, p. 1-12, 2014.

MARUYAMA, C. M.; LEITE, L. P.; DE DEUS, L. B. D. Corredor de infraestrutura verde: rota cicloviária como conexão entre parque do povo-Ibirapuera. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 1, p. 65-90, 2017.

MASCARÓ, J. L. (org.). **Infraestrutura verde para o século XXI**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2016.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003. 245 p.

MOURA, N. C. B.; PELLEGRINO, P. R. M.; MARTINS, J. R. S. Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas. **Paisagem e Ambiente**, n. 34, p. 107-128, 2014.

NOVOTNY, V. AHERN, J.; BROWN, P. W. **Centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment**. New Jersey: John Wiley Inc. 2010.

ONU BRASIL. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. 2020a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 29 out. 2020.

ONU BRASIL. **A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2020b. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/sobre/>. Acesso em: 29 out. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Ecosystem services and biodiversity (ESB)**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/en/>. Acesso em: 29 out. 2020.

PELLEGRINO, P. R. M. et al. A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas. In: COSTA, L. M. (org.). **Rios e paisagem urbana em cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley Editora/Editora PROURB, 2006. v. 1, p. 57-76.

PELLEGRINO, P.; MOURA, N. B. (org.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri: Manole, 2017. (Série Intervenções Urbanas).

RIBEIRO, M. E. J. **Infraestrutura verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares: por um planejamento urbano ecológico para Goiânia**. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHOMERS, S.; MATZDORF, B. Payments for ecosystem services: a review and comparison of developing and industrialized countries. **Ecosystem Services**, v. 6, p. 16-30, 2013.

TZOULAS, K. et al. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: a literature review. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, n. 3, p. 167-178, 2007.

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana**. Curitiba: Appris, 2015. 229 p.

WATSON, D.; ADAMS, M. **Design for flooding: architecture, landscape, and urban design for resilience to climate change**. New Jersey: Wiley & Sons, 2011.

WUNDER, S. Revisiting the concept of payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 117, p. 234-243, 2015.