



# Serviços Ecosistêmicos Prestados pela Arborização Urbana

*Júlio César De Marco  
Eleonora Sad de Assis*



Embora no campo do conhecimento científico o conceito de *Soluções Baseadas na Natureza* (SBN) esteja consolidado e, na prática, seja observado o seu emprego em abordagens e implantações de planos e ações de planejamento paisagístico urbano e regional, ao longo do tempo foram sendo desenvolvidos saberes sobre as *funções ecossistêmicas* que são processadas nos meios biótico, abiótico e cultural. Tais funções levaram ao desenvolvimento do conceito de *serviços ecossistêmicos*, na medida em que elas são reconhecidas como benéficas à população humana, sobre os quais ainda existe muito a ser explorado. Ainda, mesmo que essas abordagens possam parecer convergentes, raramente os conceitos são utilizados de forma sistematizada hierárquica ou transversalmente construída.

Além do mais, organismos internacionais passaram a dar grande importância ao fato de que as comunidades podem se desenvolver de forma sustentável, tendo sido cunhada a ideia da necessidade do desenvolvimento de uma *infraestrutura sustentável* que, ainda, não se acha cientificamente delimitada. Interessante é verificar que os órgãos internacionais que mais fomentam a implantação de políticas que considerem as SBN, ou os sistemas de infraestrutura verde multifinalitários, são os órgãos financiadores, numa lógica capitalista, tornando mandatário que as demandas por recursos em linhas de financiamento tenham fulcro em abordagens e objetos relacionados à sustentabilidade ou resiliência. Caso a delimitação do campo conceitual e o convencimento da necessidade de ter essa diretriz para o planejamento urbano, regional e ambiental não venha através do conhecimento científico, ela virá pelo cumprimento compulsório de exigências em procedimentos de financiamento.

Muitos estudos sobre a influência das áreas verdes para a regulação do ecossistema urbano têm sido desenvolvidos acompanhando a discussão acerca de SBN, mas pouco se tem tratado sobre a influência da Arborização Urbana de logradouros públicos que não integrantes dessas áreas verdes, cuja importância para o ecossistema urbano é colocada de um modo genérico.

O tratamento das questões relacionadas à provisão de infraestrutura urbana pelos órgãos e agentes públicos, nos modos tradicionais, tem como base a implantação de redes, prestação de serviços urbanos e reserva de áreas para a instalação de equipamentos incentivadas, em grande parte, pela aplicação de instrumentos legais de âmbito federal, estadual e local, como o Código Florestal, o Plano Diretor e a Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo.

Desde a publicação, em 1987, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), do “Relatório Nosso Futuro Comum”, também chamado de “Relatório Brundtland” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1987), cientistas e nações têm se reunido na tentativa de estabelecer as bases do desenvolvimento sustentável, considerado pelo documento publicado como aquele que atende às necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em atender suas próprias necessidades.

Assim, em setembro de 2000, reuniram-se representantes de 189 países-membros da entidade para refletir sobre esse destino comum da humanidade, quando, então, foi elaborada a “Declaração do Milênio” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2000), que abrange oito prioridades coletivas gerais: os “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)”, para paz e segurança, luta contra a pobreza, meio ambiente e direitos humanos. São consideradas medidas imprescindíveis não só para o progresso da humanidade no limiar do novo século, como também para a sobrevivência imediata de parte importante da comunidade de seres humanos, valendo citar o “ODM 7 – Garantir a sustentabilidade ambiental”, que enfatizou serem as condições de sustentabilidade do ambiente uma dessas bases. Embora a abordagem tenha sido genérica, a questão da sustentabilidade ambiental desde sempre foi considerada como relacionada com as mudanças climáticas, e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), nessa época, analisou os modos pelos quais elas afetam a consecução dos ODM, tendo concluído que elas ameaçam exacerbar os desafios compreendidos nessa empresa (ORELANA, 2010).

O Estatuto das Cidades, ao detalhar o que seria essa função, assimilando esses objetivos sob a égide da função social da cidade primeiramente colocada na Constituição Federal de 1988, trouxe uma nova abordagem na aplicação dos instrumentos legais tradicionais ao explicitar que, para cumprimento dessa função, a política urbana deve tanto garantir o direito a cidades sustentáveis, incluído o direito de acesso das populações à infraestrutura urbana, quanto se pautar pela gestão democrática por meio de participação dos vários segmentos da sociedade na formulação, execução e acompanhamento dessa política (BRASIL, 2001).

Essa estipulação de diretrizes representou uma alteração no modo da produção do espaço urbano e nas atividades desenvolvidas pelos agentes públicos, uma vez que a questão colocada do direito a cidades sustentáveis põe o debate ambiental na ordem do dia. É preciso ter em mente que as cidades não constituem um universo fechado em si; elas são ecossistemas abertos e que abrangem uma série de outros, e é necessário, cada vez mais, gerenciar as interações entre eles, como no caso de resíduos e emissões que a cidade lança nos demais e na atmosfera (EMMANUEL, 2005).

Os estudos realizados pela ONU, por essa época, apontavam para o fato de que, entre os anos de 2007 e 2050, a população do planeta teria um acréscimo de 3,1 bilhões de pessoas nas áreas urbanas, com a expectativa de que 70% da população mundial estarão vivendo em cidades ao fim do período (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2013), o que trará uma carga cada vez maior sobre a infraestrutura.

Esses estudos influenciaram para que os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio viessem a ser desdobrados nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), na chamada Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015). Trata-se de um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade para o próximo quinquênio, que incorporou 17 temas, entre os quais vale destacar o “ODS 9 – Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”, o “ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis” e o “ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima”.

Em 2017, considerando as questões nacionais, o escritório local da ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2017) emitiu um relatório no qual declara ser essencial haver investimentos em infraestrutura sustentável, com maior acesso para os grupos mais vulneráveis, entendendo que uma infraestrutura que tal é a que fornece oportu-

tunidades para reconhecer e ampliar os direitos humanos e liberdades fundamentais e a proteção do meio ambiente. Devido à forte relevância das cidades no panorama mundial das mudanças climáticas, tanto para influenciá-lo quanto para receberem consequências, a Agenda 2030 foi firmada com nações de cidades. O Brasil é signatário dela.

No entanto, os relatórios posteriores, apesar de detalharem os objetivos que vieram a ser estipulados, não se detiveram a explicar como o conceito de sustentabilidade se aplica à infraestrutura, por exemplo. Aparentemente, embora alguns conceitos sejam de uso corrente na comunidade científica e na de administradores públicos, tais como “infraestrutura verde” e prestação de “serviços ecossistêmicos”, um quadro mais cientificamente sistematizado em termos de oferecer soluções com possibilidade de implantação imediata em grande escala ainda se encontra em processo de formação. O que se percebe é a realização de experiências isoladas pelos pesquisadores, em cidades que elegem para modelo e que acabam se tornando vitrines mundiais, para exemplificar como elas podem relacionar-se e influenciar a estrutura global e a possibilidade de replicação dessas experiências. Uma análise atenta da bibliografia científica permite uma consolidação desses conceitos e como eles se relacionam ou não entre si, o que nos dá um apanhado do estado da arte desse processo de estabelecimento da infraestrutura verde ou de uma infraestrutura que tal.

A relevância dessa investigação se deve à premissa de que é um modo de buscar tornar a cidade mais sustentável, ou seja, tentar promover a maior autossuficiência do ecossistema urbano, na maior utilização de dispositivos de infraestrutura verde. Isso teria impactos, inclusive, na capacidade de governança e de resiliência da comunidade, pois, como explica Suassuna (2014), governança e resiliência são termos que mantêm uma estreita relação, uma vez que a capacidade de auto-organização e a de aprendizado estão diretamente ligadas a obter a resiliência dos ambientes, reforçando a diretriz colocada na Constituição.

No caso dos compromissos internacionais, o Brasil assumiu junto ao Secretariado da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) sua pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (*intended Nationally Determined Contribution – iNDC*) para a consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, comprometendo-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025 (REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 2016).

A premissa na qual se ancora este capítulo é a de que existe uma maneira de qualificar e quantificar a contribuição das árvores de logradouros públicos para o maior equilíbrio do ecossistema urbano, de modo a considerá-las elementos de uma infraestrutura sustentável multifinalitária, permitindo serem incluídas em processos de planejamento e gestão do espaço urbano de modo complementar, suplementar ou em substituição a soluções de infraestrutura convencional e para o monitoramento da consecução de objetivos e metas estipulados em documentos de planejamento e de compromissos assumidos.

A importância tacitamente atribuída à vegetação é percebida na construção dos inventários de arborização que se desenvolveram, principalmente, na América do Norte, onde logo assumiram a função de instrumento de convencimento de legisladores, através da valoração econômica de recursos naturais, tornando-os visíveis entre os ativos de uma comunidade para justificar a realização de atividades de manejo da Arborização Urbana.

Mas os atributos do sistema do inventário também podem realçar os serviços ecossistêmicos prestados pela arborização e valorizá-los, oferecendo indicadores de performance na prestação de serviços para que ela possa ser considerada como elemento de uma infraestrutura sustentável, inclusive em análises como as de custo-benefício, a permitir a adoção dela como rede de infraestrutura urbana.

Com isso, o sistema também pode ser um instrumento de planejamento da Arborização Urbana para fornecer subsídios para a formulação de um Plano Diretor de Arborização ao qual ele seria incorporado e para o acompanhamento do cumprimento dos compromissos assumidos pelos entes governamentais, tais como a formulação de um Plano de Redução de Gases de Efeito Estufa (PREGEE) ou um Relatório de Vulnerabilidades Climáticas.

A relevância dessa discussão está na possibilidade de ter a mudança da abordagem da Arborização Urbana, considerando-a entre os elementos de uma rede de infraestrutura sustentável, provedora de serviços ecossistêmicos, a permitir o maior alinhamento das políticas urbanas e ambientais locais entre si e às políticas urbanas e ambientais nacionais e internacionais, capacitando os municípios a cada vez mais poderem receber financiamentos para o desenvolvimento de atividades e planos de ação e contribuindo para o fornecimento de indicadores de cumprimento de objetivos de forma qualitativa e quantitativa.

**O território urbano como suporte para a implantação de uma infraestrutura verde.** Como já colocado, política de adaptação e mitigação aos efeitos das mudanças climáticas expressa em documentos como a Agenda 2030 chama atenção sobre o fato de serem as cidades as instâncias administrativas que mais podem contribuir para atingir as metas de desenvolvimento sustentável no âmbito global. Entrementes, as diretrizes colocadas pelo Poder Público muitas vezes são de caráter geral sem estabelecer valores de referência de desempenho a serem monitorados, fazendo com que ao final dos períodos de verificação de atingimento de metas sejam consideradas relações entre índices fornecidos por outras entidades como o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) e utilizando métodos de análises baseados em, por exemplo, fotografias aéreas para fazer cálculos de extensão de cobertura vegetal e, a partir daí, extrair índices que refletem apenas ordem de grandeza.

Exemplo disso é encontrado nos estudos realizados que concluíram que Belo Horizonte dispõe de um índice de 18 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, considerando apenas maciços de vegetação, conforme noticiado no portal da Prefeitura, em 2017, na matéria “BH é eleita referência em sustentabilidade e meio ambiente” (BELO HORIZONTE, 2017).<sup>1</sup> Esse índice estaria bem acima dos 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante que comumente se toma como padrão para verificar a provisão de áreas verdes nas cidades em relação à qualidade de vida de seus cidadãos e que, inclusive, é colocado como referência no artigo 155 da Lei Orgânica em vigor (BELO HORIZONTE, 1990). Porém, esse valor de referência constitui um “número mágico” não comprovado em qualquer literatura (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006).

Aos Poderes Públicos, é colocada a necessidade de ter uma nova abordagem nos processos de gestão do espaço urbano, visando promover o desenvolvimento sustentável. Nas palavras de Van Bellen (2004), “a sustentabilidade requer um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza”, o que implica considerar que devem ser observados os limites impostos pelo ecossistema no qual se realiza, no caso, o ecossistema urbano. Mais ainda, o autor coloca que o processo de desenvolvimento deve estar adequado “às leis da física, especialmente às leis de balanço de massa e energia da termodinâmica”, o que reitera a condição do ecossistema urbano ser um ecossistema para o qual se deve buscar o equilíbrio entre as entradas e trocas de energia e a geração e o lançamento de resíduos.

<sup>1</sup> Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bh-e-eleita-referencia-em-sustentabilidade-e-meio-ambiente>. Acesso em: 6 out. 2018.

Nesse sentido, há que se lançar um novo olhar no território urbano e entendê-lo como suporte para implantação de uma infraestrutura verde, que pode ser definida por uma rede de áreas naturais e áreas abertas fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para a preservação dos ecossistemas naturais, da vida selvagem, para a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida dos cidadãos (FERREIRA; MACHADO, 2010).

**A Arborização Urbana como elemento da infraestrutura verde.** A importância da investigação que se pretende discutir neste capítulo surge ao tentar verificar como um elemento dessa infraestrutura verde, qual seja, a Arborização Urbana, pode ser reconhecido no seu valor, de modo a ser melhor percebido, utilizado e gerido, a bem da melhoria da qualidade de vida da população urbana, garantindo a permanência e a maior abrangência da prestação de serviços ecossistêmicos para as gerações futuras (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1987).

Essa investigação se refere a uma atividade, a adequação de um sistema concebido para o manejo da arborização pública que tem como premissa o planejamento e a execução de modo interdisciplinar, envolvendo técnicos de vários campos de conhecimento, como arquitetos e urbanistas, engenheiros agrônomos, florestais, ambientais, sanitaristas, de computação, biólogos, médicos, além de gestores públicos de áreas administrativas, de Educação Ambiental e da preservação do patrimônio cultural, para citar apenas alguns. Além do mais, busca-se o envolvimento do cidadão, integrando-o ao processo de um modo mais direto.

A Arborização Urbana cumpre uma função social para o atendimento das necessidades do cidadão, respeitando-o no que ele tem de mais íntegro, como seus valores, e no que tem de mais vulnerável (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1997), como a preservação de sua vida e a não exposição a riscos sociais individuais ou em grupo, de modo a permitir a criação de um espaço no qual possa desenvolver suas aptidões de modo pleno, assumindo uma abordagem, consequentemente, ética.

Com isso, verifica-se que a Arborização Urbana não tem fim em si mesma. Além de cumprir a função de contribuir para a formação da paisagem urbana, ela adquire valores culturais e de identidade não tangíveis e desempenha funções ambientais. Essas funções ambientais se caracterizam pela provisão de serviços ecossistêmicos que têm por fim a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, e o plantio e a manuten-

ção das árvores são um meio de atingir esse fim (JOHNSON, 1985). Desse modo, a arborização cumpre uma função social ao ser considerada integrada, por sua vez, às exigências de desenvolvimento das funções sociais da cidade expressas na Constituição (BRASIL, 1988), conforme estabelecido no artigo 182: a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

Como o quadro de referência maior consiste na observação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, tendo em vista os efeitos das mudanças climáticas, temos de ter em mente que a arborização influencia o microclima e por ele é influenciada (SCHUCH, 2006). Ao mesmo tempo em que ela pode contribuir para a mitigação dos efeitos da mudança climática e para o sequestro de carbono, ela pode sofrer as consequências dos elementos que compõem o microclima.

Por exemplo, as árvores contribuem com sua folhagem e raízes para a contenção da água de chuva antes de ela ser lançada no escoamento superficial, mas a concentração da precipitação pluviométrica em períodos curtos pode causar alterações na climatologia local, com a formação de correntes de vento nos chamados “cânions urbanos” (EMMANUEL, 2005). A formação desses cânions traz consequências indesejadas à própria arborização, e os ventos são uma das causas mais significativas de queda de árvores.

Além do dano ao patrimônio vergel, essas quedas causam transtornos no trânsito, danos a imóveis e risco aos cidadãos. De fato, algumas dessas ocorrências, embora ainda raras, tornaram-se fatais ao longo dos anos, têm sido mais frequentes e sempre se tornaram notícias a ressaltar a importância da manutenção desse patrimônio.

Para desempenhar plenamente seu papel, a Arborização Urbana precisa, então, ser aprimorada a partir de um melhor planejamento. Ela deve ser considerada como um ativo (NEW YORK CITY, 2016), como são as ruas, as redes de esgoto e os prédios públicos, por fazer parte de uma rede de infraestrutura interligada, para que os benefícios auferidos em particular e no conjunto sejam os maiores.

**Inventários da Arborização Urbana e a verificação de serviços ambientais.** Os inventários desenvolvidos no Brasil visam buscar dados a respeito da Arborização Urbana para melhor geri-la no âmbito de alcance do projeto. Mas percebe-se, ainda, que existe a necessidade de repen-

sar esse instrumento com vistas a obter resultados mais diretos para verificação do cumprimento das diretrizes colocados na Agenda 2030, tais como aquelas de redução do lançamento na atmosfera dos chamados gases de efeito estufa (GEE). Um inventário normalmente tem funcionalidades ligadas com as atividades-fins, instrumentais, de manejo da arborização, mas em regra não permite uma avaliação quantitativa de prestação de serviços ecossistêmicos, de modo a fornecer dados para verificar o quanto a Arborização Urbana contribui para a redução do lançamento na atmosfera de monóxido de carbono e de GEE.

Um dos motivos para tal é que as árvores, mesmo com informações integradas num banco de dados comum, são consideradas como elementos isolados, muito ainda consideradas como um elemento paisagístico, e não como um elemento de uma infraestrutura verde, que presta uma série de serviços ambientais para o ecossistema urbano.

Toda prestação de serviços de infraestrutura demanda a aplicação intensiva de capital para sua implantação e manutenção, sendo que ela cria equipamentos e redes que se tornam bens patrimoniais. Um desafio é o de atribuir valores a uma variedade de serviços ecossistêmicos e ao patrimônio a ele associado, que, embora reconhecidos qualitativamente, não têm os valores de seus benefícios traduzidos em cifras, ao contrário dos sistemas de infraestrutura tradicionais. Essa característica torna difícil o maior reconhecimento deles perante o corpo técnico e administrativo do Poder Público e, mais ainda, junto à população em geral. O relatório TEEB (2010) é muito elucidativo ao considerar que a invisibilidade de muitos serviços naturais para a economia resulta em uma negligência geral de valores que podem ser agregados a recursos naturais e aos serviços por eles prestados e leva a decisões que degradam os ecossistemas.

Percebe-se, assim, que a quantificação do valor dos serviços ecossistêmicos em termos monetários e não monetários constitui um meio importante para internalizá-los e disseminá-los na gestão da cidade. É nesse sentido que se busca avançar na discussão sobre esse campo de conhecimento, investigando a possibilidade de criar parâmetros e funcionalidades na reformulação de inventários, de modo a ter um instrumento de gestão administrativa, além de um sistema de gestão operacional. Dessa forma, investigar como dar visibilidade aos custos e benefícios propiciados pelas árvores, mormente os relativos aos serviços ecossistêmicos e aos valores patrimoniais que ele congrega.

Com essas questões devidamente trabalhadas, são indicadas funcionalidades a serem acrescentadas ao inventário e verificada a interferência delas com as atualmente existentes. Esse cotejamento poderá implicar a consideração de diferentes atributos na coleta de dados.

Todas essas considerações são feitas com vistas ao estabelecimento de processos de planejamento, sendo julgada condição *sine qua non* que as informações agregadas sejam disponibilizadas para acesso ao público e para que a sistematização da valoração econômico-ecológica tenha sentido ao tratar da gestão participativa do espaço urbano, uma vez que o primeiro passo para efetivar a participação popular é através do reconhecimento do direito do público de saber e ter acesso à informação (ARNSTEIN, 1969). Os gestores públicos sabem da dificuldade de fazer o cidadão comum se sensibilizar em relação às mudanças climáticas e seus impactos, o que vem muito a ser reforçado em situações de tragédias como as causadas por inundações e deslizamentos. As plataformas institucionais tornam-se um instrumento de divulgação de informação de muita abrangência caso permitam interfaces amigáveis com a população e sejam reconhecidas como um modo de interação eficaz com o poder público.

No que se refere à Arborização Urbana, são muitas as abordagens para a criação de um sistema para o seu manejo, visando obter informações quali-quantitativas e que, ainda, possam ser considerados instrumentos de gestão democrática da política desse manejo.

Exemplo dessa abordagem é o inventário de árvores “Un alcórque, un árbol” – “Um dreno, uma árvore”, criado pela Prefeitura de Madri (AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2011), no qual se pretende cadastrar cerca de 300 mil árvores de logradouros públicos, que é a estimativa dessas árvores na cidade. Outro é o “New York City Street Map” – “Mapa de Árvores de Ruas” (NEW YORK CITY, 2006), para o cadastramento de cerca de 900 mil árvores em logradouros como lá se estima o quantitativo final.

O sistema engendrado pela Prefeitura de Madri aprovou um documento chamado “Carta de Serviços da Arborização Urbana”, cujo objetivo é informar os cidadãos madrilenos sobre as funções e os benefícios da Arborização Urbana dos logradouros públicos, sobre os cuidados que a municipalidade despense para mantê-las e os objetivos de conservá-las para os melhores resultados. Foram contratados os serviços de uma empresa que efetuou o levantamento das árvores por volta de 2010 e disponibilizou as informações em uma plataforma *web* por ela

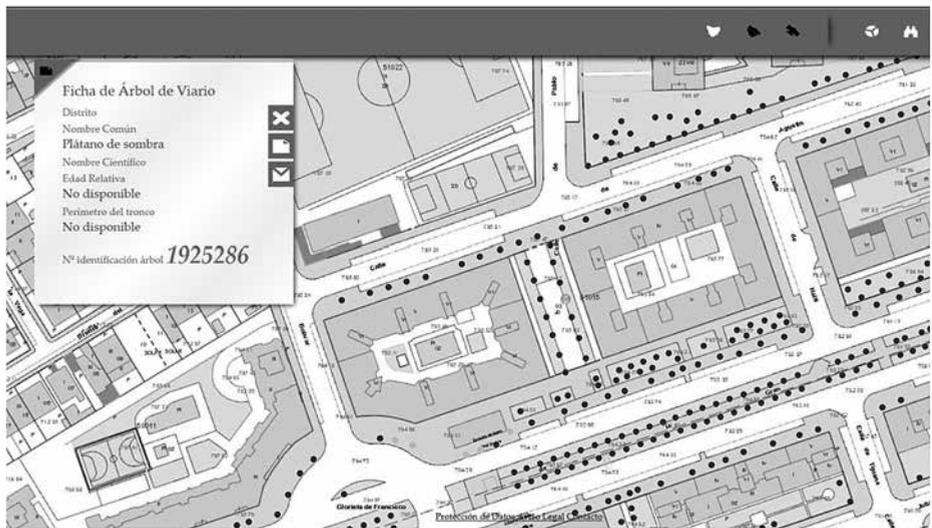


Figura 1 - Imagem capturada da web da plataforma “Un alcórque, un árbol”. Fonte: Disponível em: [www-2.munimadrid.es/DGPVE\\_WUAUA/irAMapa.do](http://www-2.munimadrid.es/DGPVE_WUAUA/irAMapa.do). Acesso em: 22 set. 2018.

desenvolvida.<sup>2</sup> A plataforma permite que a população acesse essas informações, informe sobre alterações observadas nas árvores e arbustos e sobre a existência de locais para plantios.

As informações cadastradas dizem respeito à espécie, altura, diâmetro da copa, perímetro do tronco, idade, morfologia, época de floração e ao período de frutificação de cada indivíduo arbóreo cadastrado. O censo foi realizado entre o fim da década passada e o começo desta, e a atualização se dá sempre que é realizado um novo levantamento. Uma visualização do inventário pode ser feita através da Figura 1.

A cidade de Nova York realizou, em 2015, o terceiro censo das árvores em logradouros públicos, tendo os outros sido realizados em 1995 e 2005. Em 2016, foi publicado o mapa das árvores de logradouros públicos da cidade sob os cuidados do departamento municipal NYC Parks.<sup>3</sup> O trabalho de levantamento dessas árvores se deu durante um ano, em dois períodos de seis meses, nas estações mais favoráveis, através do trabalho de cidadãos voluntários que se inscreveram na ação “Trees-Count! 2015”, em que cada um recebeu material didático e equipamento adequado (NYC PARKS, 2015).

Para a realização de um serviço dessa monta, contando com o trabalho de leigos, o material distribuído fez algumas simplificações para a realização da coleta de dados acerca de cada indivíduo arbóreo. Foram elencados até 12 atributos relativos à espécie, localização, estrutu-

<sup>2</sup> Disponível em: [www.unalcorqueunarbol.com](http://www.unalcorqueunarbol.com). Acesso em: 22 set. 2018.

<sup>3</sup> Disponível em: [tree-map.nycgovparks.org](http://tree-map.nycgovparks.org). Acesso em: 22 set. 2018.

ra morfológica, dimensão do diâmetro do tronco, estado fitossanitário e atitudes da população com eles, tanto para a proteção como de agressão. Das 236 espécies identificadas, as que já se sabiam mais comuns, em cerca de 80% do total, resumiam-se a menos de três dezenas. Isso possibilitou fazer a sua caracterização no manual distribuído para a identificação delas durante a coleta de dados. Atualmente, há quase 700 mil indivíduos arbóreos cadastrados.

O censo das árvores de Nova York aponta para cada árvore um valor monetário, baseado na espécie e porte dela, considerando quatro quesitos: a interceptação de água de escoamento superficial; o consumo de energia que ela ocasiona ao refrescar superfícies assoladas pelo sol; a quantidade de poluentes que remove do ar; e o quanto ela reduz de lançamento de dióxido de carbono na atmosfera. Uma visualização desse inventário pode ser feita na Figura 2.

Essas informações advieram da aplicação de fórmulas já desenvolvidas pela plataforma *i-Tree*<sup>4</sup> do *United States' Department of Agriculture Forest Services*, uma vez que para os países de clima temperado já existe um estudo bem avançado sobre o papel ecológico que cada espécie desempenha, em uma plataforma bem conhecida por arboristas que permitiu o desenvolvimento dessas fórmulas. Pouca informação está disponível para espécies tropicais, e mesmo as informações de espécies de clima temperado que utilizamos precisam ser aferidas. Além do mais, as espécies são consideradas estritamente sob o ponto de vista utilitário, não estando agregados a elas valores em função de suas características estéticas e culturais.

Com esses exemplos, verifica-se ser arraigada a ideia de que o “inventário” das árvores represente o resultado de um “censo” realizado e cristalizado em um determinado momento, a servir de base para atividades de manejo das árvores, para a realização de análises de supressão de espécies em determinado estado fitossanitário e para novos plantios. Mas esse instrumento tem a possibilidade de se tornar uma ferramenta que potencialize ainda mais as atividades de manejo, planejamento e monitoramento da execução de políticas ambientais.

Um exemplo desse potencial enquanto ferramental de planejamento pode ser verificado no tratamento de um resultado do inventário das árvores de Belo Horizonte. Segundo os dados levantados, cerca de 30% das árvores cadastradas estão localizadas nos jardins frontais de imóveis, que são áreas normalmente mantidas permeáveis. Juntando essa

<sup>4</sup> Disponível em: [www.itreetools.org/resources/manuals.php](http://www.itreetools.org/resources/manuals.php). Acesso em: 22 set. 2018.



Figura 2 - Imagem capturada da plataforma "New York City Street Tree Map". Disponível em: [tree-map.nycgovparks.org/#treeinfo-3728811](https://tree-map.nycgovparks.org/#treeinfo-3728811). Acesso em: 22 set. 2018.

informação ao fato de que Belo Horizonte possui muitos passeios estreitos que não permitem o plantio de árvores, tornou-se possível a proposição de um dispositivo na revisão do Plano Diretor (BELO HORIZONTE, 2015), configurada no artigo 14, sob a categoria de "solução projetual de gentileza urbana". Para as edificações cujo projeto considera a manutenção de árvores existentes e suas áreas permeáveis, na continuidade dos passeios, será possível a outorga não onerosa de potencial construtivo adicional, como incentivo a que a árvore e sua área permeável passem a integrar a área de logradouro público.

Verifica-se, então, que existe a possibilidade de quantificar valores de benefícios prestados aos cidadãos de uma comunidade a partir daqueles que são identificados como de relevância para essa comunidade, e é necessário entender, no entanto, que benefícios são esses para a sustentabilidade do ambiente urbano, ou seja, como a Arborização Urbana pode contribuir para o maior equilíbrio do ecossistema urbano.

**Conceito de sustentabilidade aplicado à infraestrutura.** Embora o relatório “Nosso futuro comum” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1987) tenha sido assertivo ao definir o desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em atender suas próprias necessidades, os relatórios posteriores, apesar de detalharem os objetivos que vieram sendo estipulados, não se detiveram a explicar como o conceito de sustentabilidade se aplica à infraestrutura.

A referência que veio a se consolidar se deu através de uma publicação do Banco Interamericano de Desenvolvimento, na qual é dito que a infraestrutura sustentável tem foco no âmbito projetual da sustentabilidade e é aquela que “é planejada, projetada, construída, operada e descomissionada de um modo a garantir a sustentabilidade econômica e financeira, social, ambiental (incluindo resiliência climática) durante seu ciclo de vida” (BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO, 2018, p. 3). Interessante é notar que a definição reconhece a infraestrutura nos seus objetivos e como meio, se não para propiciar o desenvolvimento sustentável, para permitir a criação de condições para que ele se dê. Nesse sentido, os próprios sistemas e equipamentos de infraestrutura são considerados nos seus ciclos de vida. Entende-se que eles podem, inclusive, entrarem em obsolescência ou serem substituídos e que algo deve ser feito com o que permanece no meio ambiente e que é descomissionado. Este termo pouco vinha sendo empregado para esse tipo de atividade, a não ser na consideração de atividades específicas como a mineração, cuja importância foi ressaltada recentemente no que tange a barragens de resíduos, que são, de fato, equipamentos da infraestrutura muitas vezes deixados no local, mesmo após o encerramento de atividades. Temos de ter em mente que os ODS se referem a todo tipo de atividades e ambientes, inclusive a mineração.

Mesmo assim, com a consideração dessa nova dimensão relativa à atitude projetual no que concerne à rede de infraestrutura em si, reconhece-se a necessidade de uma discussão teórica para obter uma definição menos focada em projetos individuais. A discussão é bem-vinda, também, devido à ambiguidade observada com a definição de “infraestrutura verde”, entendendo-se que o conceito de “infraestrutura sustentável”, a se conjugar, precisa oferecer uma contribuição para provocar uma mudança transformacional no modo de fazer as coisas e não ser apenas uma palavra de ordem trivial para repaginar velhos modos de preparar, construir, operar e investir em infraestrutura (BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO, 2018. p. 8-9).

Por ter sido um termo que veio a ser trabalhado muito recentemente, *par default*, as questões maiores vinham sendo discutidas no âmbito da caracterização dessas infraestruturas, sendo que, ainda nesses dias, a comunidade científica institucional considera que o termo abrange tanto a “infraestrutura natural” (ecossistemas e paisagens) como soluções híbridas que incluem componentes biológicos no projeto de sistemas construtivos infraestruturais (ECONOMIC POLICE FORUM, 2019). Embora seja admitido que o conceito extrapole o da infraestrutura verde, nota-se, ainda, uma grande semelhança com essa afirmação e o que essa comunidade vinha tratando como tal, tida como “uma rede estrategicamente planejada de áreas naturais ou seminaturais de alta qualidade com outras feições ambientais, projetada e manejada para fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos e para proteger a biodiversidade nos ambientes urbanos e rurais” (COMISSÃO EUROPEIA, 2013, p. 7).

Para o momento, a maior alteração observada no conceito está muito mais calcada na questão projetual do ciclo de vida da rede em si que na caracterização do que ela constitui, sendo que, ainda, resta levantar algumas questões sobre a “infraestrutura verde” para tentar oferecer subsídios para essa discussão, que ainda não está encerrada, a fim de consolidar o conceito de “infraestrutura sustentável”. Mesmo porque existe a necessidade de consolidar, antes de tudo, o conceito de “infraestrutura verde”, que apresenta uma pletora de acepções, dependendo muitas vezes do objeto a ser tratado ou do tipo da política implementada e relacionada a que abordagem é utilizada, se econômica, ambiental ou social.

Descendo um nível nessa análise, outra questão que também se mostra pertinente de ser discutida é referente aos “serviços ecossistêmicos”, que sempre aparecem nas definições da infraestrutura verde e que apresentam, conseqüentemente, tantas acepções quanto.

**Os serviços ecossistêmicos e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio.** O papel dos serviços ecossistêmicos é crucial no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Esse fato pode ser evidenciado pela constatação de que as regiões com maiores dificuldades em atingir as metas são aquelas onde suas populações apresentam uma maior dependência em relação aos ecossistemas e seus serviços (MEA, 2005). Considerando as ligações entre o bem-estar humano e os serviços prestados pelos ecossistemas na provisão das funções da natureza (GAUDERETO et al., 2018), torna-se claro que qualquer ação que vise

acelerar o processo de desenvolvimento de modo sustentável deve reconhecer explicitamente a importância dos serviços prestados pelos ecossistemas para as condições de vida humana.

Embora os objetivos da ONU tratem do conjunto de áreas naturais e daquelas que sofreram a ação antrópica, no entendimento do equilíbrio a ser buscado no ecossistema no âmbito mais abrangente, por tentarmos discorrer sobre as áreas epítomes dessa ação, estaremos tratando, doravante, mais especificamente das questões urbanas. Isso porque dados da ONU apontam que entre os anos de 2007 e 2050 a população do planeta terá um acréscimo de 3,1 bilhões de pessoas nas áreas urbanas, o que significa que 70% da população mundial estará vivendo em cidades (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2013) e trará um carga cada vez maior sobre a infraestrutura.

Doravante, este texto irá deter-se ao tratamento desses dois temas, quais sejam, “infraestrutura verde” e “serviços ecossistêmicos”, na tentativa de identificar as diversas abordagens, com considerações que servirão de subsídio para as intervenções no meio ambiente urbano e com vistas a dotar o ambiente urbano de condições a que nele se dê o processo de desenvolvimento sustentável, nos seus variados aspectos. O termo “verde” foi empregado em várias circunstâncias e muito anteriormente de ser associado ao termo “infraestrutura” e deve ser compreendido para ter uma perspectiva histórica da formação da expressão.

Egenter (1992) discute a proposição sobre os arquétipos de abrigos humanos e, ao analisar os abrigos de orangotangos em Bornéu e na Sumatra e de gorilas e chimpanzés na África, diz ser um fato cientificamente provado e apoiado ter existido um hominídeo que possuía habilidades para a construção de ninhos em árvores, que não simplesmente usava suas copas. Isso o levou a concluir que essas habilidades foram essenciais para a evolução da espécie, mais do que a habilidade de utilização de ferramentas, supondo que essa habilidade pode ter contribuído para a evolução da espécie e para o surgimento do homem enquanto ser cultural.

De todas as interações que o ser humano teve com a natureza, através das árvores, aquela que pode ter tido as consequências mais decisivas para a sua história é o desenvolvimento da habilidade de criar artefatos. A “arquitetura” foi o primeiro desses artefatos, e tal habilidade se amalgamou no processo cunhado de “cultura”, o qual veio a lhe conferir a capacidade para modificar o meio em que vive (e controlá-lo) e criar seu próprio hábitat (McKENZIE, 1968), tendo culminado com a criação do maior de todos seus artefatos, a cidade (LEITE; AWAD, 2012).

Durante muito tempo, a cidade foi entendida na sua condição de artefato, e a natureza na sua condição prístina, intocada, até os tempos da Revolução Industrial. Peter Hall descreve o modelo proposto por Ebenezer Howard para a sua utopia, a Cidade Jardim, como opção aos horrendos assentamentos da população pobre da cidade Vitoriana pós-industrial, como um modo também de dar um tratamento ao campo, “hoje muito visto sob uma aura sentimental”, mas que, à época, não era motivo de alento, pois, embora representasse a promessa de ar fresco e contato com a natureza, estava devastado pela depressão agrícola e não oferecia salários adequados e possibilidade alguma de vida social. Howard, então, sugeriu a criação de assentamentos cidade-campo, a serem implantados e mantidos por uma empresa nos moldes de uma cooperativa, com 32 mil pessoas vivendo em cerca de 4.050.000 m<sup>2</sup> de terra. Esse assentamento seria circundado por uma área bem maior, um “cinturão verde” permanente, com cerca de 5.000 acres (cerca de 20.250.000 m<sup>2</sup>), que conteria não só fazendas, mas também todo tipo de instituições urbanas, como reformatórios e casas de repouso, que se beneficiariam da locação rural (HALL, 1988, p. 92-93).

Surge, assim, o “verde” nas cidades, que depois veio a ser difundido sob outras expressões, como *áreas verdes* e mesmo *infraestrutura verde*, que não se refere à natureza, mas a recursos naturais trazidos para o ambiente urbano, tornando-se, eles mesmos, artefatos, parte do artefato natural maior que é a cidade e podendo, inclusive, tornarem-se hábitat para espécies nativas ou exóticas.

Forman (2014), ao tratar de habitats ou sistemas naturais que são encontrados nas áreas urbanas, os descreve sob quatro formas que ele considera facilmente reconhecíveis, a saber: nos ambientes construídos (cobertura vegetal de pequenos espaços, inclusive a arborização urbana); nas “áreas verdes criadas” (parques, gramados, campos de recreação e desportivos, plantações, etc.), nas “áreas verdes seminaturais” (ecossistemas degradados ou alterados pelas pessoas); e nas “áreas naturais” (florestas, matas não manejadas pelo homem, etc.). Notar que o adjetivo “verde” é utilizado para áreas com a intervenção humana; o espaço que permanece natural não recebe o adjetivo, ou seja, não é verde, é outra coisa: “natural”.

**Soluções Baseadas na Natureza (SBN).** Na própria gênese do termo *cinturão verde*, já é claro que se trata de uma área com finalidade de uso urbano dotada de amenidades com a utilização de recursos naturais, algo que mais equivale, para algumas grandes áreas verdes, ao conceito de “Soluções Baseadas na Natureza” (SBN), que, segundo a Comissão Europeia, são: soluções vivas inspiradas, continuamente mantidas, e que utilizam a natureza para responder a vários desafios sociais em um modo que utiliza eficientemente e adaptavelmente os recursos e que prevê benefícios econômicos, sociais e ambientais (MAES; JACOBS, 2015).

A maior diferença entre o “verde” e as “SBN” é que muitas áreas verdes, como praças e pequenos parques urbanos, precisam de cuidados intensivos para sua manutenção, não ficando aos cuidados dos regimes e processos naturais, tão somente. O conceito de SBN, que pode ser entendido como uma categorização de “área verde”, reforça, na própria terminologia adotada para denominá-la, o fato de não estarmos tratando de uma área não natural, mas de uma área criada pelo homem a partir da observação dele de certos processos naturais a servir a certas funções para seu bem, um artefato.

Num cotejamento assimétrico, do mesmo modo como não se pode dizer que o resultado de eventos como inundações e deslizamentos de terra em ambientes urbanos sejam catástrofes “naturais”, o “verde” urbano também não é “natural”. Ou, parafraseando o pensador do século XVIII, William Marshall, quando ele colocou que: “A natureza dificilmente sabe daquilo que a humanidade chama de paisagem” (MARSHALL, 2002, p. 418), caberia dizer que ela também nada sabe do que denominamos de “área verde”.

Oke et al. (2017) afirmam a importância de reconhecer que a presença de pessoas no ambiente urbano torna-o tanto biofísico quanto cultural, o que é identificado facilmente pelos artefatos culturais (edifícios, vias, etc.) e que caracterizam o ambiente urbano abiótico. O ecossistema vai ficar caracterizado com a superposição do ambiente biofísico (a população biológica de organismos – vegetais, animais, homens, etc.) sobre esse ambiente abiótico.

Por constituir a cidade um artefato, ela não é imbuída de vida em si mesma, o que torna as analogias biológicas de valor limitado. Uma vez que a cidade constitui um sistema aberto para importar e exportar tanto energia quanto massa durante as interações de coisas vivas com o ambiente físico (DOUGLAS, 1983), ela não pode existir sem um suporte externo às suas fronteiras. Nesse caso, considerar o “metabolismo

urbano” como o processo que descreve o fluxo e a transformação de materiais e energia em uma cidade deve-se ao benefício que essa analogia propicia para quantificar limites e dependências, para acessar o impacto de novas tecnologias ou outras mudanças e para tentar prever as demandas futuras.

**Conceitos de infraestrutura verde.** Da constatação de constituir a cidade um ecossistema heterotrófico, incompleto e dependente de grandes áreas externas para obtenção de energia, alimentos, fibras, água e outros materiais, apresentando, segundo ODUM (1988), um metabolismo intenso e exigindo um grande influxo de energia concentrada, uma grande entrada de materiais, uma saída ainda maior e altamente venenosa de resíduos, alguns sob a forma de substâncias químicas sintéticas altamente tóxicas, têm sido buscadas alternativas para alcançar um maior equilíbrio do sistema. Nesse contexto, surgiu o conceito de “infraestrutura verde”, nos estertores do século passado, baseado na premissa de que ela proporciona inúmeros benefícios para que as cidades sejam não apenas mais sustentáveis, mas mais resilientes para enfrentar os efeitos causados pelas mudanças climáticas (AHERN, 2007).

Suas origens estão alicerçadas em duas iniciativas: a) para proteger e promover a conexão de parques e outros espaços verdes em benefício das pessoas (recreação, saúde, estética e desenho urbano); b) proteger e promover a conexão de áreas naturais em benefício da biodiversidade e para inibir a fragmentação do hábitat (protegendo plantas, animais, processos naturais e ecossistemas nativos) (OKE et al., 2017).

Desde então, a “infraestrutura verde” tem sido incorporada em planejamentos sustentáveis de longo prazo em várias cidades e países. É um conceito que tem evoluído, ficando cada vez mais abrangente e adquirido feições diferentes, ainda mais com a incorporação de conhecimentos técnico-científicos, com a utilização de ferramentas digitais de última geração, necessitando que seja utilizada uma abordagem sistêmica, abrangente e transdisciplinar (HERZOG; ROSA, 2010).

Esse movimento em direção à adoção da infraestrutura verde, no entanto, não deve ser entendido apenas na incorporação do elemento tecnológico. A maior característica em termos de processo está na consideração no papel da sociedade, que deixa de ser o receptáculo da infraestrutura e passa a interagir na busca de soluções para as questões ambientais, provocando modificações e sofrendo as consequências. A maior integração não é de tecnologias, mas de agentes, para que a in-

fraestrutura seja tratada como uma criação social e cultural, impondo a transformação da sociedade para que haja a transformação do seu produto (GOTTDIENER, 2016).

O Quadro 1 tenta consolidar as várias acepções atribuídas à expressão “infraestrutura verde”, na tentativa de estruturar a evolução do pensamento sobre o assunto até o momento e de aprofundar em algumas considerações. Notam-se três abordagens ao conceituar a “infraestrutura verde”: a) uma com ênfase nos **mecanismos** e equipamentos (espaços e instalações) que compõem a sua rede, tais como áreas naturais (paisagens, remanescentes de florestas, mangues, rios, etc.), seminaturais (feições da paisagem, parques, prados, gramados, etc.), outros espaços verdes (praças, arborização urbana, jardins, etc.) e áreas construídas (telhados verdes, jardins verticais, etc.); b) outra com ênfase nas **funções** que se esperam que a rede desempenhe como um todo, sem especificar através de quais mecanismos, para que a cidade funcione como o meio natural, que a rede sirva para a redução de gases, para a melhoria da qualidade do ar e da água, para a regulação do clima, para a mitigação da mudança climática, para até mesmo que contribua para que a cidade alcance a sustentabilidade e que diminua sua condição de ecossistema heterotrófico; c) outra, ainda, com foco no estabelecimento de uma **política**, relacionando-a com o arsenal de estratégias que pode ser utilizado para a adaptação climática, para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para a resiliência de comunidades a esses efeitos. Essas abordagens seguem indicadas em cada conceituação.

Quadro 1 - Conceitos de “infraestrutura verde” segundo autores e anos diversos.  
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Conceito de Infraestrutura Verde	Autor	Ano
Fazer a cidade funcionar como uma floresta e cada edifício como uma árvore (Função).	Beatley McDonough; Braungart	2000 2002
Uma rede de espaços verdes interconectados (incluindo áreas e feições naturais, paisagens produtivas com valor para conservação e outros espaços abertos protegidos), que é planejada e manejada pelo valor de seus recursos naturais e para os benefícios associados que ela proporciona para as populações humanas (Mecanismo, Função, Política).	Benedict; McMahon	2006
Uma estratégia de adaptação climática que pode contribuir para a redução de gases de efeito estufa ou para a mitigação da mudança climática (Política).	Gill et al.	2007
Um meio genuíno de melhorar e contribuir para a sustentabilidade (Política).	Ahern	2007
Uma rede de ecossistemas e espaços verdes, incluindo parques, rios, áreas úmidas e jardins privados, estrategicamente planejados e implantados, com foco em ecossistemas que fornecem serviços importantes como a proteção contra águas torrenciais, melhoria da qualidade da água e do ar e regulação do clima local, podendo constituir um recurso multifuncional para fornecer uma série de serviços ecossistêmicos que apresentam grandes benefícios para o bem-estar das comunidades locais (Mecanismo, Função).	Comissão Europeia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente	2010
Redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados, interconectados, que reestruturam o mosaico da paisagem e prestam serviços ecossistêmicos ao mimetizar as funções naturais da paisagem, visando conservar e restaurar áreas ecológicas relevantes, criando espaços multifuncionais e flexíveis (Mecanismo, Função).	Herzog; Rosa	2010
A estrutura ecológica da paisagem ou do território que reconhece os sistemas ecológicos fundamentais e orientadores de uma implantação sustentável da estrutura edificada de forma a promover a biodiversidade em ambiente urbano (Política).	Ferreira	2010
Associada a objetivos ambientais e de sustentabilidade que as cidades tentam alcançar através de uma mistura de abordagens naturais (Função).	Foster; Lowe; Wilkelman	2011
Uma infraestrutura promotora de biodiversidade no ambiente urbano e indutora da sustentabilidade territorial, essencial para preservar os recursos naturais que sustentam o ambiente e as sociedades humanas (Política).	Ferreira; Machado	2012
Integradora de uma série de soluções de provisão de serviços ecológicos / serviços ecossistêmicos (Função, Política).	Secret. da Convenção sobre Diversidade Biológica	2012
Uma rede ecológica reestruturante da paisagem urbana, mimetizando processos naturais para manter a funcionalidade e diminuir a condição heterotrófica do ecossistema urbano, não significando a reintrodução da natureza no ambiente urbano, e sim a reestruturação de processos naturais, reconhecendo a condição de urbanidade do ambiente (Função).	Herzog	2013
Uma rede estrategicamente planejada de áreas naturais e seminaturais, projetada e manejada a prestar serviços ecossistêmicos e proteger a biodiversidade nos ambientes urbanos e rurais (Mecanismo, Função).	Comissão Europeia	2013
Provedora de serviços ecossistêmicos que são necessários para o bem-estar humano e a conservação da biodiversidade, sendo, nas cidades, constituída por diferentes áreas e superfícies permeáveis, parcialmente ou completamente dominadas por diferentes tipos de vegetação, incluindo remanescentes de florestas, telhados verdes, gramados, jardins verticais, arborização urbana de logradouros, parques e praças com diferentes tipos de manutenção e histórico de influências humanas (Mecanismo, Função).	Pena et al.	2016

Algumas observações são necessárias para complementar o que se apresenta, resumidamente, no Quadro 1.

O que é indicado como conceito formulado por Benedict e McMahon (2006) é parte do pensamento que eles formulam, entendendo que a expressão adquire lexicamente duas funções, uma de substantivo, e outra de adjetivo. O que se apresenta no quadro é o conceito, o substantivo. Como adjetivo, numa expressão como “solução de infraestrutura verde”, entendem que está sendo descrito “um processo que promove uma abordagem sistemática e estratégica à conservação da terra nas escalas nacional, estadual, regional e local, encorajando o planejamento e práticas do uso do solo que são boas para a natureza e para as pessoas” (BENEDICT; McMAHON, 2006, p. 3). O importante, nessa dimensão, é que ela provê um mecanismo que facilita o estabelecimento de atividades estratégicas e sistematizadas de conservação de áreas de diferentes tipos de valor cultural e ambiental, o que traz mais segurança tanto para conservacionistas quanto para empreendedores, pois não se trata de criar áreas para o tratamento de uma situação que aflora a cada empreendimento, mas estabelecer bases para um quadro de desenvolvimento. Assim, ao final, o conceito acaba por abranger as três abordagens, e talvez seja essa uma das razões pelas quais tal conceito cunhado em 2006 tem servido até nossos dias como referência maior para os documentos e projetos de origem da comunidade acadêmica e institucional, no âmbito global, inclusive.

**Conceitos de serviço ecossistêmico.** Embora, aparentemente, as considerações conceituais que foram feitas posteriormente não tenham provocado alterações substanciais no que tange à definição do termo, o que se nota é que houve a necessidade de detalhar mais amiúde o escopo das funções que a infraestrutura deveria desenvolver. O que ainda se mostrava incerto e impreciso nas ideias como “funcionar como uma floresta” ou “mimetizar as funções naturais da paisagem”, consideradas isoladamente, passou a receber um reforço com a adição da expressão “serviços ecossistêmicos”.

Essa expressão foi utilizada pela primeira vez em 1981, na obra de Paul e Anne Ehrlich, denominada “As causas e consequências do desaparecimento de espécies”, sem, no entanto, tratar de defini-la, amalgamando o pensamento difuso de serviços providos por ecossistemas aos quais a literatura científica já vinha fazendo referência há muito mais tempo (POTSCHIN et al., 2016), sob as alcunhas de “serviços ambien-

tais” (STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTS PROBLEMS, 1970), “serviços públicos providos pelo ambiente global” (HOLDREN; EHRLICH, 1974) e “serviços naturais” (WESTMAN, 1977).

No Quadro 2, apresenta-se o resultado de um exercício de consolidação de várias acepções atribuídas à expressão, também na tentativa de estruturar a evolução do pensamento sobre o assunto até o momento e de aprofundar em algumas abordagens.

Quadro 2 - Conceitos de “serviços ecossistêmicos” segundo autores e anos diversos. Fonte: Compilado, alterado e ampliado pelos autores a partir de consolidação de SANTOS (2014). Disponível em: [http://www.fapesp.br/eventos/2014/02/biota/Rozely\\_Ferreira.pdf](http://www.fapesp.br/eventos/2014/02/biota/Rozely_Ferreira.pdf). Acesso em: 12 maio 2019.

Conceito de Serviços Ecossistêmicos	Autor	Ano
Sistemas adaptativos complexos, nos quais propriedades sistêmicas macroscópicas como estrutura, relação produtividade-diversidade e padrões de fluxos de nutrientes emergem de interações entre componentes, sendo comuns efeitos de retroalimentação, numa combinação de efeitos negativos e positivos responsáveis por um equilíbrio dinâmico evolutivo.	Levin	1988
Resultam das funções ecossistêmicas que, direta ou indiretamente, contribuem para o bem-estar. Há um estoque limitado de capital natural capaz de sustentar um fluxo limitado de Serviços Ecossistêmicos (crescimento econômico <i>versus</i> sustentabilidade ambiental).	Costanza; Daly	1992
Condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais e das espécies que os compõem que sustentam e mantêm a vida humana.	Daily	1997
Os benefícios para populações humanas que derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas.	Costanza et al.	1997
Quando as complexas interações entre os elementos estruturais do capital apresentam possibilidade/potencial de ser utilizada para fins humanos.	Huetting et al.	1998
Serviços gerados pela natureza, resguardados pela compreensão das interconexões existentes entre os componentes dela, analisados a partir da interdependência de funções ecossistêmicas.	Limburg; Folke	1999
Processos naturais que garantem a sobrevivência das espécies, com capacidade de prover bens e serviços, satisfazendo necessidades humanas.	De Groot et al.	2002
Podem ser vistos como unidades prestadoras de serviço.	Luck et al.	2003
Produtos de funções ecológicas ou processos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano ou têm potencial para fazê-lo no futuro ou como benefícios da natureza para famílias, comunidades e economias. Eles representam os processos ecológicos e os recursos expressos em termos de bens e serviços que eles fornecem.	Daily; Farley	2004
Os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas.	Millennium Ecosystem Assessment	2005
Não são os benefícios, mas os componentes da natureza, que ou são diretamente aproveitados e consumidos ou se caracterizam como serviço ecossistêmico.	Boyd, Banzhaf	2007
Recursos naturais que sustentam a saúde e o bem-estar humano.	Collins; Larry	2007
Processos ecológicos ou funções que podem afetar o bem-estar humano, entendidos, frequentemente, sob a perspectiva do beneficiário, não obrigatoriamente, o ser humano.	Fisher; Turner	2008
Aspectos dos ecossistemas utilizados, ativa ou passivamente, para produzir bem-estar humano.	Fisher et al.	2009

Contribuições que o meio ambiente oferece para o bem-estar humano.	Haines-Young; Potschin	2009
Os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas e serviços ambientais e que têm impactos positivos além da área onde são gerados.	Estado de São Paulo	2009
Benefícios <i>tangíveis</i> (alimentos, madeira, etc.) e <i>intangíveis</i> (beleza cênica e regulação do clima, etc.) obtidos pelo homem através das dinâmicas e complexas interações entre os diversos componentes do capital natural.	Andrade; Romeiro	2009
Serviços providos por ecossistemas manejados ativamente.	Muradian et al.	2010
As contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano.	Comissão Europeia*	2010
Fluxo de serviços (de saída da estrutura e processos) providos por recursos biológicos num período. O uso de um recurso ecológico em um período.	Bateman et al.	2011
Aspectos do ecossistema consumido/utilizado para produzir bem-estar humano – considera a organização do ecossistema (estrutura), processos e fluxos e como são consumidos/utilizados direta ou indiretamente pelo homem.	Farley	2012
Fluxo gerado pelo ecossistema, incluindo interações/informações ecológicas úteis para os seres humanos, não incluindo componentes/produtos (quantidades de biomassa, etc.), podendo requerer insumos humanos, não necessariamente construtos principais (produtos com processamento industrial, etc.).	La Notte et al.	2017

\*Comissão Europeia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

Em primeiro lugar, com relação aos vários conceitos de infraestrutura verde, essas definições de serviços ecossistêmicos por vezes podem parecer tanto tautológicas quanto antagônicas àqueles. Este último caso, em função do fato de os conceitos subsistirem independentemente entre si, embora pareçam fortes os argumentos em considerar todas as questões integradas em um instrumento de política estratégica, a despeito de qual conceito seja considerado.

No que tange às conceituações em si, tantas diferenças de enunciados fazem com que a criação de uma classificação de serviços ecossistêmicos apresente pouca correspondência entre eles e os benefícios e cause um sobreposição entre serviços intermediários e finais (LA NOTTE et al., 2017), havendo, ainda, nelas, pouca distinção entre serviços e processos.

Um sistema que tal deveria ser construído com base no que é adequado a cada propósito, ou seja, se a análise do serviço ecossistêmico tem um foco maior em sistemas ecológicos (impactos e pressões em uma abordagem socioeconômica) ou em sistemas socioeconômicos (nos benefícios derivados pela sociedade). Não se deve esquecer de que todo sistema de classificação tem suas limitações (LA NOTTE et al., 2017), mesmo porque, ao realizar uma análise e estabelecer propósitos, está sendo feita uma diretriz de seleção que desconsidera quesitos que não fazem parte do escopo dessa diretriz.

Embora as definições não façam uma relação com uma hierarquia superior que as interconectem em um quadro mais amplo (talvez, a

infraestrutura verde), algumas delas fazem referência a uma subclasseificação da qual mantêm dependência (os processos e funções ecossistêmicas – os tais serviços intermediários e finais que se acham em área de sombreamento) e a um quadro econômico do qual dependem e com o qual, entende-se, podem contribuir (o capital natural), o que se acha mais abertamente expresso na clássica definição de Costanza et al. (1992). Doravante essas questões serão abordadas.

**Capital natural.** Sendo “capital” tradicionalmente definido como um meio de produção (manufaturado), não se adequando o meio natural a essas condições, o termo “capital natural” foi cunhado com base numa abordagem funcional do capital como “um estoque que propicia um fluxo de mercadorias ou de serviços de valor para o futuro” (COSTANZA; DALY, 2006, p. 38). Isso significa que o fulcro dela está na relação de fluxo propiciado pelo estoque (seja manufaturado ou natural) e que serve apenas para uma distinção de tipos de capital, mas não para definir algo que, por conceito, não poderia ser assim definido. De uma árvore, através de mudas ou sementes, originam-se novas árvores, em um fluxo que pode se dar de modo contínuo e sustentável e ser considerado uma “renda” sobre um período determinado. Também os serviços prestados por esse fluxo (os serviços ecossistêmicos) – pelo capital natural –, pelas funções como a captura de gás carbônico ou a contenção de água de escoamento superficial, nessa lógica, são do mesmo modo considerados “renda”.

Polanyi (1944) assinalou que a comercialização da terra, do trabalho e do dinheiro, inexistente no mercantilismo, tornou-se pré-condição da economia de mercado que emergiu no século XIX com a industrialização, subordinando a sociedade, de alguma forma, às suas exigências. Enfatizou que trabalho, terra e dinheiro não são mercadorias ou objetos produzidos para a venda no mercado; uma consideração assim seria apenas uma “ficção”. A terra, o autor acrescentou, é apenas outro nome para a natureza, que não é produzida pelo ser humano. Porém, com o auxílio dessa “ficção” é que foram organizados os mercados. O que era ficção se tornou o princípio organizador da sociedade (BECKER, 2010).

Talvez uma melhor denominação a esse capital, na lógica como vimos observando, da apropriação de feições naturais ou de adotar algo baseado na natureza em benefício do bem-estar social da sociedade urbana, pudesse ser “capital verde”, o que emparelharia o conceito a tantos outros – ainda mais que o dinheiro é “verde”. No entanto, já existe

o que se chama de “Capitalismo Verde”, uma tentativa de estabelecer uma teoria pela reestruturação do mercado considerando a produção e o investimento responsável.

*Capital natural e recurso natural* são coisas distintas: o “recurso” tem agregados, nas suas dimensões de estoque, o capital e, na de fluxo, a renda, e a formação desses “agregados” implica na valorização relativa a cada um deles (COSTANZA; DALY, 2006).

Numa abordagem que reforça esse pensamento, Castells (1983, p. 229), com vistas a temas que se entrecruzam na problemática ambiental, define o ambiente urbano como “a dimensão biológica da reprodução ampliada da força de trabalho”. De outro modo, as relações dos seres humanos de apropriação e uso dos elementos da natureza são relações constitutivas do ambiente urbano, a partir de fluxos de energia e de informação, para a nutrição e biodiversidade, pela percepção e atribuição de significado às configurações do ambiente urbano e dos recursos naturais (MOREIRA, 1997).

Por consequência, o capital natural do planeta é considerado a partir da totalidade dos recursos naturais disponíveis que rendem fluxos de benefícios tangíveis e intangíveis ao ser humano, estando a maior especificidade do capital natural no fato de que seus benefícios são, em sua grande maioria, insubstituíveis. Isso justificou uma preocupação singular da teoria econômica, considerando a ideia de que o sistema econômico é um subsistema de um sistema maior que o sustenta e que lhe fornece os meios necessários para sua expansão (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Nunca é demais lembrar que o sistema econômico não atua de forma independente do sistema natural que lhe sustenta (MUELLER, 2007). Ele interage com o meio ambiente, extraindo recursos naturais (os componentes estruturais do capital natural) e energia e devolvendo resíduos, e o enfoque dado pelas diferentes vertentes teóricas de tratamento das questões ambientais privilegiam ou a dinâmica do sistema econômico ou as interfaces entre este e o meio ambiente (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Cabe assinalar que o capital natural refere-se apenas aos “recursos (bióticos e abióticos) dos ecossistemas que geram serviços direta ou indiretamente apropriáveis pelo homem” (ANDRADE; ROMEIRO, 2009, p. 3), que são explicitados e que são de conhecimento até o momento, e os ecossistemas englobam as complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos e não vivos em seus ambientes físicos e biológi-

cos, dos quais o ser humano é parte integrante (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003). Essa ressalva se contrapõe à ideia de alguns autores considerarem a natureza como algum tipo de capital, à qual Roterling (2008) se opõe.

Em termos de mercado, entende-se que criar mecanismos para que os valores dos serviços prestados pelo capital natural sejam internalizados de maneira apropriada pelo sistema econômico, apesar de representar um desafio, haja vista que as abordagens convencionais utilizadas para a valoração dos serviços ecossistêmicos enfatizam ou o sistema econômico ou os ecossistemas, despreza as inter-relações entre eles (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). No entanto, a abordagem mercadológica, apesar de incidir, não se aplica integralmente ao analisar a gestão das cidades.

Mercados têm a ver com a esfera econômica, ao passo que a gestão pública municipal pertence à esfera política da sociedade, fazendo com que as decisões sejam produtos de conflitos, discussões e compromissos nos quais as pessoas estão diariamente engajadas, na construção de um Estado democrático, liberal e social. Nos mercados, os produtores e os consumidores tentam promover seus interesses ao máximo possível, segundo um mecanismo competitivo e relativamente eficiente de alocação de recursos e benefícios, enquanto na política, incluída aqui a gestão pública, além dos interesses do capital, é necessário também levar em conta os valores culturais e sociais. Isso porque toda decisão se submete a limitações (econômicas e institucionais) para satisfação de interesses, de princípios morais e proteção de direitos dos cidadãos, na busca da ordem social, da liberdade, da justiça social e do bem-estar.

Na esfera política – a esfera do Estado –, as elites políticas, a sociedade civil e os cidadãos ocupam o centro do palco. Na esfera econômica e tecnológica – a esfera dos mercados –, o papel correspondente é desempenhado pelos indivíduos e pelas classes sociais (capitalistas, trabalhadores e profissionais). O processo histórico é o produto da contínua interação entre os dois principais mecanismos institucionais que coordenam os modernos Estados-nação, o Estado e o mercado, de tal forma que todas as economias avançadas são essencialmente economias mistas: elas não são puras economias de mercado e muito menos regimes estatais. O Estado, enquanto conjunto de instituições, estabelece as condições legais sob as quais operam os mercados. Enquanto aparelho dotado de poderes especiais, ele reforma as instituições, aplica a lei e, por meio de transferências econômicas, compensa ou mo-

dera os desequilíbrios sociais e econômicos inerentes aos mercados (BRESSER-PEREIRA, 2009). No ambiente da gestão municipal, os recursos, dentre eles os recursos naturais, desmaterializam as questões mercadológicas por não serem consideradas transações econômicas, e sim uma prestação de serviços de um estabelecido e com poderes auferidos de forma democrática, para a qual a alocação de recursos não se dá via lógica de mercado.

No entanto, cada vez mais os ecossistemas urbanos estão sujeitos a processos de globalização, e eles mesmos são um dos agentes mais implementadores desse modelo. Os projetos globais se inserem no processo político que tenta organizar uma governança global acentuando a politização da natureza, bem como no processo econômico de busca de nova matriz energética e de mercantilização de novos elementos da natureza. O valor econômico desses elementos é colocado de forma prementória no reconhecimento da natureza como capital natural (DALY; FARLEY, 2000) e serve a lógicas inclusive incentivadas por organismos internacionais em políticas, como a expressa no Protocolo de Kyoto (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1997), que instituiu mecanismos de Comércio de Emissões, de Implantação Conjunta e de Desenvolvimento Limpo. O próprio documento citou que esses mecanismos servem para permitir que países desenvolvidos e “países de economia em transição para o capitalismo” possam cumprir objetivos de redução de emissões. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, por exemplo, pode comprar “créditos de carbono”, um subproduto do “capital natural”.

Sempre é bom ter em mente que o objetivo final é o desenvolvimento sustentável, o qual envolve três dimensões: econômica, social e ambiental. A formulação do conceito de “capital natural” está ligada à dimensão econômica, mas baseada nos benefícios sociais que os recursos ambientais podem fornecer através da prestação de serviços ecossistêmicos. Na essência, planejamento sustentável pretende estabelecer ações para os sistemas humanos propiciarem o desenvolvimento econômico com vistas à divisão equitativa dos benefícios sociais, permitindo a proteção de recursos ambientais e reduzindo a heterotrofia do ambiente urbano. A questão do capital natural não é central do planejamento sustentável, mas permite fazer relações sobre a necessidade da preservação dos recursos naturais aos quais podem ser agregados valores monetários e estabelecer relações entre mercados. Essa abordagem evidencia os impactos significativos que humanos têm sobre a Terra e seus sistemas “naturais” e o crescente reconhecimento que economia e

sociedade fundamentalmente dependem da continuada saúde do meio ambiente (OKE et al., 2017, p. 11).

A saúde do meio ambiente está intimamente ligada à contínua capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos (MILLENNIUM ENVIRONMENT ASSESSMENT, 2005), porém a sua demanda vem crescendo rapidamente, ultrapassando em muitos casos a capacidade de os ecossistemas fornecê-los. Urge não apenas dispender esforços para a compreensão da dinâmica inerente aos elementos estruturais do capital natural, mas também entender “quais são os mecanismos de interação entre os fatores de mudança dos ecossistemas e sua capacidade de geração dos serviços ecossistêmicos, bem como seus impactos adversos sobre bem-estar humano” (ANDRADE; ROMEIRO, 2009, p. 8-9).

**Classificação dos serviços ecossistêmicos.** Seguindo a taxonomia da Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MILLENNIUM ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, 2003, p. 9), os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias, a saber: a) serviços de provisão (ou serviços de abastecimento), que oferecem suporte e contribuem para a manutenção dos demais; b) serviços de regulação; c) serviços culturais; d) serviços de suporte, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação dos serviços ecossistêmicos segundo MEA (2003). Fonte: Elaborado pelos autores, com agregação de informações a partir de MILLENNIUM ENVIRONMENTAL ASSESSMENT (2003, p. 57).

Categoria	Caracterização	Serviços Ecossistêmicos	Aferição da Sustentabilidade
Provisão	Produtos obtidos de ecossistemas.	Alimentos, água, madeira para combustível, fibras, bioquímicos, recursos genéticos, etc.	Através de fluxos (quantidade de produtos obtidos num período) e da observação dos limites impostos pela capacidade de suporte do ambiente natural (física, química e biológica) para não ser comprometida pela ação antrópica.
Regulação	Características regulatórias dos processos ecossistêmicos.	Regulação climática, de doenças, biológica, de danos naturais, manutenção da qualidade e purificação da água, polinização, etc.	Através da análise da capacidade dos ecossistemas em regular determinados serviços.
Culturais	A diversidade cultural que influencia e é influenciada pela diversidade dos ecossistemas – multiplicidade das culturas, valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos, etc.	Ecoturismo e recreação, contemplação espiritual, religiosa, estética, educacional, inspiracional, senso de lugar e pertencimento, herança cultural, etc.	Intimamente ligados a valores e comportamentos humanos, bem como às instituições e padrões sociais, características que fazem com que a percepção deles seja contingente a diferentes grupos de indivíduos, dificultando sobremaneira a avaliação de sua provisão.
Suporte	Necessários para a produção dos outros serviços ecossistêmicos.	Composição do solo, produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, produção primária, provisão de habitat, etc.	Os impactos sobre o homem são indiretos e/ou ocorrem no longo prazo.

Norberg (1999) propõe uma classificação em três categorias: a) serviços associados a determinadas espécies ou grupo de espécies similares; b) serviços que regulam entradas externas ao sistema de natureza física ou química; c) serviços relacionados à organização de entidades bióticas e à organização biológica dos componentes ecossistêmicos (Quadro 4).

Quadro 4 - Classificação dos serviços ecossistêmicos segundo Norberg (1999).  
Fonte: Elaborado pelos autores, com agregação de informações a partir de Norberg (1999).

Categoria	Caracterização
Serviços associados a determinadas espécies ou grupo de espécies similares	Os possíveis beneficiários são internos ao próprio ecossistema em que os serviços são gerados, e a manutenção do serviço se dá através da preservação de determinada espécie.
Serviços que regulam entradas externas ao sistema de natureza física ou química	A conservação dos serviços envolve a preservação de toda a comunidade biótica e de todo o ecossistema, demonstrando o delicado equilíbrio entre os seus componentes estruturais.
Serviços relacionados à organização de entidades bióticas e biológicas dos componentes ecossistêmicos	Serviços de suporte que alicerçam a geração dos demais serviços sendo de fundamental importância para o funcionamento sistêmico dos ecossistemas e para sua habilidade de adaptação a situações adversas.

Nessa categorização, é notada a não consideração do elemento “bem-estar humano” a servir de validador dos benefícios, considerando toda comunidade biótica e abiótica.

Ahern (2007) discorre sobre a dificuldade de entender quão complexas e diversas são as paisagens e as funções do ambiente urbano, tendo em vista processos ecológicos específicos, o que traz à baila o conceito de *funções ecológicas*, conforme colocadas pela Sociedade Ecológica da América (BAINBRIDGE, 2006). Segundo esta, essas funções são as responsáveis pela prestação dos *serviços*, como para atenuar clima, manter o ciclo de nutrientes, “desintoxicar” resíduos, controlar pragas, manter biodiversidade e purificar o ar e a água. Desse modo, o autor explica que os *serviços ecossistêmicos* ajudam a dar o devido valor às funções ecológicas, geralmente em benefício de populações humanas em termos de saúde física e econômica. Ou, como corroboram Huetting et al. (1998): uma função passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade ou potencial de ser utilizada para fins humanos.

Ahren (2007), ainda, apresenta um quadro para explicar o modelo para o planejamento paisagístico: o Modelo ABC (Abiótico-Biótico-Cultural). Este é considerado abrangente, inclusivo e consistente, com a perspectiva ecológica paisagística que reconhece as demandas e os impactos

recíprocos da ação antropogênica sobre os processos bióticos e abióticos, como a seguir, no Quadro 5, o qual ilustra a aplicação do modelo para articular as funções-chave de uma infraestrutura verde.

Quadro 5 - Funções-chave abióticas, bióticas e culturais de uma infraestrutura verde.  
Fonte: Ahern (2007, p. 269).

Abiótico	Biótico	Cultural
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superfície: interações com o lençol freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hábitat para espécies generalistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiência direta com ecossistemas naturais</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processos de desenvolvimento do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hábitat para espécies especialistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recreação física</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção de regime(s) hidrológico(s)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação de espécies em rotas e corredores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiência e interpretação da história cultural</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acomodação de regime(s) que sofreram perturbação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção de regime(s) de perturbação e de sucessão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propicia o senso de isolamento e de inspiração</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamponamento de ciclos de nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção de biomassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidade para interações sociais saudáveis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequestro de carbono e GEE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provisão de reservas genéticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estímulo às expressões abstratas e artísticas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificação e tamponamento de extremos climáticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte para interações flora e fauna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educação ambiental</li> </ul>

Ahern (2007) explica o que caracteriza uma infraestrutura verde, explicitando a questão conceitual, e não a questão formal de utilizar uma *solução verde*: para atingir a sustentabilidade nas paisagens urbanas, a infraestrutura deve ser concebida e entendida como um meio genuíno de melhorar e contribuir para a sustentabilidade. Se a intenção é evitar ou minimizar o impacto relacionado ao desenvolvimento à infraestrutura, a possibilidade diminui muito.

Com isso, ele quis expressar que a infraestrutura não deve ter o foco apenas no que é a sua finalidade, usando como exemplo o manejo do escoamento superficial de águas torrenciais, para o qual as estruturas visam ao *controle de danos*. Isso leva à construção de reservatórios e  *piscinas*  de retenção e detenção estéreis, não vegetados, inacessíveis, com a finalidade de controlar o escoamento superficial, mas sem qualquer foco em outras funções ecológicas, como a preservação da qualidade da água ou a integridade ecológica do ambiente. Ao citar Van Bohemen (2002), enfatiza que a infraestrutura verde, além de tratar a questão do escoamento d'água superficial, deve considerar, integral e holisticamente, o Modelo ABC, pois ela tem de contribuir para a melhoria das condições de habitabilidade do próprio local.

Colocando a questão de um modo realista, é uma ingenuidade e impraticável que os tomadores de decisão vão fazer drásticas substituições de formas construídas considerando áreas verdes, mesmo estando extremamente comprometidos com a causa da sustentabilidade. Isso porque os custos políticos, econômicos e sociais são grandes, cabendo aos planejadores e projetistas, estrategicamente, pensar maneiras de reconceber a infraestrutura cinza de modo a integrar o Modelo ABC.

**Funções dos serviços ecossistêmicos.** As funções e os serviços ecossistêmicos nem sempre apresentam uma relação unívoca, e um único serviço ecossistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, ou uma única função pode gerar mais que um serviço ecossistêmico (COSTANZA et al., 1997; DE GROOT et al., 2002).

A despeito da grande variedade de funções ecossistêmicas, é possível agrupá-las em quatro categorias primárias, quais sejam: a) funções de regulação; b) funções de hábitat; c) funções de produção; d) funções de informação (DE GROOT et al., 2002; MILLENNIUM ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, 2003). As duas primeiras classes proporcionam suporte e manutenção dos processos e componentes naturais, contribuindo para a provisão das demais funções, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Funções ecossistêmicas. Fonte: Elaborado pelos autores com sistematização de informações a partir de Andrade e Romeiro (2009).

Categoria	Caracterização
Funções de Regulação	Regulação da composição química da atmosfera, dos oceanos e da biosfera como um todo (equilíbrio entre oxigênio e dióxido de carbono, manutenção da camada de ozônio); da cobertura vegetal e do sistema de raízes (capacidade de prevenção ou mitigação de distúrbios ou danos naturais, tornando menos severos os efeitos de desastres e eventos de perturbação natural); da capacidade de absorção de água e resistência eólica da vegetação; da capacidade de filtragem e estocagem de água (regulando sua disponibilidade ao longo das estações climáticas); da capacidade de retenção do solo (prevenindo a erosão e a compactação), beneficiando diretamente as funções ecossistêmicas que dependem desse recurso em boas condições naturais, como as reciclagens de nutrientes vitais ao crescimento e ocorrência das formas de vida, tais como nitrogênio, enxofre, fósforo, cálcio, magnésio e potássio.
Funções de Hábitat	Conservação biológica e genética e para a preservação de processos evolucionários, como refúgio (abrigo para espécies animais e vegetais, contribuindo para a manutenção da diversidade genética e biológica) e berçário (áreas ideais para a reprodução de espécies que muitas vezes são capturadas para fins comerciais, proporcionando a sua perpetuação).
Funções de Produção	Capacidade de os ecossistemas fornecerem alimentos para o consumo humano, a partir da produção de uma variedade de hidrocarbonatos, obtidos através de processos como a fotossíntese, sequestro de nutrientes e de ecossistemas seminaturais, como as terras cultivadas, podendo-se ter recursos provenientes de sua parte biótica (produtos vindos de plantas e animais vivos) e de sua parte abiótica (principalmente minerais subterrâneos).
Funções de Informação	Capacidade de os ecossistemas naturais contribuírem para a manutenção da saúde humana, fornecendo oportunidades de reflexão, enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, recreação e experiência estética, funções profundamente ligadas aos valores humanos, o que muitas vezes dificulta a sua correta definição e avaliação.

Não é casual certa semelhança na classificação das funções e dos serviços ecossistêmicos, uma vez que ao serviço ecossistêmico correspondem as funções que contribuem para o bem-estar humano. Muitas funções têm um escopo maior e servem, por exemplo, a comunidades outras de seres e se referem a áreas não ocupadas pelo ser humano. Dessa grande miríade de funções, aquelas que restam ao passar pelo crivo do bem-estar humano tornam-se serviços.

Os impactos dos fluxos e de mudanças, eventualmente observadas nas funções para a caracterização dos serviços ecossistêmicos, considerando-se os constituintes do bem-estar, são complexos e envolvem relações de causa e ação que se reforçam mutuamente, uma vez que os processos de geração dos serviços ecossistêmicos se inter-relacionam com as próprias dimensões do bem-estar. As mudanças nos serviços ecossistêmicos de provisão, por exemplo, afetam todos os constituintes do bem-estar material dos indivíduos (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). O mesmo se pode considerar no âmbito das funções ecossistêmicas. A natureza interdependente delas faz com que a análise de seus serviços requeira a compreensão das interconexões existentes entre os seus componentes, resguardando a capacidade dinâmica dos ecossistemas em gerar seus serviços (LIMBURG; FOLKE, 1999), o que pode se tornar mais complexo caso consideremos que essas alterações podem se dar em várias escalas espaciais e temporais (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Nossa análise poderia se estender ainda mais, uma vez que as funções ecossistêmicas, devido a sua complexidade e mesmo caracterização, têm sido objeto de estudos na tentativa inclusive de obter avaliações qualitativas e quantitativas dos processos e produtos que elas implicam, como os realizados por Boyd e Banzhaf (2007), Fisher et al. (2009) e Haines-Young e Potschin (2009). Porém essas são abordagens que reforçam a caracterização e a importância da consideração delas, sem criar outro nível hierárquico de relações. Enfatizando o que já foi apontado, vimos que muitos conceitos foram sendo construídos de forma isolada, a alguns foram adicionados outros aspectos, podendo ou não terem sido incorporados em uma hierarquia organizacional ou deixados isolados para o esclarecimento de um determinado evento destacado sobre o que ocorria no ecossistema para a explicação de um fenômeno. Esse tipo de abordagem isolada chamou a atenção para tentar obter uma sistematização com a composição de um possível quadro operacional, como proposto a seguir.

Alguns autores chamam a atenção para o fato de que nunca o momento foi tão crítico para esclarecer e operacionalizar uma classificação de serviços ecossistêmicos, o que exige um esforço em direção à padronização para fins de monitoramento e de avaliação comparativa em função de resultados a partir de diferentes escalas de investimento (LA NOTTE et al., 2007).

Ao associarmos os conceitos de serviços ecossistêmicos à Arborização Urbana, temos a seguinte classificação:

#### a. Serviços de regulação

**Para a composição atmosférica urbana:** a árvore libera gases como oxigênio –  $O_2$  e ozônio –  $O_3$  (SAMSOM; GROTE; CALFAPIETRA, et al, 2017), reduz o volume das toxinas aéreas pela captação de material particulado em suas folhas, realiza o sequestro de gases de efeito estufa causadores do aquecimento global: dióxido de carbono –  $CO_2$ , metano –  $CH_4$ , dióxido de nitrogênio –  $NO_2$ , dióxido sulfúrico –  $SO_2$ , além de hidrofluorcarbonos e perfluorcarbonos, interceptando e mantendo depositado em suas folhas material particulado – PM10, como poeira, cinzas, pólen, fuligem, etc., nas folhas (CITY OF SEATTLE, 2007), e provê ação purificadora do ar por depuração bacteriana e de outros microrganismos.

A oxigenação da atmosfera se dá através da fotossíntese, em que a árvore consome gás carbônico e obtém glicose durante o dia, e através da respiração, durante a qual, além do consumo do próprio oxigênio, ocorre a quebra da glicose para obtenção de energia durante a noite. Uma árvore adulta pode suprir a necessidade de oxigênio necessária para a respiração de dois adultos pelo período de um ano. Na captura de  $CO_2$ , através de suas folhas, galhos e tronco e fixação dele na biomassa da planta na fase de crescimento, uma árvore adulta pode contribuir para a captação de 22 kg por ano e, durante seu período de vida, pode absorver entre 55 e 190 kg de outros gases poluentes (COTRONE, 2008). Grosso modo, a captura de material particulado é de três a quatro vezes maior que a de ozônio e de seis a oito vezes maior que a de óxidos nitrosos e sulfúricos (YANG; MCBRIDE; ZHOU; et al. 2005).

Como consequência da manutenção de uma boa qualidade do ar, há a redução de desconfortos respiratórios, vasculares e cardíacos, como tosse, dor de cabeça e arritmia, e da incidência de doenças, como asma e câncer.

No entanto, há que se ter em mente que, ao efetuar a captação de CO<sub>2</sub> e de material particulado em suspensão no ar, a vegetação emite compostos orgânicos voláteis (COV), compostos que apresentam carbono e hidrogênio, à exceção do metano, em sua composição, e, juntamente com os óxidos nitrosos e a radiação solar, há a produção do ozônio troposférico (AQUINO, 2006).

**Para o equilíbrio solo-clima-vegetação:** a árvore contribui para a mitigação da ação das águas torrenciais; intercepta águas de escoamento superficial; diminui os impactos de tempestades; reduz a flutuação de volumes nos cursos d'água, melhorando a qualidade da água a ser lançada neles com a criação de áreas de tamponamento ao longo dos corpos aquáticos; contribui para o esfriamento das águas desses cursos pelo sombreamento; evita erosão do solo (CITY OF SEATTLE, 2007); contribui para a manutenção da permeabilidade, agregação e fertilidade do solo, influenciando no balanço hídrico (LOBODA; DE ANGELIS, 2005). Pela fotorremediação, a habilidade de absorção de contaminantes pelas raízes e concentração deles na biomassa, tais como metais pesados e pesticidas, é possível removê-los ou imobilizá-los no solo, o que, nas cidades, pode constituir uma situação mais grave que a contaminação dos corpos hídricos (MORINAGA, 2007). Uma árvore pode captar mais de 3 mil litros de água pluvial, podendo reduzir em até 7% a contaminação de mananciais pela água que a eles chega via escoamento superficial no solo (CITY OF SEATTLE, 2007).

**Para a atenuação dos níveis de temperatura, luminosidade e ruído:** através da transpiração d'água pela fitomassa e sombreamento, a árvore propicia conforto térmico associado, reduzindo os níveis de O<sub>3</sub>, sendo que ela, ao realizar a fotossíntese e principalmente a evapotranspiração, que responde pelo desempenho por cerca de 60 a 75% do processo (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003), libera apenas pequena parte da radiação absorvida convertida em calor sensível (SANTAMOURIS, 2001). Ao formar bar-

reiras visuais e sonoras (LOPES, 2015), serve de anteparo tanto para o direcionamento quanto para a diminuição da velocidade dos ventos, estimulando, através do deslocamento direcionado do ar, a evaporação e perdas de calor (MASCARÓ, 1996), filtrando a radiação solar, reduzindo o excesso de luminosidade ao filtrar a luz e evitar que essa radiação atinja o solo e amortecendo os ruídos de fundo contínuo e descontínuo de caráter estridente (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

Não se trata apenas de uma questão de conforto térmico, uma vez que um aumento na temperatura de 1°C implica um aumento de 3% na taxa de mortalidade da população (CITY OF SEATTLE, 2007). De modo contrário, mantendo-se temperaturas amenas por tempo, há uma redução nos custos de tratamento de saúde pela população afetada pela arborização (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

Uma árvore pode enriquecer a umidade do ar em até 400 ml de água por metro quadrado de extensão (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003).

A sombra das árvores tem a capacidade de reduzir a temperatura do asfalto em até 2°C e no interior de veículos em até 8°C. Uma árvore adulta saudável tem a capacidade de refrescar ambientes internos através do sombreamento de superfícies, podendo suprimir o uso de até dez aparelhos de ar-condicionado em uso 20 horas por dia (SCOTT; SIMPSON; MCPHERSON, 1998). Como consequência disso, reduzem-se emissões de evaporação de hidrocarboneto e a formação de O<sub>3</sub>.

**Para a conservação de energia:** evita gastos de energia de refrigeração e aquecimento por sombrear edificações, reduzindo temperaturas de verão, e por reduzir a velocidade de ventos ao interceptá-los (CITY OF SEATTLE, 2007).

Como consequência da não necessidade de uso de aparelhos de resfriamento, propiciam-se a redução do consumo de água e a emissão de poluentes por fontes estacionárias, tais como NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e PM10.

## b. Serviços culturais

As árvores são os *elementos arquitetônicos primários* para o projeto de áreas de lazer e parques, definindo áreas e suas funções, adicionando um caráter estético de significado ao espaço e criando um sentido de escala humanizada ao espaço urbano. Elas provo-

cam o sentimento de surpresa nos deslocamentos nesse espaço e na paisagem urbana, quebram a monotonia causada pelos grandes complexos edílios e mantêm a conexão das pessoas com o ambiente natural (CITY OF SEATTLE, 2007).

A arborização urbana embeleza a cidade e proporciona o prazer estético e o bem-estar psicológico, incitando a utilização dos espaços públicos para fins que não só de locomoção. Promove a fruição do prazer estético e contribui positivamente para a melhoria da paisagem urbana, sinalizando-a, caracterizando-a e muitas vezes servindo para a formação da identidade local (LOPES, 2015) e para a interação entre as pessoas e os recursos naturais (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

A provisão de espaços de fruição e lazer para a população não se concretiza sem a consideração da arborização nesses espaços que atenuam o sentimento de opressão em relação à densidade construtiva existente nas cidades. Eles agem nos âmbitos físico e mental da população, diminuindo a pressão arterial, a frequência cardíaca e outros indicadores de estresse e de depressão, o que os torna extremamente importantes para a qualidade de vida de cada cidadão e para o desenvolvimento econômico da sociedade.

Estudos realizados por Gascon et al. (2016) sugerem que a proximidade das pessoas com espaços dotados de grande quantidade de elementos naturais traz mais benefícios à saúde mental que à física e que o nível de estresse da população aumenta à medida que o espaço fica construtivamente mais denso e árido.

A arborização urbana através das suas características estéticas e ambientais aumenta a sensação de bem-estar da população; ajuda a manter condições mentais de retenção da memória; reduz a incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares (HUTCHINSON, 2015); contribui para manter a saúde física e mental dos moradores de sua vizinhança (LOPES, 2015); auxilia na redução do tempo de recuperação de internos em hospitais; reduz o estresse em crianças asmáticas pela purificação do ar; melhora o índice de aprendizado de crianças em escolas; imprime um significativo valor econômico aos lugares; ajuda a criar condições para a vitalidade e prosperidade econômica das comunidades; e propicia a valorização das propriedades, a diminuição de taxa de criminalidade e a maior utilização dos espaços de comércio e serviço (CITY OF SEATTLE, 2007).

### c. Serviço de suporte

**Para a fauna e flora urbana:** a árvore propicia a criação de um habitat terrestre e aquático de inestimável valor, afetando positivamente a vida de peixes e organismos aquáticos; prevê abrigo e comida para pássaros e outros exemplares da fauna (CITY OF SEATTLE, 2007); contribui para a preservação genética da flora nativa; e equilibra cadeias alimentares, reduzindo a incidência de pragas e de vetores de doença (LOPES, 2015).

A função de provisão, como se viu, propicia que as demais aconteçam. Como elas se referem a produtos obtidos diretamente dos ecossistemas para a satisfação do bem-estar humano, elas estariam ligadas a questões, por exemplo, de provisão de alimentos (frutas, sementes, etc.) ou de madeira, para utilizar em atividades de aquecimento e cocção de alimentos (lenha, gravetos, etc.), que, em um grau muito reduzido, é ainda observado, não adquirindo relevância na escala urbana do município. Essas funções adquirem importância mais visível ao servirem de suporte para o habitat de outras espécies (aves, pequenos mamíferos, insetos, etc.), na medida em que contribuem para a manutenção do habitat inclusive para os seres humanos.

**Sistematização de elementos componentes de uma infraestrutura sustentável.** Como colocado, é importante dispor de um sistema no qual se possa visualizar o valor ecossistêmico de cada indivíduo e de grupos arbóreos, mas também a construção de uma ferramenta a prover informações para a tomada de decisão de sistemas de governança. Isso com o intuito de permitir realizar comparações entre a adoção de equipamentos e redes de infraestrutura convencional e ecossistêmica, tanto no que se refere aos seus custos de implantação e manutenção como de obtenção de tipos de resultados, de modo a auxiliar no processo de tomada de decisões.

Essa abordagem poderá ter influência em outras políticas e atividades ambientais como a revisão de padrões e valores de compensação ambiental. Isso porque, com a aplicação dos parâmetros a serem definidos para a valoração de indivíduos arbóreos, os valores a serem compensados pela supressão de um indivíduo poderão ser mais conhecidos e, com isso, efetuar uma compensação levando em conta os serviços ecossistêmicos que eram por eles desempenhados. Assim, pode-se es-

tabelecer parâmetros para a compensação não só do valor do indivíduo suprimido, mas para os serviços ecossistêmicos que deixam de ser executados com a supressão dele.

Tendo em vista o que se tratou sobre possibilidade de avançar na consideração de uma *infraestrutura sustentável* a ser implantada e já que, como visto, conceitos como *infraestrutura verde* e *serviços ecossistêmicos*, embora sejam considerados como soluções baseadas na natureza, nem sempre apresentam relações entre si, uma vez que foram definidos em momentos diferentes e considerando questões diferentes, é que se propõe uma sistematização de elementos componentes de uma infraestrutura sustentável, levando em conta aspectos de multifuncionalidade e interações entre eles, como na Figura 3.

Na Figura 3, temos, abaixo, à direita, as interações entre os *meios e funções abióticas, bióticas e culturais*, seguindo o modelo proposto por Ahern (2007). Elas permitem que as *funções ecossistêmicas* se deem nesses meios, com a realização das *funções de habitat* provendo abrigo e criando condições e suporte, como biomas, para que as várias espécies se desenvolvam. A *regulação* mantém e renova as condições propícias para o desenvolvimento das espécies na composição da água, da atmosfera, da cobertura vegetal, etc., com a manutenção de fluxo de materiais e processos para que as *funções de produção*, com a provisão de produ-

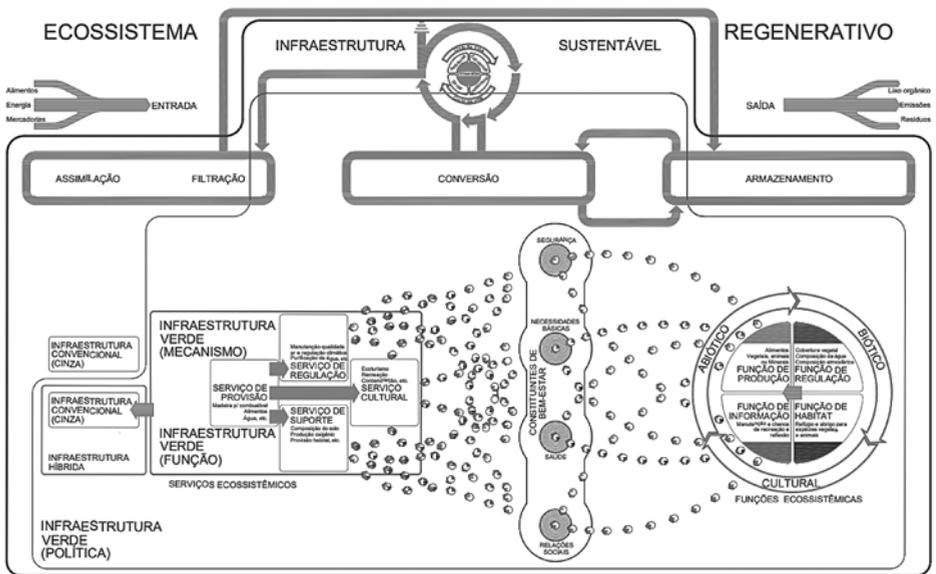


Figura 3 - Uma sistematização de elementos componentes de uma infraestrutura sustentável.

tos de natureza vegetal, mineral e animal, estabeleçam cadeias alimentares. A *informação* é a manutenção da possibilidade do estabelecimento de atividades relacionadas à recreação e ao desenvolvimento espiritual que possam existir, conforme modelo proposto por Andrade e Romeiro (2009).

Por sua vez, essas funções ecossistêmicas de produção e informação, ao manterem *fluxos de materiais e processos* que são percebidos pelos seres humanos como *constituintes de bem-estar*, na parte inferior central da Figura 3, relacionados à *segurança*, ao atendimento das *necessidades básicas*, à manutenção de condições de *saúde* e para o estabelecimento de *relações sociais*, para e entre indivíduos e comunidades, no modelo proposto, ainda, por Andrade e Romeiro (2009), passam a constituir *serviços ecossistêmicos*.

Isso nos traz à parte direita inferior da Figura 3, na qual, de certa forma replicando as funções ecossistêmicas, temos o *serviço ecossistêmico de provisão*, responsável pela provisão de alimentos, matéria-prima para construção de abrigos, combustível, etc. Ele dá apoio ao estabelecimento do *serviço ecossistêmico de regulação*, que considera a manutenção da qualidade do ar, da água, das condições climáticas, etc.; ao *serviço de suporte*, que considera a composição do solo, do oxigênio, da provisão de habitat para dar apoio ao estabelecimento de outras interações; e ao *serviço cultural*, que considera o desenvolvimento fático de atividades como recreação, ecoturismo, contemplação, etc., conforme modelo MEA (2003).

Esses serviços ecossistêmicos, ao serem considerados em mecanismos e funções de provisão de infraestrutura, passam a constituir elementos e redes de *infraestrutura verde*, a partir do modo como são concebidos. Como vimos, não é incomum que uma solução de infraestrutura verde agregue, complementemente, dê suporte ou conjugue funções com elementos e redes da infraestrutura convencional. Cria-se uma solução de infraestrutura híbrida, o que é comum ao considerar a *infraestrutura verde enquanto política*, que ainda pode agregar outras questões maiores, como políticas municipais, regionais e nacionais – por exemplo, metas de diminuição do consumo de combustíveis de origem fóssil –, na abordagem proposta por Benedict e McMahon (2006).

Todo esse sistema adicionado às soluções de *infraestrutura convencional* que não têm ligação com políticas de infraestrutura verde, quando considerado numa política de governança em suas dimensões ambientais, econômicas e sociais, trazendo, ainda, as questões de ciclo de vida dos elementos e redes infraestruturais e como eles serão descomissionados ao longo do tempo e serão incorporados à paisagem, passam

a constituir elementos de uma infraestrutura sustentável, conforme sugerida pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (2018). Essa infraestrutura deve contribuir para que o ecossistema urbano, conforme definido por Oke et al. (2017), seja desenvolvido, sempre buscando reduzir o desequilíbrio entre a entrada e a saída de elementos e processos nele, tendo em mente a esquematização apresentada por Roger e Gumuchdjan (2001).

Como colocado por Lyle (1994), não devemos nos esquecer dos processos regenerativos da natureza – conversão, distribuição, filtração, assimilação, reserva. A infraestrutura sustentável é uma proposição do raciocínio humano a ser agregada aos processos naturais, e não a substituí-los. Serviços prestados pelas árvores, como a remoção de gás carbônico da atmosfera, a emissão de oxigênio, a filtração de água pluvial por suas folhas antes de lançá-la ao solo permitindo que este realize suas funções de evapotranspiração, são exemplos desses processos e de como eles contribuem para a manutenção de processos naturais, como o ciclo da água. Sistemas de infraestrutura usual captam a água pluvial e lançam-na diretamente em redes de drenagem do tipo *tout à l'égout*, e o que era um recurso é tratado como um resíduo.

**A Arborização Urbana enquanto Solução Baseada na Natureza.** A Arborização Urbana deve ser considerada como provedora de serviços ecossistêmicos numa rede maior de infraestrutura verde, valendo investigar como ela provê esses serviços e como evidenciá-los para que possa ser utilizada em sinergia com outras soluções.

O foco é na questão das árvores urbanas. Os fluxos de materiais e processos se dão a partir das características de cada função, mas podem se conformar conjunta ou separadamente para agregar a eles o valor de bem-estar para a população da cidade. Por exemplo: uma árvore pode oferecer a oportunidade para pássaros estabelecerem ninhos e propiciar a manutenção da biodiversidade do ambiente urbano, o que contribui para o controle de pragas e insetos, com a manutenção de uma rede de alimentação que mantém o controle do conjunto, evitando a proliferação de vetores de transmissão de doenças.

Várias árvores juntas podem criar uma área propícia à recreação protegida das radiações solares e com a manutenção de uma condição de conforto térmico para os usuários da região.

Os serviços ecossistêmicos obtidos dessa interação são base para a criação de mecanismos e equipamentos ou na consideração das fun-

ções diretamente desempenhadas para o estabelecimento de elementos estruturantes da infraestrutura verde. Estes devem ser planejados em conjunto entre si para obter resultados maiores, levando em conta a potencialidade que a rede tem de ser mais eficaz quanto mais integrada for. Isso implica, inclusive, considerar as interações com as infraestruturas convencionais. Além de aliviar a carga a ser lançada nelas, que já é uma contribuição da infraestrutura verde, a oportunidade maior é a de abrigar todas as abordagens (infraestrutura cinza, azul, marrom, etc.) numa política de infraestrutura verde, de modo a evitar, ao máximo, emissões para o ecossistema urbano e contribuir para que seja menos heterotrófico. Isso nos leva a considerar um nível a mais, com a introdução do conceito de *infraestrutura sustentável*, entendida não apenas a permitir a instalação de atividades, mas a propiciar o desenvolvimento nos âmbitos social, econômico e ambiental e a manutenção dessas condições de modo preventivo. A infraestrutura, aqui, passa a ser entendida como qualquer outro elemento do ecossistema cujo ciclo de vida deve ser levado em conta para que não permaneça, quando de sua obsolescência, como mais um resíduo, exigindo processos metabólicos mais intensivos para absorvê-la e compensá-la.

Com esse quadro assim estruturado, tem-se alguma clareza de que tópicos (serviços ecossistêmicos) poderiam ser levados em conta na política local, na definição da Arborização Urbana, a prover informações para o monitoramento do atendimento dos objetivos expressos na Agenda 2030 e na política de redução dos GEE.

A partir desses quesitos, uma possível estruturação de serviços ecossistêmicos em relação à Arborização Urbana poderia ser:

**No Inventário Municipal de GEE**, são listados os seguintes como os de maior relevância para o município: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), além de hidrofluorcarbonos (HFC) e perfluorcarbonos (PFC). À distância, o mais importante é o  $\text{CO}_2$ , considerado como de maior exigência de monitoramento de suas emissões, e, por esse motivo, o volume de sequestro desse gás pela fotossíntese das árvores é o serviço a ser investigado.

**No caso do Relatório de Análise de Vulnerabilidades**, são apontados quatro quesitos, como citados: a) inundações, para o qual será investigada a contribuição das árvores para a contenção do escoamento

superficial das águas torrenciais; b) deslizamentos, para o qual será investigada a contribuição das árvores para a contenção de terras e taludes; c) dengue, para o qual será investigada a contribuição das árvores para a manutenção da biodiversidade no ambiente urbano e para o equilíbrio da população de aves, pequenos mamíferos e insetos, que participam da cadeia alimentar e são predadores dos vetores de propagação da dengue; d) ondas de calor, para o qual será investigada a contribuição das árvores para a manutenção do equilíbrio do gradiente térmico.

**Para o valor cultural**, o qual vários estudos apontam como um quesito de importância, uma vez que a cidade se trata de um artefato cultural, e as condições de vida nela, no sentido da satisfação das necessidades de contemplação, recreação e de criação de ambientes propícios à realização de atividades de convivência, comerciais, de serviços, etc., em muito se beneficiam das árvores, constituindo fator de segurança e agregação social. Há diversos instrumentos de preservação e tombamento a serem tomados como base para a investigação pretendida.

Em suma, tem-se a tabulação como no Quadro 7.

Quadro 7 - Índices a serem verificados quanto ao desempenho das diversas espécies arbóreas na prestação de serviços ecossistêmicos para serem submetidos a procedimentos de valoração enquanto atributos de sistema. Fonte: Elaborado pelos autores.

Índices a serem investigados em atendimento a:					
Inventário Municipal de GEE	Relatório de Análise de Vulnerabilidades				Valor Cultural
	Inundações	Deslizamentos	Dengue	Ondas de Calor	
					
Sequestro de CO <sub>2</sub>	Contenção de escoamento superficial	Contenção de terras e taludes	Manutenção de biodiversidade	Manutenção gradiente de equilíbrio térmico	Espécies protegidas e tombadas

A partir da definição de uma taxonomia, espera-se poder atribuir valores a cada categoria de classificação a ser definida e detalhada. Definida essa taxonomia, bem como o sistema de valoração, investiga-se em que condições mais contribuem para a prestação de um serviço. Com o conhecimento de onde se encontram essas espécies e em qual quantidade, pode ser efetuada a seleção de mudas e planejada a criação delas em viveiros, de modo a estender a prestação de serviços a áreas ainda não contempladas e a criar melhores condições quando houver a necessidade de realizar um plantio em virtude da supressão ou substituição de um indivíduo arbóreo.

A busca agora é para investigar as questões bióticas das estruturas e as funções ecossistêmicas das espécies utilizadas na Arborização Urbana, para entender como elas são apresentadas e processadas e a fim de compreender como as árvores podem ser consideradas num procedimento de valoração dessas funções – se individualmente ou em grupos. E, se em grupos, como proceder a essa classificação, se por famílias ou classes, por exemplo, uma vez que sistemas internacionais de referência de atribuição de valores, como o *i-Tree*, não dispõem de uma base que considere espécies nativas de nossos biomas. E mesmo quando considerarmos espécies exóticas que já estão cadastradas no sistema, elas se referem a outras condições climáticas, pedológicas, de higrometria, entre outras.

## Referências

AHERN, J. Green infrastructures for cities: the spatial dimension. In: NOVOTNY, V.; BROWN, P. (ed.). *Cities of the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape*. p. 267-283.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos, e sistemas econômicos: rumo a uma economia dos ecossistemas**. Texto para discussão: I/E Unicamp, Campinas, n. 159, maio 2009. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/...on/.../000-ba8e809727ffdd88e-c84852a8cd209fb.pdf>. Acesso em 29 nov. 2019

AQUINO, C. A. B. **Identificação de compostos orgânicos voláteis (COVs) emitidos por florestas na região amazônica**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

ARNSTEIN, S. R. A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners, Washington*, v.35, n 4, 1969. p. 261-224.

AYUNTAMIENTO DE MADRI. **Carta de servicios de arbolado urbano**. 2011.

BAINBRIDGE, D. A. Adding ecological considerations to "Environmental Accounting". *Bulletin of the Ecological Society of America*, v. 87, n. 84, p. 335-340, out. 2006.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **What is sustainable infrastructure? A framework to guide sustainability across the project cycle**. Climate change and sustainability. IDB Technical Note 1388. IDB, 2018. Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/what-sustainable-infrastructure-framework-guidesustainability-across-project-cycle>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BATEMAN, I. J.; MACE, G. M.; FEZZI, C.; ATKINSON, G.; TURNER, R. K. Economic analysis for ecosystem service assessments. *Environmental and Resource Economics*. v. 48, n. 2, p. 177-218, fev. 2011.

BEATLEY, T. **Green Urbanism - Learning from European cities**. Washington: Island Press, 2000. 491 p.

BECKER, B. K. Ciência, Tecnologia e inovação – condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia. **Parcerias Estratégicas**. Edição especial. Brasília, v. 15, n. 31, jul-dez 2010. p. 15-34. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/496/472](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/496/472). Acesso em: 11 jun. 2019.

BELO HORIZONTE. **Diário Oficial do Município. Lei Orgânica do Município de Belo Horizonte**, de 21 de março de 1990. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei-organica>. Acesso em: 33 jun. 2019.

BELO HORIZONTE. **Diário Oficial do Município. Começam os trabalhos para realização do inventário das árvores de Belo Horizonte**, de 19 de fevereiro de 2011. Disponível em: <http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1052957>. Acesso em 24 set. 2018.

BELO HORIZONTE. **Câmara Municipal. Projeto de Lei nº 1.749/15**. Aprova o Plano Diretor municipal de Belo Horizonte e dá outras providências. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/>. Acesso em 20 set. 2018.

BELO HORIZONTE, Poder Executivo. **BH é eleita referência em Sustentabilidade e Meio Ambiente**. Notícia divulgada no Portal da Prefeitura, 21 jun. 2017. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bh-e-eleita-referencia-em-sustentabilidade-e-meio-ambiente>. Acesso em 6 out. 2018.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure**. Washington: Island Press, 2006. 299p.

BOYD, J.; BANZHAF, S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, n. 63, 2007. p. 616-626.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 5 de outubro de 1988. Brasília, Diário Oficial da União, 1988.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651, de 10 de julho de 2001**. Estatuto das Cidades. Brasília, Diário Oficial da União, 2001.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **Construindo o estado republicano: democracia e reforma da gestão pública**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009. E-book disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=z291DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT501&dq=cidades+estado&ots=ns59E-5Tj6G&sig=2PNzWz6nsyF\\_pcfwr8pntaBy0#v=onepage&q=cidades%20estado&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=z291DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT501&dq=cidades+estado&ots=ns59E-5Tj6G&sig=2PNzWz6nsyF_pcfwr8pntaBy0#v=onepage&q=cidades%20estado&f=false). Acesso 24 maio 2019.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983. 590 p.

CITY OF SEATTLE. **Urban Forest Management Plan**. Seattle: City of Seattle Urban Forest Coalition, 2007. 106p.

COLLINS, S.; LARRY, E. **Caring for our natural assets**. An ecosystem services perspective. Washington: U.S. Forest Service, 2007. 14 p.

COMISSÃO EUROPEIA DO PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade**. Um guia rápido TEEB - The Economics of Ecosystems & Biodiversity - para Formadores de Políticas Locais e Regionais. Bélgica: Comissão Europeia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2010. 257 p.

COMISSÃO EUROPEIA DO PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. 2013. **Building a Green Infrastructure for Europe**. Bélgica: Comissão Europeia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2013. 23 p.

COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural Capital and Sustainable Development. **Conservation Biology**. v. 6, n. 1, mar. 1992. p. 37-46.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, n. 387, p. 253-260, 1997. Disponível em: [https://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/library/common/doc/Costanza\\_1997.pdf](https://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/library/common/doc/Costanza_1997.pdf). Acesso em: 20 maio 2019.

COTRONE, Vincent. The Role of Trees & Forests in Healthy Watersheds: Managing Stormwater, Reducing Flooding, and Improving Water Quality. **Forest Stewardship Bulletin**, v.10, 2008.

DALY, H. E.; FARLEY, J., 2004. **Ecological Economics: principles and applications**. Washington DC: Island Press.

DAILY, G. C. What are ecosystem services? In: DAILY, Gretchen C. (Org.). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystem**. Washington: Island Press, 1997. 393p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QYJSziDfTjEC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Nature%E2%80%99s+services:+societal+dependence+on+natural+ecosystem&ots=YgzJISzXxm&sig=5gi1HCu-7yUDzOrfIIIZDJxQPYu#w=onepage&q=Nature%E2%80%99s%20services%3A%20societal%20dependence%20on%20natural%20ecosystem&f=false>. Acesso em: 20 maio 2019.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n.3, p. 393-408, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800902000897>. Acesso em: 19 maio 2019.

DOUGLAS, I. **The urban environment**. London: Edward Arnold, 1983. 229p.

ECONOMIC POLICE FORUM. **Sustainable infrastructure**. Alemanha: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2019. Disponível em: <https://economic-policy-forum.org/global-news/integrated-approaches-sustainable-infrastructure/>. Acesso em: 18 jun. 2019.

EENTER, N. The present relevance of the primitive in architecture. **Architectural Anthropology, research series**, v. 1. Lausanne: Structure Mundi Editions, 1992. 214 p.

EMMANUEL, M. R. **An urban approach to climate sensitive design: design strategies for the tropics**. London and New York: Taylor & Francis, 2005. 208 p.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei Estadual nº 13.798, de 9 de novembro de 2009**. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas. Regulamentada pelo Decreto Estadual nº 55.974, de 24 de junho de 2010. São Paulo: Diário Oficial do Estado, 2009.

FARLEY, J. Ecosystem services: The economics debate. **Ecosystem Services**. v.1, n.1, p. 40-49, 2012. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212041612000071?token=D2B525413A330DA8369CC13EA9B85582AF6ED5E470ADCB0805E970EBBB80936DE77DE215D7A89A2FB1773E7DEB8BB72F>. Acesso em: 22 maio 2019.

FERREIRA, J. C. Estrutura Ecológica e Corredores Verdes - estratégias territoriais para um futuro urbano sustentável in **Pluris 2010 - 4º Congresso Luso Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável**, Faro. Disponível em: <file:///I:/Arborização/infraestruturas%20verdes%20para%20um%20futuro%20urbano%20sustentável.pdf>. Acesso em: 16 maio 2019.

FERREIRA, J. C.; MACHADO, J. Infraestruturas verdes para um futuro urbano sustentável. O contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. **Revista LABVERDE**, 2010, 69-90. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v01p69-90>. Acesso em 10 mai. 2019.

FISHER, B.; COSTANZA, R.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economy**, v.68, n.3, p. 643-653, 2009.

FISHER, B.; TURNER, R. K. Ecosystem services: classification for valuation. **Biological Conservation**. v.141, n.5, p. 1167-1169, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320708000761>. Acesso em: 21 maio 2019.

FORMAN, R. T. **Urban ecology: science of cities**. Cambridge, University Printing House, 2014. 462 p.

FOSTER, J.; LOWE, A.; WILKELMAN, S. **The value of green infrastructure for urban climate adaptation**. Washington: The Center for Clean Air Policy, 2011. 41 p.

GASCON, M.; TRIGUERO-MAS, M.; MARTÍNEZ, D.; DADVAND, P.; ROJAS-RUEDA, D.; PULSÉN-CIA, A.; NIEUWENHUIJSEN, M. J. Residential green spaces and mortality: a systematic review. **Environment International**, v. 86, 2016. p. 60-67. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26540085/>. Acesso em 22 dez. 2019.

GAUDERETO, G. L.; GALLARDO, A. L. C. F.; FERREIRA, M. L.; NASCIMENTO, A. P. B.; MANOTOVANI, W. Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, vol. 21, 2018. Submetido em: 11 maio 2017, aceito em: 8 out. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc0120r-3vu18L4TD>. Acesso em 16 jun. 2019.

- GOTTDIENER, M. **A produção social do espaço urbano**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016. 312 p.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. Methodologies for defining and assessing ecosystem services. **Centre for Environment Management Report**, n. 14. Nottingham: University of Nottingham, 2009. 84 p.
- HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índice de áreas verdes e cobertura vegetal para as praças de Vinhedo, SP. **Revista Árvore da Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, v.30, 2006. p. 277-289.
- HALL, P. **Cities of tomorrow: an intellectual history of urban planning and design in the twentieth century**. New York: Basil Blackwell Inc., 1988. 473 p.
- HERZOG, C. P. **Cidade para todos: (re)aprendendo a viver com a natureza**. Rio de Janeiro: Mauad, Inverde, 2013. 213p.
- HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE**, v.01, p. 92-115. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v01p92-115>, 2010. Acesso em 14 maio 2019.
- HOLDREN, J. P.; EHRLICH, P. R. Human Population and the global environment. **American Scientist**. v. 63, n. 3. p. 282-292, maio-jun. 1974.
- HUTCHINSON, A. How trees calm us down. **The New Yorker**. Nova York: Condé Nast, 23 jul 2015. Disponível em: [file:///F:/Arboriza%C3%A7%C3%A3o/How%20Trees%20Calm%20Us%20Down%20\\_%20The%20New%20Yorker.pdf](file:///F:/Arboriza%C3%A7%C3%A3o/How%20Trees%20Calm%20Us%20Down%20_%20The%20New%20Yorker.pdf). Acesso em 20 jul. 2018.
- HUETING, R., REIJNDERS, L., DE BOER, B., LAMBOOY, J., JANSEN, H., 1998. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics**, v. 25, n. 1, p. 31-35.
- JOHNSON, M. Community Forestry: a sociological approach to urban forestry. **Arboricultural Journal**, n. 9, 1985. p. 121-126.
- LA NOTTE, A.; D'AMATO, D.; MÄNIKEN, H.; PARACCHINI, M. L.; LIQUETE, C.; EGOH, B.; GENELETTI, D.; CROSSMAN, N. Ecosystems services classification: a systems ecology perspective of the cascade framework. **Ecological Indicators**, n.74, p. 392-402. 2017. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1470160X16306677?token=451FA8544287CB7FE5E210272D8534473502CB480F6E434BC973C90EB0259FF3B73EB78F8B66AEF70777A36D0DEA4468>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- LEITE, C.; AWAD, J. C. M. **Cidades sustentáveis cidades inteligentes**. Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p.
- LEVIN, S. A., 1998. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. **Ecosystems**, v. 1, n. 4, p. 431-436, set. 1998.
- LOBODA, Carlos R.; DE ANGELIS, Bruno L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, v. 1, n.1, 2005. p.125-139.
- LOPES, L. Cidades mais verdes. **Revista Ecológica**. Belo Horizonte, n.33, 2015. p. 76-82.
- LUCK, G. W.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R. Population diversity and ecosystem services. **Trends in Ecology and Evolution**, v.18, n.7, p. 331-336. 2003.
- LYLE, J. T. **Design for Human Ecosystems**. New York: Island Press, 1999. 279 p.
- LYLE, John T. **Regenerative design for sustainable development**. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1994. 352p.
- MAES, J.; JACOBS, S. Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. **Conservation Letters**. 27 nov. 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/conl.12216>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- MAGALHÃES, Luiz M. S.; CRISPIM, Antônio A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade? **Ciência Hoje**, v. 33, n. 193, maio 2003. p. 64 a 68.
- MARSHALL, D. The problem of picturesque. In: **Eighteenth Century Studies**. Aesthetics and the disciplines, v. 35, n. 3. p. 413-437, 2002. The Johns Hopkins University Press.
- MASCARÓ, Lúcia R. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 1996. 199p.
- MCKENZIE, R. D. **On Human ecology**. The heritage of sociology. Chicago: University of Chicago, 1968. 308 p.
- MCDONOUGH, W.; BRAUMGART, M. Design for Triple Top Line: New tools for sustainable commerce. **Corporate Environmental**, v. 9, n. 3, p. 251-258, ago 2002.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Biodiversity and Human Well-Being: A Framework for Assessment**. Washington: Island Press, 2003. 245 p. Disponível em: [http://pdf.wri.org/ecosystems\\_human\\_wellbeing.pdf](http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf). Acesso em 24 nov. 2019.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137 p. Disponível em: [www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf](http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf). Acesso em: 24 nov. 2019.
- MOREIRA, A. C. M. L. **Megaprojetos & Ambiente urbano: metodologia para elaboração do Relatório de Impacto de Vizinhança**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, out. 1997.
- MORINAGA, Carlos M. **Recuperação de Áreas Contaminadas**. Um novo desafio para projetos paisagísticos. 2007. 152p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora UnB, 2007. 562 p.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL U.; KOSOY N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics*, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010.

NEW YORK CITY. **New York City Street Tree Map**. Explore and Care for NYC's Urban Forest. Nova York, 2016. Disponível em: <https://tree-map.nycgovparks.org/learn/about>. Acesso em 5 mar. 2018.

NORBERG, J. Linking Nature's services to ecosystems: some general ecological concepts. *Ecological Economics*, v. 29, n. 2, p. 183-202, maio 1999.

NYCPARKS. **Trees count 2015 - training manual**. Nova York, 2015. Disponível em: [https://www.nycgovparks.org/pagefiles/116/trees-count-2015-training\\_\\_592dcbad8488f.pdf](https://www.nycgovparks.org/pagefiles/116/trees-count-2015-training__592dcbad8488f.pdf). Acesso em 5 mar. 2018.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Editora Guanabara. 1988. 434 p.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: University Printing House, 2017. 519 p.

ORELANA, M. A. Mudança climática e os objetivos de desenvolvimento do milênio. O direito ao desenvolvimento, cooperação internacional e o mecanismo de desenvolvimento limpo. SUR. **Revista Internacional de Direitos Humanos**, ed. 12, jun. 2010. Disponível em: <https://sur.conectas.org/mudanca-climatica-e-os-objetivos-de-desenvolvimento-milenio/>. Acesso em: 22 jun. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Relatório Bruntland. Nova York, 1987. 226 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Comissão mundial de cultura e desenvolvimento. **Nossa diversidade criativa**. Nova York, 1997. 203 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, Assembleia Geral das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**. Nova York, Cúpula do Milênio, 8 set. 2000. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/tema/odm/>. Acesso em: 23 set. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **70% da população mundial viverá em cidades**. 15 abr. 2013. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>. Acesso em: 18 jun. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 pelo desenvolvimento sustentável**. New York, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em 23 set. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Documentos temáticos**. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 1, 2, 3, 5, 9 e 14. Brasília, 2017. 82 p.

PENA, J. C. C.; MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M.; YOUNG, R.J.; ROGRIGUES, M. A infraestrutura verde de uma metrópole neotropical: o papel da vegetação urbana para preservação da biodiversidade. **REVSBAU**, Piracicaba - SP, v. 11, n. 4, p. 66-78, 2016.

POLANYI, K. **The great transformation; the political and economic origins of our time**. New York: Farrar & Rinehart, 1944. 360 p.

POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG R. Ecosystem Services in the Twenty-First Century. In: POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG R.; FISH, R.; TURNER, R. K. (Orgs) **Routledge Handbook of Ecosystem Services**. Routledge, London and New York, p. 1-9, 2016. Disponível em: <http://www.routledge.com/books/details/9781138025080/>. Acesso em 19 jun. 2019.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **3º Inventário Municipal de Gases de Efeito Estufa**. Relatório Técnico Final. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2013. 44 p.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Análise de vulnerabilidades às mudanças climáticas do município de Belo Horizonte**. Resumo para os tomadores de decisão. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2016. 27 p.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Preendida Contribuição Nacionalmente Determinada**. Brasília: Itamaraty. 2016. Disponível em: [http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/BRASIL-INDC-portugues.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-INDC-portugues.pdf). Acesso em: 22 jun. 2019.

ROTERING, F. Natural Capital as Metaphor and Concept. Needs and Limits: Redirecting our Civilization. **Interim Report of the Convention on Biological Diversity**. European Communities, Cambridge, United Kingdom, 2008.

SAMSOM, R.; GROTE, R.; CALFAPIETRA, C.; CARIÑANOS, P.; FARES, S. PAOLETTI, E.; TIWARY, A.. Urban Trees and Their Relation to Air Pollution. In: PEARLMUTTER, David; CALFAPIETRA, Carlo; SAMSON, Roeland; O'BRIEN, Liz; OSTROIĆ, S. K.; SANESI, G.; DEL AMO, R. A. (Ed.). **The Urban Forest**. Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment. Springer, 2017. p. 22-29.

SANTAMOURIS, M. **Energy climate in the urban built environment**. Londres: Cromwell Press, 2001. 402p.

SCOTT, K.; SIMPSON, J.; MCPHERSON, E. G. Effects of tree covering on parking lot microclimate and vehicle emissions. *Journal of Arboriculture*, v. 25, n. 3, nov. 1998. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/252381132\\_Effects\\_of\\_tree\\_cover\\_on\\_parking\\_lot\\_microclimate\\_and\\_vehicle\\_emissions](https://www.researchgate.net/publication/252381132_Effects_of_tree_cover_on_parking_lot_microclimate_and_vehicle_emissions). Acesso em: 23 nov.2019. p. 129-142.

SECRETARIADO DA CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. **Panorama da Biodiversidade nas Cidades - Ações e Políticas**. Avaliação Global das Conexões em Urbanização, Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Montreal: Creative Commons, 2012. 64 p.

STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTS PROBLEMS. **Man's impact on the global environment**. Cambridge: Michigan Institute of Technology, 1970. 342 p.

SUASSUNA, C. C. A. **Cidade resiliente: sistema de indicadores dos aspectos institucionais**. 2014. 292p. Tese. (Pós-graduação em desenvolvimento urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SCHUCH, M. I. S. **Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com uso de geotécnicas**. 2006. 101p. Dissertação (Pós-graduação em geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

TEEB, Grupo Coordenador do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade**. Integrando a economia da natureza: uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB. Nova York: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2010. 51 p.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. VII, n.1, jan.-jun. 2004. p. 73.

VAN BOHEMEN, H. Infrastructure, ecology and art. *Landscape and Urban Planning*, v. 59, n. 4, p. 187-201, maio 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204602000105>. Acesso em: 15 jun. 2019.

WESTMAN, W. E. How much are nature's services worth. Measuring the social benefits of ecosystem functioning is both controversial and illuminating. *Science*. v. 197, n. 4307, set. 1977.

YANG, J.; MCBRIDE, J.; ZHOU, J.; SUN, Z. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*, v.3, n. 2, 2005. P. 65-78