



Arborização Urbana

*Considerações sobre
planejamento, implantação,
manejo e gestão*

Companhia Energética
de Minas Gerais – Cemig

Arborização Urbana

*Considerações sobre planejamento,
implantação, manejo e gestão*

Coordenação: Marina Moura de Souza

Aderbal Gomes da Silva
Altamir Fernandes de Oliveira
Angeline Martini
Daniela Biondi
Edinilson dos Santos
Eleonora Sad de Assis
Gabriel de Assis Pereira
Júlio César De Marco
Pedro Henrique Riboldi Monteiro
Roberto da Silva Ramalho
Sérgio André de Souza Oliveira
Wantuelfer Gonçalves

Belo Horizonte
2022

Diretor-Presidente: Reynaldo Passanezi Filho

Diretor-Adjunto de Estratégia, Meio Ambiente e Inovação: Mauricio Dall Agnese

Gerente de Gestão Ambiental: Rafael Augusto Fiorine

Autores: Aderbal Gomes da Silva

Altamir Fernandes de Oliveira

Angeline Martini

Daniela Biondi

Dany Silvio Amaral

Edinilson dos Santos

Eleonora Sad de Assis

Gabriel de Assis Pereira

Júlio César de Marco

Pedro Henrique Riboldi Monteiro

Roberto da Silva Ramalho

Sérgio André de Souza Oliveira

Wantuelfer Gonçalves

Coordenação de Edição: Marina Moura de Souza

Fotografias: www.istockphoto.com

Capa, Ilustração, Projeto Gráfico e Revisão: RC Comunicação

Endereço: Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig

Suporte na Av. Barbacena, 1.200 – 12º A2

30190-131 – Belo Horizonte (Minas Gerais) / Brasil

666a

Arborização urbana : considerações sobre planejamento, implantação, manejo e gestão / Marina Moura de Souza (Coord.) – Belo Horizonte : Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), 2022.

391p. : il.

Bibliografia

ISBN

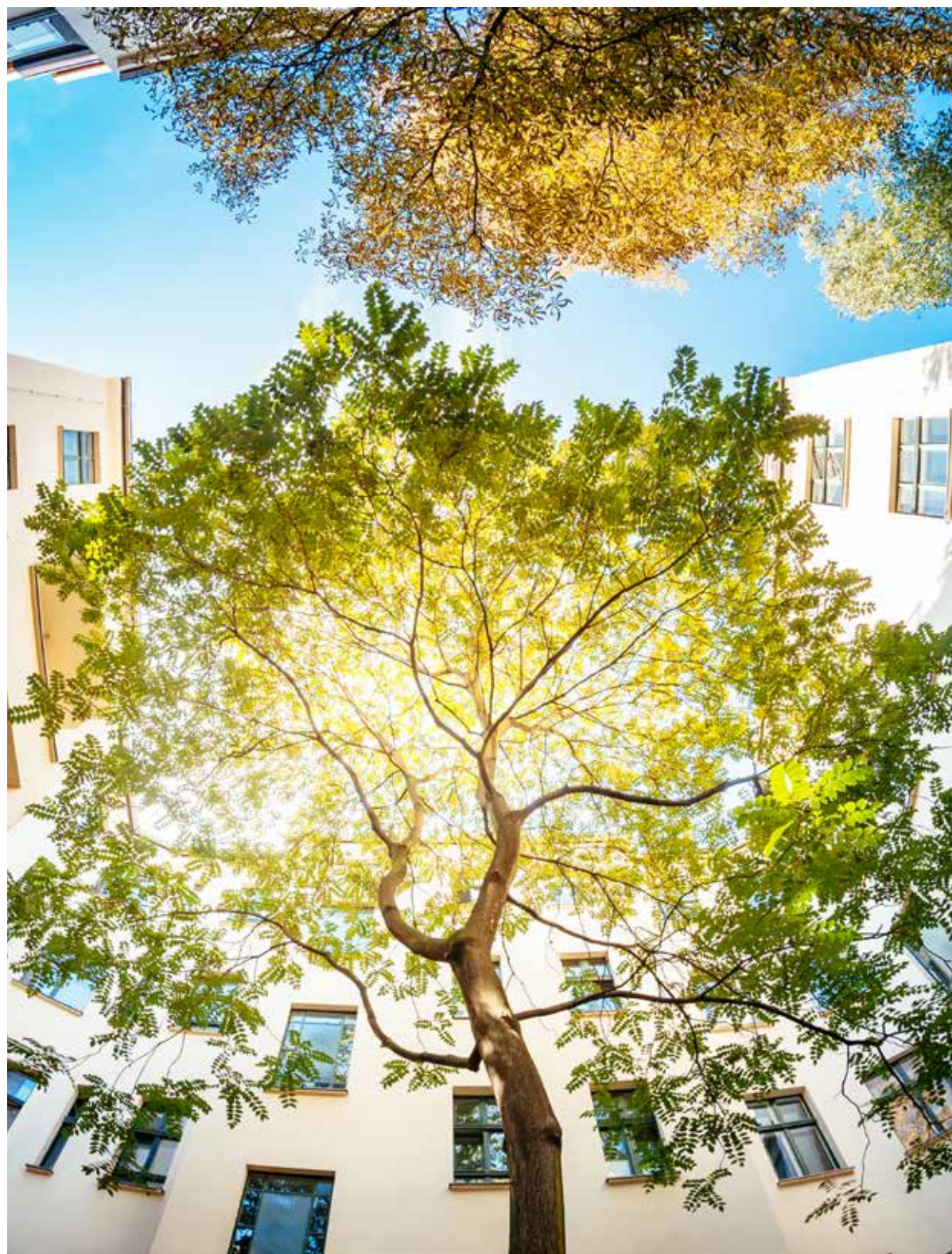
1. Arborização urbana – História. 2. Arborização urbana – Planejamento. 3. Cidades – Preservação de árvores. I. Marina Moura de Souza. II. Título.

CDD: 634

CONSIDERAÇÕES DOS EDITORES

O objetivo que motivou a realização deste compêndio foi disponibilizar um texto técnico que discutisse aspectos relevantes da Arborização Urbana, perpassando por diversas das etapas que compõem o processo de arborizar cidades. São temas interdisciplinares que abordam a importância das árvores no ambiente urbano, discutindo sua história e contextualização no planejamento e na sustentabilidade das cidades. O texto também trata de questões técnicas, como a seleção de espécies, identificação botânica, produção de mudas e de assuntos de importância inequívoca na atualidade, como o fornecimento de serviços ecossistêmicos.





Os autores procuraram trabalhar na expectativa de que os conteúdos representassem as suas experiências, todos envolvidos há anos com o tema, seja na academia, seja em instituições que têm interface direta com a prática de trabalho com as árvores das cidades, visando à integração entre a ciência, a política e a prática.

A diversidade de opiniões por vezes pode ser percebida pelo leitor atento. São pequenas contradições na interpretação de conceitos e procedimentos, dado que o texto é uma compilação dos pontos de vista dos autores, que têm opiniões e experiências diversas. Essa situação também é explicada pelo estágio relativamente recente do estudo da Arborização Urbana no Brasil. Mas essas contradições, longe de serem problemas, foram bem-vindas, uma vez que fomentam uma discussão mais extensa sobre o tema.

Ainda hoje, muitos profissionais que militam na área, na ânsia de promover a Arborização Urbana, não raramente concentram seu esforço exaltando suas virtudes, relacionando a multiplicidade de benefícios que ela pode trazer para os cidadãos, como se essa fosse a única maneira de angariar apoio público, político e financeiro, indispensáveis para bem executar a sua gestão. Mas apenas elogiar as árvores como prestadoras de serviços pode não ser suficiente. Para progredir, é necessário um novo pensamento, particularmente nas situações complexas que envolvem questões éticas que ganham mais espaço a cada dia, e a mudança de uma abordagem mais quantitativa para uma abordagem mais qualitativa da arborização. O sucesso também exige que os profissionais saiam do conforto técnico e se envolvam com mais intensidade nas relações sociais e políticas locais, nacionais e mesmo internacionais, para que o tema seja incorporado ao pensamento social, econômico e ambiental da maior parte da população brasileira.

A Arborização Urbana enfrenta desafios muito significativos, e por essa razão é fundamental a disponibilidade e o intercâmbio do conhecimento acumulado, assim como a identificação e a disseminação de boas práticas. Pensando dessa forma, os autores agradecem à Companhia Energética de Minas, que oportunizou a elaboração e a distribuição gratuita do livro, permitindo o seu acesso a uma ampla gama de interessados. Dessa forma, os autores e a instituição esperam que seus esforços proporcionem um importante passo adiante no sentido de fazer progredir o bom trato da arborização das nossas cidades.



SUMÁRIO

Arborização no Contexto do Planejamento Urbano	9
Edinilson dos Santos	
História da Arborização Urbana	75
Wantuelfer Gonçalves	
Planejamento da Arborização Urbana	101
Angeline Martini e Daniela Biondi	
Floresta Urbana e Sustentabilidade	161
Daniela Biondi e Angeline Martini	
Seleção de Espécies Arbóreas para as Cidades Brasileiras	201
Altamir Fernandes de Oliveira, Gabriel de Assis Pereira e Pedro Henrique Riboldi Monteiro	
Identificação Botânica de Árvores	223
Edinilson dos Santos, Aderbal Gomes da Silva e Roberto da Silva Ramalho (<i>in memoriam</i>)	
Produção de Mudas para Arborização Urbana	273
Sérgio André de Souza Oliveira	
Preservação de Árvores durante Obras Civas	301
Edinilson dos Santos	
Serviços Ecossistêmicos Prestados pela Arborização Urbana	341
Júlio César de Marco e Eleonora Sad de Assis	



Ceiba speciosa (A. St. Hill) Ravenna



Arborização no Contexto do Planejamento Urbano

Edinilson dos Santos

1. Introdução

Desde os primórdios da civilização, o homem buscou viver em grupos, tão maiores quanto mais marcantes fossem suas necessidades. De início, juntar-se significou ampliar sua segurança em relação aos perigos proporcionados pelo meio ambiente e pela relação com outros grupos humanos hostis. Com o passar dos tempos, viver em sociedade passou a significar facilidades em proporcionar bens e serviços a um maior número de pessoas com menores custos. Assim, o fornecimento de saúde, educação, trabalho e demais necessidades tornou-se algo mais simples para as pessoas que viviam em uma área menor em extensão. Nesse contexto, nascem as cidades, ou seja, os espaços onde o homem escolheu para viver em conjunto com seus pares.

Independentemente de seu tamanho e número de habitantes, toda cidade é caracterizada pela aglomeração de pessoas em uma área geográfica circunscrita, constituída por numerosas construções próximas entre si, destinadas à moradia e às múltiplas atividades humanas. As cidades também podem ser grandes centros de ideias, cultura, ciência e desenvolvimento social, oferecendo aos cidadãos muitas oportunidades de emprego, educação e qualidade de vida sadia.

Então, uma vez concebida para suprir as necessidades humanas, a cidade passa a ser constituída por edificações e vias que as interligam, impondo ao *ambiente urbano* um caráter artificial, constituído essencialmente por materiais manufaturados (concreto, vidro, plástico, metais, entre outros). Dessa forma, o meio *ambiente artificial* ou *humano* se encontra delimitado num espaço construído, fruto da transformação do meio natural, onde a maioria dos seres humanos se desenvolve enquanto indivíduo sociável (RANGEL, 2020). O homem necessariamente desnaturaliza o meio e reduz significativamente a cobertura vegetal, afastando-se da natureza. É nesse contexto que a arborização se torna importante enquanto contrapeso à artificialidade, sendo responsável pelo resgate do natural, e geradora de uma série de benefícios, configurando-se num fator indispensável à vida dos cidadãos.

Conforme citam Bell et al. (2005), viver na cidade, distante do natural, não significa que a vida seja necessariamente negativa, muito pelo contrário, mas que parte do que contribui para uma vida urbana positiva é a chance de experimentar o contraste proporcionado pela natureza externada na cobertura arbórea. São muitos os benefícios obtidos com um ambiente urbano bem arborizado. Árvores adequadamente manejadas são essenciais para sustentar a qualidade de vida do cidadão, permitindo que as cidades se desenvolvam como lugares sustentáveis e agradáveis para as pessoas viverem, trabalharem e se divertirem.

No entanto, as árvores estão continuamente ameaçadas pela disputa do domínio político e econômico do uso da terra, pelas más condições de crescimento, pragas e doenças, danos durante a construção civil e instalação de redes de utilidades, ou pela simples ignorância de boa parte da população em reconhecer sua importância. Os problemas são agravados pela fragmentação das responsabilidades administrativas, planejamento, implantação e gerenciamento, especialmente por estar quase sempre nas mãos do Poder Público municipal, constantemente modificado em função da troca de governantes. Também a estrutura legal e política para proteção de árvores ainda é insuficiente na imensa maioria das cidades brasileiras.

Sendo assim, o que se pretende discutir neste capítulo é que manejar a arborização em cidades vai muito além dos preceitos e técnicas agrônomicas e florestais. Um profissional minimamente capacitado consegue escolher uma muda, abrir um berço, plantar e conduzir a planta até que ela se torne uma árvore adulta e comece a render frutos. Porém, gerenciar a Arborização Urbana sem entender por completo o contexto em que ela se encontra, certamente não levará ao pleno êxito do que se pretende ou, no mínimo, não vai tirar o país do baixo nível geral em que se encontra a administração da Arborização Urbana na maioria das cidades brasileiras.

Inicialmente, são apresentados os conceitos básicos que delimitam a discussão. Em seguida, são apresentadas as razões da insistência em manter árvores no ambiente urbano, ou seja, são relacionados os seus benefícios. Também são apresentados os riscos de um manejo imperfeito, externados nos conflitos que comumente incomodam as pessoas. No passo seguinte, são apresentadas e discutidas premissas da gestão, que o leitor vai perceber óbvias, mas que nem sempre são consideradas e seguidas na prática. Por fim, a pretensão é tentar fazer uma ligação entre a gestão da arborização e o arcabouço legal disponível no país,

que muitas vezes pode incentivar e em outras tantas vezes pode impedir ou até mesmo inviabilizar o plantio e a preservação das árvores nas cidades, mas que de modo algum pode ser desconsiderado pelo gestor.

No eixo central de toda a discussão, do início ao fim do capítulo, está o ser humano, para quem a cidade foi construída, para quem as árvores prestam serviços ou provocam irritações e a quem deve ser dada a oportunidade de participação em todas as etapas de gestão da Arborização Urbana.

2. Marcos Conceituais: Árvore e Arborização Urbana

No princípio de qualquer trabalho técnico-científico está o estabelecimento de um limite teórico que implique o delineamento dos conceitos dos termos utilizados para que se possa desenvolver uma discussão equilibrada, consistente e segura entre os interlocutores. Em estudos sobre Arborização Urbana, essa afirmativa também é justificada, principalmente considerando que ainda não se configura no Brasil o total amadurecimento dessa ciência, mesmo no meio acadêmico. Infelizmente, muitos biólogos, engenheiros agrônomos e até mesmo engenheiros florestais são formados no país com uma base teórica deficiente sobre o assunto.

Feita essa consideração, faz-se a menção a dois conceitos essenciais: *Árvore* e *Arborização Urbana*. A necessidade de entender o primeiro é óbvia, uma vez que a *Árvore* é a unidade básica da arborização e sobre a qual toda a teoria é construída. Já o conceito de *Arborização Urbana*, principalmente por ainda admitir uma série de nuances, mais atentamente detalhadas no capítulo “História da Arborização Urbana”, deve ser previamente estabelecido para que fique claro sobre o que se está discutindo.

O capítulo “Identificação Botânica de Árvores” apresenta com mais detalhes e ilustrações o conceito de *Árvore*, aqui transcrito como: *um vegetal lenhoso, com tronco e copa bem definidos, que atinge no mínimo cinco metros de altura e cinco centímetros de diâmetro do tronco à altura do peito (1,30 m), tem ciclo de vida prolongado por vários anos e crescimento lateral do caule promovido pelo câmbio.*

Diante desse conceito, muitas plantas comumente associadas à Arborização Urbana no Brasil, em tese, não o deveriam, posto que não atendem aos quesitos do conceito em toda sua plenitude. Algumas dessas espécies são mais comumente empregadas no paisagismo como ar-

bustivas, como, por exemplo, a murta (*Murraya paniculata* (L.) Jack) e o resedá (*Largestroemia indica* (L.) Pers.), que apresentam naturalmente ramificação desde a base de seu caule ou possuem caules múltiplos. Essas espécies, porém, são frequentemente observadas com a configuração de arvoreta, sendo conduzidas para tal à revelia de sua formação natural. Outras espécies, tais como as pertencentes aos grupos das palmeáceas, musáceas e cicadáceas, têm características de árvore, embora também não atendam a todos os requisitos conceituais, já que não possuem o câmbio como origem do crescimento lateral do seu caule.

Se por um lado essas plantas não podem ser tecnicamente consideradas árvores e, dessa forma, não deveriam fazer parte da “arborização” da cidade, por outro, o seu emprego para tanto é frequente no país, não podendo simplesmente ser desprezado. Algumas estão entre as espécies mais registradas nos inventários realizados em diversas cidades brasileiras. Dessa forma, dados os interesses particulares de uma cidade, os gestores podem entender que essas plantas sejam consideradas como elementos da Arborização Urbana e incluídas nas práticas legais e de manejo. Caso contrário, não se aplicam as regras normais às árvores, como a responsabilidade do Poder Público em mantê-las quando em determinadas áreas públicas, a necessidade de licenças para podas e supressões ou mesmo a aplicação de penalidades em determinados casos de intervenção indevida.

Quanto à Arborização Urbana, como já mencionado, ainda são diversos os conceitos empregados no país, variáveis no tempo e no espaço. Afora as minúcias gramaticais e mesmo as justificativas contextuais, para encaminhar a reflexão do leitor na direção que se pretende com os argumentos aqui propostos, este capítulo entende Arborização Urbana como: *o conjunto da vegetação arbórea de uma cidade, presente tanto em terras públicas como em terras particulares*. O componente público diz respeito às árvores distribuídas ao longo de vias, em calçadas, canteiros e elementos formadores dos sistemas viários (arborização viária) e às localizadas nas chamadas áreas verdes públicas (praças, parques, reservas, entre outras). O componente privado trata das árvores em áreas de domínio particular, tais como terrenos indivisos, quintais e jardins de residências.

É evidente que todo o tratamento legal, silvicultural e de manejo é diferenciado para cada um dos componentes considerados. O alcance do controle dos órgãos públicos sobre as árvores plantadas em áreas públicas é bem mais direto que sobre as árvores presentes em áreas particulares. As técnicas de plantio em passeios, áreas verdes públicas ou

áreas privadas também seguem procedimentos bastante diferenciados. Da mesma forma, todos os usos pretendidos e as demais ações sobre a arborização de uma cidade têm suas particularidades diretamente relacionadas à forma de distribuição e localização das árvores.

Davies e Doick (2017), por exemplo, discutem que árvores isoladas são particularmente importantes na oferta de sombra, linhas de árvores são úteis na remoção de poluentes do ar, aglomerados de árvores são importantes na prestação de serviços recreacionais, e os grandes maciços são componentes importantes para reduzir o escoamento das águas superficiais. Os autores colocam, ainda, que a quantidade total de cada um desses componentes afeta a extensão da entrega dos vários de seus benefícios. A espécie da árvore, seu tamanho, a forma como é gerida, sua localização e sua proximidade de pessoas e edificações são indicadores-chave do tipo e nível de benefícios que um determinado componente da Arborização Urbana proporciona. Trata-se da identificação da *árvore certa para o lugar certo*, do que trataremos adiante.

Pregitzer et al. (2019), por sua vez, colocam que o contexto em que árvores crescem nas cidades é altamente variável e influencia de maneira significativa as metodologias de avaliação e manejo. Por exemplo, árvores de rua ocorrem em ambientes altamente antropizados e recebem tratamento individualizado; já nas áreas verdes, as árvores são manejadas em conjunto e são sustentadas por processos naturais.

O tratamento legal e de manejo dado ao componente privado da Arborização Urbana merece um comentário um pouco mais detalhado. Se por um lado o controle do Poder Público sobre a arborização localizada em lugares públicos não é de difícil compreensão, o mesmo controle sobre árvores plantadas em áreas privadas nem sempre é facilmente assimilável pela opinião pública. As áreas particulares, porém, contribuem significativamente para a cobertura vegetal da cidade, cabendo ao Poder Público assegurar sua máxima preservação em colaboração com os proprietários.

Conforme relata Sanchotene (1992), a paisagem é uma herança de processos biológicos e fisiográficos, configurando-se num patrimônio coletivo e, portanto, é responsabilidade de todos protegê-la. Nesse contexto, as ações do Poder Público para a preservação da arborização em áreas particulares devem ser encaradas como uma busca de melhoria da qualidade de vida para a coletividade, e não como um entrave às aspirações de seus proprietários. A proteção é contemplada, em geral, pela determinação de padrões de conservação para os diferentes tipos

de áreas, o estímulo à preservação mediante a isenção de tributação, a obrigatoriedade de plantios de reposição e a concessão de licenças especiais para poda e supressão de árvores.

As reações adversas mais comuns contra essa posição do Poder Público se baseiam na falta de infraestrutura do Estado no cumprimento da legislação, em razão da demora no atendimento às solicitações de vistoria e emissão de pareceres (SANCHOTENE, 1992). Também são comuns as alegações de que em propriedade particular não deveria haver intervenção do Poder Público. Um dos problemas mais sérios desse tratamento é a possibilidade do desestímulo ao plantio de novas árvores, dada a dificuldade futura de sua retirada quando este for o interesse do proprietário.

3. A Essencialidade da Arborização Urbana

As árvores, devido às mudanças sazonais e suas características morfológicas (tamanho, forma, cor, etc.), costumam ser um dos elementos mais importantes da natureza urbana. Elas carregam significados pessoais, comunitários e culturais, proporcionam prazer estético e criam ambientes agradáveis para diferentes atividades ao ar livre. Há também um importante valor educacional, uma vez que o contato com as árvores, especialmente das crianças, pode ajudar as pessoas a aprenderem sobre a natureza e os processos naturais em um ambiente artificial. Quando contribuem para uma atraente paisagem urbana, as árvores comunicam a imagem de uma cidade positiva, podendo, indiretamente, promover o turismo e o desenvolvimento econômico. No nível local, contribuem para a qualidade da habitação e dos ambientes de trabalho, com reflexos nos valores das propriedades (TYRVÄINEN et al., 2005).

Embora o conhecimento desses atributos não seja novidade na literatura científica, eles ainda são insuficientemente reconhecidos nos processos de planejamento e desenvolvimento das cidades, por isso é importante expor o conhecimento sobre o papel das árvores urbanas na melhoria do meio ambiente urbano. As árvores podem gerar múltiplos efeitos que se sobrepõem, e, até certo ponto, a distinção entre diferentes categorias de benefícios é artificial. No entanto, esses benefícios têm suas próprias características e, portanto, podem ser mais facilmente compreendidos se apresentados separadamente, como realizado nos próximos parágrafos.

Sob o aspecto estético. Como efeitos estéticos, as árvores proporcionam uma variedade de formas, texturas e estampas na paisagem, formam e emolduram vistas, proporcionam pontos focais e definem espaço, suavizam linhas arquiteturais e acentuam detalhes estruturais, aliviam a monotonia do pavimento e alvenaria e tornam lugares mais atraentes (GREY; DENEKE, 1986; HARRIS, 1992; PHILLIPS, 1993; MILANO; DALCIN, 2000; BIONDI; ALTHAUS, 2005). Também adicionam dinamismo à paisagem pelos seus aspectos fenológicos, como queda, mudança de cor e brotação das folhas, flores e frutos, dando diferentes aparências à mudança das estações (GREY; DENEKE, 1986; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Segundo Tyrväinen et al. (2005), grande parte da experiência estética é de natureza subjetiva e tem impactos no estado mental e emocional das pessoas. Além disso, as avaliações estéticas podem mudar ao longo do tempo e são influenciadas por tendências, sistema cultural e conhecimento.

Os atrativos estéticos foram, por anos, considerados a razão e a justificativa primeiras de cultivar árvores no meio urbano. É sem dúvida um atributo de grande significado, mas ao longo do tempo ele foi perdendo espaço para outros predicados associados às árvores.

Sob a perspectiva ecológica e climática. Em contraponto aos inconvenientes do distanciamento da vida no campo externados no desconforto do excesso de concretude das cidades, os valores ecológicos das árvores são cada vez mais considerados como *serviços ecossistêmicos*, estando associados à melhoria microclimática, à amenização da poluição, à proteção do solo e dos recursos hídricos e à manutenção da biodiversidade. De acordo com Tyrväinen et al. (2005), a melhoria da qualidade do ar tem sido um imperativo das políticas ambientais ao longo dos últimos anos. O desenvolvimento de medidas tecnológicas alcançou resultados significativos nesse sentido; no entanto, essa questão continua sendo motivo de crescente preocupação, particularmente no que se refere aos níveis observados dos poluentes induzidos pelo uso de combustíveis fósseis. Os autores acreditam que seja provável que as mudanças climáticas aumentem ainda mais os problemas.

O capítulo “Serviços Ecossistêmicos Prestados pela Arborização Urbana” é inteiramente dedicado ao tema, por isso que neste momento se faz apenas uma rápida apresentação do assunto.

A arborização influi de maneira direta na temperatura ambiente, seja pela produção de sombra, estabilização da temperatura e umidade

do ar ou por efeitos sobre a velocidade do vento. A sombra reduz a quantidade de energia absorvida, armazenada e irradiada pelas superfícies artificiais; a evapotranspiração converte a energia radiante em energia latente, reduzindo sensivelmente o calor que aquece o ar; a modificação do fluxo de ar afeta o transporte e a difusão de energia, vapor d'água e poluentes (McPHERSON, 2003). As árvores também melhoram a qualidade do ar pela retenção de particulados e pela absorção de diversos gases poluentes, entre eles o ozônio, o monóxido de carbono e o óxido de nitrogênio (KIEBALSO, 1993).

Sob o aspecto da hidrologia, a urbanização aumenta a intensidade e a quantidade do pico de vazão durante os eventos de chuva. As árvores, principalmente quando agrupadas em bosques ou florestas, podem reduzir o escoamento superficial e aliviar a tensão do sistema de drenagem urbana, atenuando os picos de fluxo dos cursos d'água. As maneiras pelas quais árvores reduzem o escoamento são: a interceptação de precipitação na própria árvore, que é armazenada e/ou posteriormente evaporada; o aumento da infiltração e armazenamento de água da chuva no solo permeável sob o dossel; e a redução do impacto dos pingos da chuva, com conseqüentemente menor erosão do solo e lavagem de poluentes (TYRVÄINEN et al., 2005).

Em se tratando da biodiversidade, as árvores dão guarida a uma ampla variedade de grupos biológicos. Elas fornecem estrutura (locais de abrigo, pouso e reprodução) e recursos alimentares para vertebrados, invertebrados, fungos, líquenes, plantas parasitas e epífitas, entre outros organismos. Todas as árvores têm um potencial considerável em reduzir a perda de biodiversidade no ambiente urbano (WORSLEY, 2020). Embora a importância das árvores urbanas para a biodiversidade seja cada vez mais reconhecida, Tyrväinen et al. (2005) lembram que há uma falta significativa de modelos orientadores para o planejamento da biodiversidade nas cidades. Mesmo assim, os autores consideram que a abordagem sobre a ligação de pontos específicos através de corredores de vida selvagem ou corredores verdes deixa poucas dúvidas de que tanto as pessoas quanto a vida selvagem se beneficiam dessas conexões na paisagem urbana.

Sob a visão econômica. A perspectiva econômica da análise da Arborização Urbana mostra benefícios que ainda são pouco considerados no Brasil, embora a ciência já tenha produzido diversos trabalhos a respeito no mundo.

Conforme lembra McPherson (1994), citado por Tyrväinen et al. (2005), os principais valores das árvores urbanas não têm preço de mercado. Esses valores são denominados como de uso não consumível e incluem benefícios derivados, por exemplo, de uma paisagem agradável, ar puro, paz e tranquilidade, bem como atividades recreativas. Porém, segundo o autor, a valorização dos benefícios ambientais pode ser avaliada indiretamente através dos custos alternativos do controle ambiental, como, por exemplo, da poluição do ar e redução do ruído ou diretamente através da economia de energia no aquecimento ou no resfriamento de ambientes.

De acordo com Wolf (2010), a primeira justificativa para que sejam difundidos os estudos nesse campo é que é importante conhecer o valor monetário das coisas nos modos como se organizam as sociedades atualmente, uma vez que o que não é contado não conta na tomada de decisão dos agentes públicos e dos empreendedores. Nesse sentido, as árvores nas cidades são gerenciadas e cultivadas por produtos que podem ser comprados e vendidos nos mercados e também fornecem muitos serviços e benefícios que, da mesma forma, podem ser contabilizados economicamente.

A gestão proativa e profissional de qualquer componente da infraestrutura urbana requer um nível suficiente de financiamento, e o manejo da arborização não foge a essa regra. No entanto, as árvores são frequentemente vistas como assessórias e não como componentes vitais da infraestrutura urbana. O seu gerenciamento compete com outros serviços mais chamativos à população, como obras civis, tratamento de esgoto e instalação de equipamentos públicos, entre outros. Então, se o financiamento é um dos maiores desafios enfrentados, não há dúvida de que a alocação orçamentária dos recursos pode determinar a viabilidade e a sustentabilidade dos programas de arborização dentro de um contexto mais amplo que abrange todas as responsabilidades da gestão pública.

Situações práticas demonstram que as árvores têm valor econômico, e por isso devem ser tratadas como um ativo da cidade que merece recurso para ser bem cuidado. Estudos conduzidos na Califórnia, EUA, por exemplo, demonstraram que a sombra das árvores pode adicionar até 60% mais vida útil ao pavimento asfáltico das vias urbanas em decorrência da redução diária do aquecimento e resfriamento (expansão/ contração) do asfalto, diminuindo bastante o custo para manter um sistema viário acessível (BURDEN, 2006).

Em outra abordagem, as árvores levam à redução do consumo de energia elétrica por condicionadores de ar em razão da amenidade ambiental que produzem. Em simulações realizadas na Califórnia, EUA, McPherson e Simpson (2003) perceberam a redução em 2,5% no consumo anual de energia relacionado ao uso de ar-condicionado para o período analisado, o que equivaleu a um valor de US\$ 485,8 milhões. O mesmo estudo previu que o plantio de 50 milhões de árvores para sombrear edifícios residenciais reduziria o resfriamento artificial em 1,1% e o pico de demanda de carga em 4,5% durante um período de 15 anos. Pelos valores cobrados à época, isso significaria uma economia de US\$ 71/árvore plantada, contraposta ao custo total de plantio e administração estimado em US\$ 50/árvore.

Na mesma linha de pesquisa, compilando os números de fontes secundárias de dados e métodos de transferência de valor para estimar o retorno anual do benefício ambiental proporcionado pelas árvores urbanas da Flórida, Hodges e Court (2019) estimaram que as 15,2 milhões de árvores em propriedade pública fornecem anualmente benefícios avaliados em US\$ 92,01 por árvore, compostos por US\$ 47,58 para benefícios relacionados à estética e comodidade, US\$ 26,76 para benefícios de sombreamento, US\$ 7,33 para benefícios de regulação da água, US\$ 3,80 para benefícios de redução de carbono, e US\$ 6,54 para benefícios de qualidade do ar. Para o total das árvores analisadas, os benefícios agregados somariam mais de US\$ 1,394 bilhão por ano.

Outro aspecto a ser considerado em termos financeiros diz respeito à cadeia produtiva que dá suporte ao trato da Arborização Urbana. A silvicultura urbana envolve o cuidado e o manejo de árvore em ambientes urbanos, que são praticados por diversos atores: arboristas comerciais, profissionais autônomos, formuladores de políticas ambientais, planejadores da cidade, consultores, educadores, pesquisadores e ativistas comunitários (NOWAK et al., 2010, citados por HODGES e COURT, 2019). Essa cadeia produtiva inclui a produção de mudas, serviços paisagísticos para o plantio e a manutenção das árvores, gestão da vegetação sob linhas de utilidades e a fabricação e distribuição de equipamentos e produtos diversos. Essas atividades não apenas geram receita para as empresas envolvidas, mas apoiam empregos e renda em toda uma economia mais ampla. Dessa forma, as contribuições econômicas na rede que dá suporte à arborização podem ser dimensionadas por várias métricas, incluindo o emprego, a renda do trabalho, o valor agregado, a produção da indústria (receita de vendas) e os impostos gerados.

Em estudo encomendado no ano de 2017 pelo Departamento de Agricultura e Serviços ao Consumidor da Flórida, para estimar as contribuições econômicas das atividades florestais urbanas naquele estado americano, Hodges e Court (2019) chegaram à conclusão, mediante a análise de dados secundários, de que 13.933 estabelecimentos produziram 114.590 empregos e US\$ 3,79 bilhões em salários. Os custos de gerenciamento da vegetação sob linhas de serviços públicos totalizaram US\$ 111 milhões e no gerenciamento municipal de árvores as despesas totalizaram de US\$ 150 milhões.

Hodges e Court (2019) também analisaram as contribuições econômicas totais, usando um modelo de insumo-produto econômico regional no cálculo de efeitos multiplicadores e dos gastos de consumo das famílias. Os valores totais estimados foram: 80.808 empregos e US\$ 3,46 bilhões em renda do trabalho. Os grupos da indústria florestal urbana que mais contribuíram para o número de empregos foram: serviços paisagísticos (51.748), governos municipais (9.603), produção de viveiros (7.318), comércio atacadista (7.034), arquitetura paisagística (3.107) e varejo (1.391). O total de impostos estaduais e locais gerados foi de US\$ 334 milhões, e os impostos gerados para o governo federal totalizaram US\$ 758 milhões.

Ainda sob a perspectiva econômica, é possível perceber que pessoas permanecem comprando por mais tempo nos estabelecimentos comerciais localizados em regiões bem arborizadas da cidade. Da mesma forma, os negócios tendem a ser mais produtivos em razão da maior satisfação e conforto dos trabalhadores (YU, 2017). Prygoski (2013) relata que pedestres que caminham e fazem compras em estabelecimentos localizados em ruas ladeadas por árvores podem gerar um fluxo de renda até 12% maior quando comparado aos estabelecimentos distantes das árvores.

Também considerável pode ser a valorização de propriedades próximas de áreas bem arborizadas da cidade, o que implica no incremento de arrecadação de impostos, acarretando um ganho aos cofres públicos, ao patrimônio real do proprietário, do corretor e de outros envolvidos (GREY; DENEKE, 1986).

Embora por vezes os custos iniciais de empreendimentos em terrenos onde as árvores sejam conservadas possam ser maiores, os construtores podem recuperar esses custos realizando vendas por valores maiores, agregando o valor ambiental ao seu negócio. Em levantamentos realizados por Wolf (2010), a presença de árvores próximas pode

aumentar entre 3% e 15% os valores das propriedades. Ainda segundo a autora, o efeito das árvores nos valores das propriedades em Portland, Oregon, tem o potencial de gerar um ganho total de US\$ 1,35 bilhão, aumentando potencialmente a receita anual em arrecadação de impostos em US\$ 15,3 milhões.

Com base nesses poucos exemplos, já é possível ter noção da importância econômica da Arborização Urbana. Essa relevância não pode ser desprezada no processo de gestão e faz considerar que o volume de recursos aplicados pelas administrações municipais no estabelecimento da arborização mostra o tamanho do interesse do gestor sobre ela, e traduz a importância desse item da infraestrutura urbana para os cidadãos (DETZEL, 1993).

Por fim, cabe considerar que as árvores são um bom investimento em longo prazo, uma vez que, enquanto a maioria dos bens públicos deprecia com o tempo, o valor das árvores tende a aumentar desde seu plantio até a sua maturidade (ISA, 2018).

Sob uma visão espiritual. O homem sempre teve um conteúdo simbólico e espiritual associado às árvores desde os primórdios da sua existência. Seu significado como elo entre seres humanos e a natureza retrata um pouco da importância das árvores para os habitantes das cidades.

Monico (2001), em revisão da literatura a respeito do tema, relata que quando nomeadas “sacerdotisas”, “guardiãs” ou “instrutoras”, as árvores já foram consideradas seres sagrados. Adão, ao escolher alimentar-se contra a vontade divina da “árvore do saber”, não alcançou a “árvore da vida”. Na história de Cristo, as árvores foram simbolicamente utilizadas em parábolas e para ambientar passagens, como no “Monte das Oliveiras”, onde ele orou e foi crucificado. A famosa “árvore de Natal” tornou-se objeto de culto e comemoração, marcando a principal festa do Cristianismo.

Ainda segundo Monico (2001), no contexto das religiões orientais tem-se a famosa “árvore da iluminação” de Sidharta Gautama, o Buda, que passou anos peregrinando em busca de uma resposta para o sofrimento humano, e finalmente encontrou a “Verdade” sentado sob a árvore de Bodhi (*Ficus religiosa* L.). Para as tradições esotéricas, o próprio corpo humano guarda uma simbologia estreitamente relacionada à árvore. Existe a árvore que representa o sistema nervoso e a árvore que representa todo o sistema circulatório, as duas juntas são responsáveis pelo governo da vida humana, sua mente e seu coração.

Mesmo que ao longo do tempo as árvores tenham sido desmitificadas, com seu simbolismo condenado pela Igreja e pela ciência, ainda hoje essa relação se mantém para muitos, mesmo que num grau menos intenso. Mas a proximidade espiritual das pessoas com as árvores certamente lhes proporciona amenidades psicológicas que se traduzem em bem-estar e saúde física.

Sob o olhar da saúde. Segundo Tyrväinen et al. (2005), as árvores urbanas contribuem para uma melhor qualidade de vida, melhorando a qualidade do ar e, conseqüentemente, a saúde dos residentes urbanos. As árvores também protegem as pessoas dos problemas nocivos associados à radiação solar, reduzindo a exposição aos raios ultravioleta. Ao oferecer um ambiente atraente para atividades recreativas, ambientes arborizados podem seduzir pessoas com um estilo de vida sedentário para se tornarem mais ativas. Visualizar ou visitar ambientes naturais (em comparação com ambientes urbanos construídos sem elementos naturais) após situações estressantes ou mentalmente fatigadas produz relaxamento e recuperação mais rápida em desempenhos cognitivos que exigem atenção. Experimentar a solidão, a paz e o sossego em locais arborizados também pode ser favorável ao efeito de redução do estresse, embora as árvores normalmente promovam contatos sociais quando induzem a reunião de pessoas.

Fazendo uma ponte entre a questão econômica, ambiental e social, quando discute o efeito das árvores sobre a saúde humana, Clinton (2019) mostra que as árvores do Reino Unido salvaram 1.900 vidas e economizaram £ 1 bilhão em custos médicos em um ano. A autora relata que dados oficiais daquele país mostraram que a redução de poluentes do ar removidos pelas árvores e demais formas de vegetação, durante o ano de 2015, resultou em menos 7.100 internações relacionadas a problemas pulmonares e cardíacos.

As toxinas removidas do ar incluíram o dióxido de nitrogênio, amônia, enxofre e ozônio, além do PM2.5 (material particulado fino), que, segundo Clinton (2019), é emitido durante a queima de combustíveis que alimentam carros a diesel e gasolina, usinas de energia e aquecimento doméstico. Devido ao seu pequeno tamanho (2,5 micrômetros), ele pode permanecer no ar por mais tempo do que outras partículas mais pesadas, o que aumenta a probabilidade de inalação, desencadeando doenças crônicas como asma, doença cardíaca, bronquite e outros problemas respiratórios.

Ulmer et al. (2016), estudando o potencial de promoção da saúde proporcionado pelas árvores em uma região urbanizada de Sacramento, na Califórnia, EUA, identificaram que a maior cobertura de árvores na vizinhança, independentemente da possibilidade de acesso ao espaço onde se localizam, estava relacionada à melhor saúde geral da população, representada principalmente por menores índices de sobrepeso/obesidade e, em menor grau, por menos casos de diabetes tipo 2, pressão alta e asma. Segundo os autores, esses resultados sugerem um papel importante das árvores na melhoria da saúde holística da população em áreas urbanas.

A explicação dada por Ulmer et al. (2016) para sua conclusão é que, embora muitos residentes de áreas urbanas geralmente se beneficiem de melhor acesso aos cuidados de saúde, educação e outros serviços em comparação com as contrapartes rurais, esses benefícios se perdem, em parte, pelos aspectos sedentários de vida e pelas ameaças urbanas às condições físicas e à saúde psicológica. A urbanização é frequentemente associada ao estresse social e à violência (crimes, segurança no trânsito) e às exposições ambientais adversas (poluição). Os estilos de vida contemporâneos são geralmente associados a grandes reduções na atividade física ocupacional, doméstica e relacionada ao transporte, compensadas em parte apenas pelo aumento da atividade de lazer. Em combinação com mudanças na ingestão alimentar, essas tendências levam à alta taxa atual de obesidade, redução da qualidade de vida e aumento no custo dos cuidados com a saúde. Sob essa situação, as árvores e demais formas de vegetação seriam promotoras de significativos efeitos atenuadores dos problemas relatados.

Na perspectiva do relacionamento social. Até aqui foram apresentadas diversas benesses estéticas, ecológicas, econômicas e religiosas proporcionadas pela presença de árvores na cidade, mas talvez uma das principais esteja na capacidade que as árvores têm em conectar as pessoas. Espaços arborizados podem facilitar a interação social positiva, reduzindo sentimentos de isolamento social, um dos fatores de risco relacionados à depressão.

Pacheco et al. (2017) citam o *Project for Public Spaces*, organização sem fins lucrativos dedicada a ajudar as pessoas a criar e manter espaços públicos com base no conceito *The Power of 10* (O Poder do 10). São dez atributos diferentes que as pessoas exigem de um bom espaço público: diversidade de usos, fachadas ativas, dimensão social e vita-

lidade urbana, escala humana, iluminação, fomento à economia local, identidade local, ruas completas, participação social e *áreas verdes*. Considerando o termo *área verde* como abrangente a toda cobertura vegetal da cidade, incluindo as árvores, é possível considerar que elas têm a capacidade de humanizar o ambiente construído, atraindo as pessoas para atividades ao ar livre, amenizando os níveis de estresse e reforçando a sensação de bem-estar.

Analisando especificamente a rua para além de um ambiente físico, projetado, observa-se que ela também tem valor em si mesma enquanto ponto de convivência humana. Yu (2017) trabalha o conceito de *rua habitável* ou *rua viva*, que dá mais atenção aos pedestres e aos ciclistas, propondo que a via possa ser usada igualmente por todos, onde os humanos são vistos como o ponto focal que interage com outros elementos, incluindo as árvores. Em ruas habitáveis, pedestres podem andar confortavelmente, crianças podem brincar com segurança, e as pessoas com deficiência podem usar instalações e se movimentar livremente. Veículos motorizados também usam a rua, mas com velocidade restrita e menor dominância.

Na avaliação da qualidade de vida, as árvores são percebidas como o elemento mais importante do projeto da rua habitável, aumentando os índices de satisfação dos pedestres. Diferente de outros elementos instalados e das construções que compõem a rua habitável, a árvore é um corpo orgânico e vivo. Os sentimentos de solicitude, satisfação, realização e responsabilidade, criados pelas árvores, também podem fazer parte do incentivo e recompensa para que as pessoas plantem e mantenham atividades em torno delas. Do ponto de vista da influência social, as árvores também podem fomentar as interações entre os moradores locais enquanto portadoras de histórias, memórias e conexões com o passado. As pessoas podem se lembrar da sua infância brincando com vizinhos em torno das árvores (Jones et al., 2013, citados por YU, 2017).

Outro conceito que tem tomado vulto entre os urbanistas é o da *rua completa*, que tem o mesmo princípio da *rua habitável*, mas com uma abordagem mais voltada a tornar as ruas seguras e iguais para todos, enquanto o conceito de rua habitável enfatiza os residentes que vivem na rua ou nas proximidades como o foco principal (YU, 2017).

Para Valença e Santos (2018), as *ruas completas* são aquelas voltadas para todos os usuários, ou seja, que resultam em mobilidade e segurança para os pedestres, ciclistas, usuários de transporte coletivo e motoristas de todas as idades e habilidades. As ruas completas são

projetadas para que as pessoas, independentemente de suas condições físicas ou meio de transporte, possam se deslocar de maneira confortável e segura entre os lugares onde trabalham, vivem e estudam. Os autores ressaltam que as ruas não são somente espaços para locomoção, mas também são essenciais para a cidade em termos socioeconômicos e ambientais. Já as calçadas são locais que muitas vezes possuem arborização e lugares para socializar, como bares, restaurantes, lojas e mercados. Nesse sentido, o passeio público é um elemento muito importante para a execução de uma rua completa, pois garante segurança e bem-estar, tanto do pedestre em deslocamento longitudinal, quanto do usuário de transporte coletivo em pontos de embarque/desembarque. Por isso, é importante que abriguem bancos, lixeiras, além de atrações como quiosques ou exposições de arte ao ar livre.

As ruas completas devem ser convenientemente arborizadas. Para Prygoski (2013), além das amenidades, as árvores proporcionam segurança aos pedestres. Os motoristas reduzem a velocidade quando as árvores estão presentes, e os eventuais acidentes tendem a ser menos graves. Espaços amplos em ambos os lados da rua dão aos motoristas a percepção de uma maior margem de erro, o que contribui para velocidades mais altas, já a redução desse espaço proporcionada pelas ruas completas garante uma vantagem visual, tornando os motoristas mais cautelosos. As árvores também criam uma barreira entre as calçadas e a via, o que dá aos pedestres um aumento real e perceptível de proteção.

Para Marritz (2011), as mudanças que visam tornar as vias e o tráfego de carros mais seguros são um componente essencial dos projetos de ruas completas. Os carros continuam sendo parte significativa da paisagem urbana, e o projeto das ruas que os integra com segurança é imperativo. Marcações nas vias, limites de velocidade e outras medidas são usadas para criar condições seguras, mas as árvores também têm papel relevante. Segundo o autor, pesquisadores teorizam que vias com canteiros ajardinados ou arborizados podem afetar a percepção do motorista quanto à largura da faixa, fornecendo a ele um alerta psicológico para ir mais devagar. Também a simples presença da natureza tem um efeito fortemente restaurador e calmante, e nesse sentido um dossel de árvores pode ajudar a compensar reações agressivas e irritadas, mantendo os motoristas calmos e reduzindo as respostas estressantes.

Ryan et al. (2018) pesquisaram a ligação entre as árvores e a segurança dos pedestres. Os autores relatam que sob o ponto de vista da engenharia civil, particularmente o ramo que trata do transporte

urbano, o uso de árvores nas ruas muitas vezes desperta percepções adversas. Muitos consideram as árvores como perigosas, difíceis de serem locadas e de manutenção cara, mas não há um engenheiro que não tenha negociado o plantio ou a preservação de árvores para alcançar a conclusão do seu projeto. Ainda segundo Ryan et al. (2018), concordando com Marritz (2011), sob a perspectiva de um motorista, as árvores proporcionam uma margem perceptiva na via juntamente com outras complexidades visuais que impactam positivamente a atenção ao dirigir, separando a via do ambiente adjacente e oferecendo uma margem visual que remete a sentimentos de familiaridade e conforto.

Benefícios específicos das árvores agrupadas em maciços. Dando fim à discussão sobre a essencialidade da existência de árvores nas cidades, considerando especificamente sua presença em maciços (bosques ou florestas), outros benefícios podem ser considerados. A sua manutenção no espaço urbano implica a possibilidade de preservação de amostras representativas de diferentes ecossistemas e da diversidade ecológica originalmente ocorrente na região; a regulação dos recursos genéticos; a produção de água e controle da erosão e seus efeitos adversos; a formação de barreiras contra o vento, redução da poluição sonora e amplitude térmica; a preservação da beleza cênica dos lugares e objetos do patrimônio cultural; a facilidade em se promover a Educação Ambiental; a possibilidade de investigação e monitoramento do meio ambiente; e a promoção da recreação e do turismo.

E tomando cada vez maior importância entre os objetivos da preservação, faz-se menção à obrigação moral de manter hoje opções para as futuras gerações, como perfeitamente traduzido na célebre frase atribuída ao Cacique Seattle: *“Nós não herdamos a terra de nossos ancestrais. Nós a tomamos emprestada de nossos descendentes.”* (MACHADO, 2016).

4. O Lado Incômodo da Arborização Urbana

De tudo o que foi colocado até aqui, é possível considerar que os benefícios se relacionam aos ganhos ambientais, sociais e econômicos da implantação de programas de arborização no ambiente urbano. Esses benefícios, quando vêm de encontro às exigências da maior parte da sociedade, tendem a render dividendos políticos aos administradores que percebam essa demanda por parte de seus eleitores, numa situação onde todos ganham. Mas, para que isso aconteça, é necessária a avaliação do outro lado da Arborização Urbana, ou seja, dos problemas que

podem estar associados às árvores quando os princípios, as premissas e as técnicas de manejo não são plenamente observados.

Retomando a discussão sobre a vida do homem nas cidades, se por um lado a aglomeração proporciona facilidades na oferta de bens e serviços para um maior número de pessoas, uma análise contraditória traz luz à outra face das cidades que, embora seja concebida para trazer conforto, segurança e bem-estar aos seus moradores, pode também ser fonte de diversos conflitos. Como cita Ítalo Calvino, em seu livro “As cidades invisíveis”: *“as cidades, como sonhos, são feitas de desejos e de medos”* (CALVINO, 1990). Mário Sérgio Cortella (2018), por sua vez, reflete que *“a cidade é um campo de proteção e ao mesmo tempo de afastamento. Acolhe, oferece, abriga serviços e estruturas, mas, inclemente, pode ser perigosa e brutal”*.

Como bem deixam a entender os autores, a cidade pode realçar o sentimento de afastamento, que também é característico da essência humana. Exemplo disso se apresenta quando o próprio seio da família, considerado símbolo de porto seguro, assiste com frequência a brigas entre seus membros. O conflito se amplia quanto maior for o número de pessoas que vivem próximas entre si, como é típico nas cidades, em razão dos diferentes interesses e das constantes disputas por espaço e fatores vitais.

O trânsito nas maiores cidades brasileiras talvez exemplifique de maneira clara o que aqui se está denominando conflito. Cada centímetro do asfalto é disputado como se fosse o último. A pouca atenção às regras dificulta a vida de todos, que perdem cada vez mais tempo de suas vidas estacionados em meio a fumaça, barulho e estresse. Por outro lado, quanto mais bem pensados, bem planejados e bem implantados, os modos de se locomover no território são facilitados. Para tanto, faz-se necessária a manutenção da ordem, que pode até ser bastante frágil, mas é perfeitamente viável.

Não é possível dissociar a arborização de uma cidade desse contexto. Ela tanto ameniza faces duras da cidade, oferecendo as benesses listadas anteriormente, quanto também pode fazer parte dos conflitos, causando desconfortos, prejuízos materiais ou até mesmo danos à saúde dos cidadãos.

Já em 1944, Frederico Carlos Hoene, um dos precursores no estudo da Arborização Urbana no Brasil, lamentava: *“Graças aos erros cometidos à má plantação, as árvores das ruas sofrem muitas incriminações injustas. Se levantam ramos, são perseguidas pelos que zelam pelos fios telefônicos e de energia elétrica, se abrem seus ramos e tocam as paredes ou cobrem demais as ruas, são atacadas pelos*

proprietários e condutores de veículos; se não adquirem um porte que corresponda às expectativas, são censuradas pelos transeuntes e jardineiros da prefeitura; se lutam contra os obstáculos e procuram sustento e arrimo, demonstrando isto com as raízes pelo movimento que aduzem às calçadas, arrebatando o cimentado ou os ladrilhos, são agredidas pelos pedreiros que, para arrumarem o piso, cortam suas raízes, deixando-as sem segurança contra os vendavais e sem condição para viverem.”

Se há tantos anos esse tipo de relato já apresentava a difícil condição da árvore frente à adversidade do meio urbano, é fácil imaginar as proporções do problema atualmente. Malinsky (1985), citado por Monico (2001), lembra que o espaço urbano é disputado por diversos sistemas: habitação, produção, serviços, circulação, infraestrutura, etc. Então, uma política destinada à Arborização Urbana deve contemplá-la em toda sua plenitude, considerados os seus pressupostos, benefícios e conflitos.

O termo *política* pode aqui estar relacionado ao caráter conflituoso, referente à imposição de objetivos e distinções sobre conteúdos e decisões, ou se referir a um conceito tangível, como programas e demais conteúdos aplicáveis. Dependendo dos atores envolvidos, as políticas intangíveis determinam políticas tangíveis e vice-versa. Nesse contexto, uma política de arborização estaria subordinada ao processo de negociação social para a regulação de interesses relacionados à utilização e à proteção das árvores (OTTISTCH; KROTT, 2005, citados por MACEDO, 2018).

No ambiente político, confrontam-se diferentes visões e interesses que envolvem necessidades vitais aos seres humanos. A política de Arborização Urbana se insere, então, em uma agenda mais ampla que busca compreender se e como uma ação de governo pode gerar impactos sobre os cidadãos e os espaços urbanos (MACEDO, 2018).

Outra observação importante a ser considerada é que os elementos que compõem a cidade estão em constante modificação e intrincada interação. Compreender como a arborização de uma cidade desenvolveu seus padrões atuais (distribuição, composição e diversidade de espécies) requer uma apreciação dos efeitos históricos e sociais. Instituições, comunidades humanas e condições biofísicas mudam ao longo do tempo, criando distintos legados à paisagem e mudando a arborização através de processos e contrapontos interativos complexos. Árvores podem persistir muito tempo na paisagem, o que significa que uma planta hoje madura reflete condições e decisões de longa data, muitas vezes inadequadas às atuais. A avaliação de circunstâncias que aconteceram no passado que refletiram na condição atual das árvores pode servir de base para prever ou ao menos supor o que está por vir, preparando o gestor e dando-lhe suporte para a tomada de decisões futuras (ROMAN et al., 2018).

O que foi discutido até aqui faz entender que a cidade sempre se transforma em razão das interferências externas (pandemias, enchentes, temporais) e interferências humanas (acontecimentos históricos, greves, panes em infraestruturas). Assim, faz-se necessário pensar a arborização invariavelmente enredada em um processo complexo em que se confrontam diversos atores, com seus valores, interesses e prioridades, com capacidades assimétricas de intervir nos arranjos institucionais, dinâmicos, que podem restringir ou ampliar as possibilidades de efetivação de projetos e programas de toda ordem. Essa situação obriga a execução de constantes ajustes no manejo da arborização, visando à boa convivência entre as partes.

Há que se considerar, ainda, a necessidade de correção de distorções na distribuição social das amenidades ambientais promovidas pelas árvores para garantir que elas cheguem à sociedade como um todo, inclusive às comunidades pobres e minoritárias. Muitas vezes subestimadas na gestão ambiental da cidade, essa situação pode ser bem real e significativa, conforme pesquisas que relatam que as árvores podem ser desigualmente distribuídas se considerada sua relação com a raça (WATKINS; GERRISH, 2018) e a renda da população (GERRISH; WATKINS, 2018).

5. Premissas da Gestão da Arborização Urbana

Como apresentado até aqui, as árvores são elementos indissociáveis do contexto que caracteriza e que rege o funcionamento de uma cidade. Sendo assim, cabe ao gestor ter ciência plena de que o cultivo de árvores dentro das cidades exige considerar uma série de condicionantes específicas, muito diferentes da silvicultura, que busca a obtenção de produtos florestais tradicionais (celulose, madeira, essências, etc.). Por um lado, os aspectos biológicos e muitas práticas silviculturais, tais como adubação no plantio, podas e controle de pragas e doenças, são semelhantes, mas gerenciar as árvores presentes nos ambientes urbanos exige o conhecimento dos aspectos antrópicos, que na maioria das vezes têm influência muito maior que os silviculturais, sob o risco de dificilmente alcançar a plenitude dos objetivos pretendidos.

Conforme lembram Ottistch e Krott (2005), gerenciar um assunto complexo como Arborização Urbana não é de maneira alguma uma tarefa simples. Questões técnicas, como a realização de inventários, monitoramentos, tratamentos, planejamentos e financiamentos são por si só muito exigentes. Mas lidar com conflitos relacionados aos interes-

ses na utilização e proteção das árvores também exige conhecimentos outros para convencer e orientar pessoas.

Portanto, é preciso ter o domínio sobre três premissas que regem a gestão da Arborização Urbana: *a cidade existe em função dos homens; os tratamentos da arborização exigem capacitação técnica; e é preciso utilizar a árvore certa no lugar certo*. As premissas são as bases, ou seja, os pressupostos sobre os quais o manejo deve ser elaborado, representando as questões que necessariamente precisam ser consideradas para que ele seja bem-sucedido.

5.1 Primeira premissa: a cidade existe em função dos seres humanos.

A primeira premissa considera o fato indiscutível de que a cidade foi concebida pelo e para o ser humano; assim, seria incoerente expor pessoas ao risco da presença de uma árvore debilitada que possa comprometer sua segurança ou de seu patrimônio. Também seria contraditório justificar a preservação da árvore para impedir a apropriação do solo para a construção das benfeitorias que permitem a permanência das pessoas na cidade, tais como as casas, vias, indústrias, estabelecimentos comerciais e assim por diante.

Por outro lado, há que se considerar que as árvores são componentes urbanos essenciais, assim como os demais itens da infraestrutura (energia elétrica, água, vias, iluminação pública, etc.). O seu manejo visa, então, obter o máximo benefício da sua presença no ambiente urbano mediante o mínimo prejuízo para as árvores, para os demais elementos da infraestrutura e para os munícipes, ou seja, uma relação de custo-benefício favorável. Nesse contexto, as árvores não podem impedir a ocupação do território urbano, mas devem ser consideradas enquanto elementos significativos. Qualquer intervenção sobre elas deve ser acompanhada por avaliação prévia do Poder Público, de modo a permitir a preservação do máximo possível de árvores em comunhão com as edificações, assim como prover a população em geral de uma compensação pela perda de exemplares arbóreos em razão de interesses particulares.

Quando se procede a uma análise mais aprofundada da relação das pessoas com as árvores no ambiente urbano, percebe-se que os cidadãos tendem a ter diferentes atitudes. Os benefícios muitas vezes são considerados importantes pelos cidadãos; por outro lado, embora os residentes geralmente gostem de árvores, muitos preferem que elas não sejam plantadas perto de suas casas, em razão dos problemas que possam vir a causar (SCHROEDER et al., 2006, citados por YU, 2017).

Essa relação tem origem nos diferentes níveis de egoísmo e tolerância de cada cidadão. Por *egoísmo*, entende-se a falta de altruísmo, o apego excessivo aos próprios interesses, o comportamento da pessoa que não leva em consideração os interesses dos outros. A filosofia trata o egoísmo como uma tendência individual de ter em conta os próprios interesses em detrimento da submissão aos compromissos morais com os demais. Já *tolerância* é um termo que vem do latim *tolerare*, que significa “suportar” ou “aceitar”. A tolerância é uma atitude fundamental para quem vive em sociedade. Uma pessoa tolerante normalmente aceita opiniões ou comportamentos diferentes daqueles estabelecidos pelo seu meio social (DICIO, 2020).

É bastante comum o argumento de um cidadão quando quer a supressão de uma árvore em frente a sua residência, de que «ele gosta muito de árvore, mas o lugar delas é na floresta». Esse tipo de atitude com alto grau de egoísmo mostra a pouca atenção da pessoa ao interesse público por trás da presença das árvores na cidade. O egoísmo pode ditar o grau de tolerância da pessoa em relação à árvore, uma vez que a alegação para o corte pode ir desde o simples incômodo de ter que varrer folhas e flores, ou seja, tolerância próxima de zero, até a contrariedade extrema ao corte, explícita no comportamento dos cidadãos que convivem satisfatoriamente mesmo com árvores que estejam danificando seriamente seu imóvel.

Conforme destaca Verardo (2018), normalmente os países com melhor índice de desenvolvimento e bem-estar social são aqueles onde o cidadão tem consciência plena do que é exigência e necessidade pessoal e do que é exigência e demanda coletiva. Tal parâmetro de evolução social estabelece um bom equilíbrio entre essas dimensões da convivência humana.

O gestor tem que trabalhar com as diferentes percepções dos cidadãos, seus diferentes pontos de vista, seu pequeno ou grande egoísmo e sua pouca ou alta tolerância. Um meio de contornar essa situação é que a avaliação das árvores seja estritamente técnica quando da tomada de decisão pela intervenção ou não nela, o que dá menor margem a questionamentos. A avaliação técnica também tende a ser mais coerente e menos sujeita às intervenções políticas ou casuísmos.

5.2 Segunda premissa: os tratos da arborização exigem capacitação técnica. Ao contrário do que prega essa premissa, na prática, o que ocorre no Brasil com frequência, onde a responsabilidade em conduzir a arborização das cidades é essencialmente do Poder Público municipal, é a não exigência de pré-requisitos aos gestores, normalmente escolhidos pela sua militância política, e não pela sua competência. Disso, resulta o quadro caótico, ou no mínimo desleixado, com que é conduzida a arborização na maioria das cidades brasileiras.

Longe de ser um problema exclusivo do Brasil, Forrest et al. (1999), citados por Yu (2017), relatam que estudos desenvolvidos na Europa indicaram que, embora existam normas e orientações para o trato das árvores urbanas, engenheiros e planejadores geralmente não as cumprem completamente. Em contrapartida, de acordo com O'Herrin et al. (2018), à medida que a demanda por serviços relacionados às árvores urbanas cresce, o seu trato está se tornando mais complexo e mais dependente da tecnologia. Nesse sentido, maximizar o retorno do investimento em arborização de cidades exige profissionais bem treinados, capazes de se adaptar a uma sociedade em rápida mudança e que se comuniquem e colaborem para o sucesso das diversas partes interessadas.

Wilson e Fowkes (2016) reforçam essa tese quando relatam que a prática de estabelecer e gerenciar árvores nas cidades requer o equilíbrio entre ações imediatas e o planejamento de longo prazo, devido à longevidade das árvores. Os autores destacam a exigência de habilidades de comunicação por parte dos gestores, uma vez que estes lidam com questões altamente técnicas e científicas, mas que devem ser traduzidas em uma linguagem que envolve o público em geral.

A Royal Forestry Society (2020) distingue as carreiras florestais urbanas em: trabalhador de solo, escalador, líder de equipe, oficial e agente comunitário. O papel de um *trabalhador de solo* é apoiar a atividade do escalador, definindo a área de trabalho, enviando equipamentos, manuseando e empilhando a madeira cortada e dando manutenção aos equipamentos. O *escalador* é responsável pela efetiva intervenção na árvore, seu papel é fisicamente exigente e requer habilidades e treinamentos específicos e uma abordagem muito segura do trabalho. Além das habilidades de escalada, esse profissional deve ser capaz de executar os métodos corretos de poda e de realizar inspeções para identificar sinais de problemas relacionados à saúde e à segurança da árvore. As principais responsabilidades do *líder de equipe* são: supervisão, monitoramento e motivação da equipe, distribuição das atribuições, observação do cumprimento de pra-

zos estabelecidos e verificação de todos os regulamentos de segurança. Dele, é exigida uma abordagem flexível, confiável e segura do trabalho, assim como as qualificações corretas e riqueza de conhecimentos dentro das práticas arborícolas. Os *oficiais* são os gestores, normalmente demandados por autoridades locais ou organizações sem fins lucrativos. São eles que definem plantios, manutenção, avaliação e remoção de árvores, lidando com pragas, doenças e segurança das árvores. Deles, é exigido o conhecimento de planejamento e regulamentos ambientais, assim como as habilidades de identificação de árvores. Por fim, os *agentes comunitários* trabalham com as comunidades para estabelecer esquemas de plantio, gerenciamento de áreas de preservação e promoção dos benefícios das árvores em ambientes urbanos. Eles auxiliam e prestam consultoria técnica em planejamento, estabelecimento e gerenciamento de árvores, organizam eventos, atividades e projetos para aumentar a conscientização sobre a conservação ambiental e o envolvimento da comunidade.

Então, parece claro que a profissionalização deva ser uma exigência perante os diversos trabalhadores que de uma forma ou de outra estejam envolvidos no trato da Arborização Urbana. Uma maneira de atingir um grau mais elevado de qualificação no mercado específico seria a exigência por parte dos contratantes de que os profissionais por eles contratados tivessem uma credencial referendada por uma instituição de renome. Nesse sentido, um programa de certificação pode estabelecer padrões mínimos de desempenho, incentivos para a educação continuada e uma imagem aprimorada do profissional perante o público. Dessa forma, a linguagem usada torna-se mais científica e educada, dando aos tomadores de serviços um alto grau de garantia de que suas árvores não serão danificadas ou mutiladas e de que tanto eles quanto os arboristas têm clara noção dos efeitos de um tratamento pretendido. A expectativa é que, contratando um profissional certificado, proprietários de árvores e gestores governamentais tenham maior confiabilidade sobre os resultados do serviço contratado.

A certificação profissional é um caminho que em algum momento terá que ser percorrido com maior agilidade no Brasil. Embora a passos lentos, essa ideia já se apresenta em andamento: a International Society of Arboriculture (ISA), a principal organização internacional representativa de profissionais que cuidam de árvores urbanas, privilegiando seu capítulo brasileiro conduzido pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, disponibiliza a oportunidade de profissionais se candidatarem à sua certificação.

A certificação ISA é um programa voluntário que testa e referencia a conquista de profissionais quando mede seu conhecimento e suas habilidades no campo da arboricultura. A instituição exige que o candidato tenha um período mínimo de experiência em trabalhos de campo com arboricultura ou uma combinação de educação e experiência prática. Atingir um nível de especialidade de certificação ISA leva o profissional a construir uma imagem altamente positiva no mercado e entre seus pares. Ao estudar e passar no exame de certificação, ele demonstra uma dedicação ao seu desenvolvimento profissional e seu avanço nas práticas adequadas de cuidados com as árvores, tornando-se mais competitivo no mercado de trabalho. O exame de certificação é desenvolvido por um grupo de especialistas que formula perguntas derivadas de pesquisas e análises de boas práticas desenvolvidas por arboristas de todo o mundo (INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE, 2020).

Em suma, o que se pode observar é que o manejo da Arborização Urbana exige, obrigatoriamente, a condução por parte de diferentes profissionais, com diferentes funções; algumas aprendidas na prática, e outras, na academia. Mas, sem dúvida alguma, não é uma atividade que deva ser entregue a políticos ou pessoas despreparadas, sob pena de perpetuar as mazelas que só desestimulam a boa recepção das árvores por parte dos cidadãos.

5.3 Terceira premissa: utilizar a árvore certa no lugar certo. Como mais bem discutido no capítulo “Planejamento da Arborização Urbana”, os trabalhos em arborização se pautam na elaboração de um plano que responda às perguntas: O quê? Por quê? Onde? Quem? Quando? Como? Quanto? E somente profissionais devidamente capacitados podem responder de maneira segura. Nesse sentido, o planejamento adequado e consistente culmina com a escolha da árvore certa para o lugar certo, terceira premissa do manejo da Arborização Urbana.

Essa premissa pressupõe que não existe uma espécie de árvore que não possa ser utilizada na Arborização Urbana, assim como qualquer espécie, se utilizada de maneira equivocada, pode gerar mais problemas do que soluções. Então, para que os benefícios pretendidos sejam alcançados de maneira plena, as espécies utilizadas devem ser escolhidas com base em suas características e analisando-se sua adequação ao meio. Também os aspectos históricos e culturais da população local, suas necessidades e anseios devem ser considerados para que a escolha leve ao sucesso do empreendimento.

O ambiente urbano. A paisagem urbana é composta por elementos antrópicos e elementos naturais (bióticos, edáficos, hídricos e climáticos). Não raramente, as condições naturais sofrem alterações profundas promovidas pelo ser humano. O microclima varia em amplitudes térmicas diárias, estacionais e anuais. Também se alteram o regime pluviométrico, o balanço hídrico, a umidade relativa do ar, o regime dos ventos, além da luminosidade promovida pela iluminação artificial. Os solos urbanos muitas vezes se apresentam compactados e poluídos por resíduos sólidos e despejos diversos. O ar, por sua vez, pode concentrar altas dosagens de poluentes (MILANO, 1995).

As árvores, particularmente as associadas às vias urbanas, disputam espaço não apenas com o mobiliário, mas também com veículos e pedestres. Na parte aérea, a copa disputa espaço com as redes de distribuição de serviços (energia elétrica, telefonia, TV, etc.), veículos, principalmente os de grande porte (ônibus e caminhões), telhados e fachadas, além de engenhos de publicidade. Sua parte subterrânea convive com redes de distribuição de água, esgoto, gás, escoamento pluvial e cabeamentos variados (fibra ótica, energia elétrica). É fundamental, então, que o espaço tridimensional seja considerado.

O planejamento da distribuição espacial das árvores na cidade tem por objetivo harmonizar o volume físico das plantas com a paisagem final, adicionada das edificações e demais elementos comuns às aglomerações humanas, de tal modo que haja uma perfeita integração. Nesse momento, é bom salientar que, por princípio, árvores e redes de utilidades têm os mesmos objetivos básicos: servir a população de forma a criar facilidades que levem a uma boa qualidade de vida; portanto, ambos são fundamentais. Sob esse aspecto, o espaço físico comum deve ser equitativamente distribuído, de forma a permitir uma convivência pacífica da árvore, ser vivo que necessita se adaptar ao meio, e às redes de utilidades, que são implantadas pelo homem segundo sua vontade e determinação e, por isso, mais susceptíveis de alteração de traçado, remanejamento e ampliações.

As características da espécie. A escolha das espécies passa pela sua adequação às condições ambientais naturais e às adversidades típicas da cidade. Ela se baseia nas condições ambientais do local de origem e na experiência acumulada ao longo do tempo sobre o seu comportamento na cidade. Além do aspecto estético, resistência às pragas e doenças e adaptação ao clima, devem ser observadas as seguintes características dendrológicas:

- Tamanho, lembrando que sempre que possível deve ser dada preferência ao plantio de espécies de maior porte, uma vez que elas proporcionam maior gama de benefícios. Somente quando não houver outra possibilidade, espécies de menor porte deverão ser as escolhidas.
- Caducidade da folhagem decorrente das condições climáticas, que tem implicações no entupimento de calhas e bueiros.
- Presença de perfumes intensos, capazes de nausear o ser humano.
- Existência de espinhos e toxicidade, capazes de causar danos à saúde, principalmente da população infantil.
- Sistema radicular, que quando pivotante e profundo é mais adequado às árvores plantadas em passeios, já que as espécies com raízes superficiais agressivas se reservam para plantios onde os espaços são maiores, como em parques, praças, canteiros separadores de pistas ou similares.
- Formato e dimensão da copa, que devem ser compatíveis com o espaço disponível, permitindo o livre trânsito de veículos e pedestres, evitando danos às fachadas e conflitos com a sinalização, iluminação e placas indicativas.
- Tamanho e características das flores e frutos, que quando grandes e espessos podem se tornar elementos que provocam acidentes.

O uso de espécies que produzem frutos comestíveis pelo ser humano ainda é tema controverso, mas assunto interessante de ser analisado. Os principais argumentos contra o uso de frutíferas são que as árvores não resistiriam à depredação, além da possibilidade de os frutos virem a causar problemas à saúde das pessoas se consumidos imaturos ou quando provenientes de áreas muito poluídas. Sanchotene (1989) recomenda o uso de frutíferas principalmente para a atração da fauna, mas também para a alimentação humana, argumentando que as críticas ao seu uso devam ser superadas mediante a conscientização da população. No Plano Diretor de Arborização de Vias Públicas produzido pela Prefeitura de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2000), os autores comentam que é possível ter frutíferas cultivadas na cidade em pequenos recantos protegidos, no interior de parques e praças e em zonas de menor fluxo

de veículos, onde elas poderiam receber o tratamento adequado. Manica (1997) concorda com essa posição e acrescenta que, se conduzido dessa forma, o programa de Arborização Urbana com frutíferas tende a ter maiores chances de êxito.

Quanto à origem prioritária de propágulos, a vegetação existente dentro da cidade e nos arredores deve ser considerada não somente pela sua comprovada adaptação ao local a arborizar, mas também pela possibilidade de preservar as espécies nativas da região dando-lhes uso. Mas também é possível, e muito comum, o uso de espécies exóticas como elementos da arborização.

Exóticas a uma região de referência são aquelas espécies que sofreram translocação de seu nicho natural para ambientes diferentes do seu hábitat de origem, como resultado da dispersão acidental ou intencional através de atividades humanas (SOLDERA, 2019). Atualmente, a relação entre espécies nativas e exóticas utilizadas principalmente na Arborização Urbana viária do Brasil tende a privilegiar o segundo grupo. Lorenzi (1992) acredita que mais de 80% das árvores cultivadas nas ruas das cidades brasileiras são da flora exótica. Segundo Pegoraro (1998), citado por Monico (2001), a vinda dos colonizadores e imigrantes europeus ao Brasil trouxe a introdução de espécies exóticas de animais e plantas ornamentais, sem interesse agrícola ou econômico, ou porque estabeleciam algum resquício de ligação entre os estrangeiros que aqui se radicaram e seus locais de origem ou por algum outro fator simbólico.

Essa não é uma característica exclusiva do Brasil. Pauleit et al. (2005) relatam que 167 espécies foram registradas em uma pesquisa na cidade de Colônia, Alemanha, e apenas 22 eram pertencentes à flora local. Os autores relatam, ainda, que, embora possa haver uma grande diversidade geral de espécies nas cidades da Europa central e noroeste, três a cinco gêneros geralmente representam mais de 50% do estoque geral de árvores de rua. Os gêneros mais populares são, tradicionalmente, *Tilia* e *Acer*.

Feliciano et al. (1992) acreditam que a arborização deva valorizar os critérios de caráter cultural, pessoal, histórico e conservacionista. Nesse sentido, as espécies nativas responderiam melhor às necessidades propostas para a arborização. Sanchotene (1989) relata que o uso de espécies nativas contribui para a preservação do equilíbrio biológico, diminuindo as chances de extinção de espécies da flora e fauna locais, que são elementos importantes nos ecossistemas naturais. A autora coloca, ainda, que o convívio da população, em especial de crianças e

adolescentes, com a flora e a fauna nativas da região induz as pessoas a valorizá-las e a preservá-las.

A origem das espécies para muitas das pretensões da arborização das cidades parece mais uma discussão conceitual do que propriamente prática. Há que se considerar que a cidade é a expressão máxima do exótico, e sob esse ponto de vista não se justifica a pura e simples exclusão do uso de espécies exóticas. Não faz muita diferença se a sombra, o efeito estético, as amenizações climáticas ou a redução da poluição atmosférica e até mesmo o fornecimento de alimento à fauna, entre outros benefícios consagrados da arborização, sejam alcançados por árvores nativas ou exóticas. Evidentemente que o uso de nativas deve ser incentivado, principalmente considerando os pontos de vista sociocultural e da conservação genética, mas o uso de espécies exóticas também não deve ser criticado pura e simplesmente de maneira vã.

Porém, a discussão passa a ser imperiosa quando é considerada a situação em que uma espécie exótica possa se tornar invasora. De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica, invasora é uma espécie introduzida que avança, sem assistência humana, e ameaça habitats naturais ou seminaturais fora do seu território de origem (SOLDERA, 2019). Todas as espécies que se tornam invasoras são altamente eficientes na competição por recursos, o que as leva a dominarem as espécies nativas originais. Possuem características, tais como baixa exigência ambiental, crescimento rápido, produção abundante de sementes, alta taxa de reprodução (tanto sexuada como assexuada), florescimento precoce, dispersão facilitada, alta plasticidade, tolerância a diferentes condições climáticas, floração e frutificação prolongadas e ausência de herbívoros ou competidores no meio (MELO-SILVA et al., 2014).

Segundo Costa e Durigan (2010), em regra, aceita-se que seja considerada como invasora uma espécie cuja população se expanda sobre ecossistemas nos quais não ocorre naturalmente, reduzindo a abundância ou deslocando espécies nativas, com a possibilidade, inclusive, de alterar o funcionamento do ecossistema natural, criando um ambiente relativamente homogêneo. Tais espécies têm sido consideradas como uma das principais causas de perda de biodiversidade em todo o mundo, ficando atrás apenas da destruição dos habitats, além de acarretarem sérios prejuízos econômicos.

Cabe ressaltar, porém, que as espécies exóticas podem se comportar como invasoras, mas nem toda espécie exótica é invasora (MELO-SILVA et al., 2014).

6. A Relação da Arborização Urbana com a Legislação

Sabadini Junior (2017), em um breve histórico do Direito Ambiental, faz alusão a um marco importante do século XVIII, a Revolução Industrial, que introduziu uma nova maneira de produção e consumo alterando as práticas comerciais até então vistas. Essas alterações geraram uma explosão demográfica nas cidades e, por conseguinte, a transformação das relações de consumo. Diante disso, o direito teve que se adaptar a essa nova situação, a fim de regular os impactos das relações sociais e comerciais e o trato com o meio ambiente natural. Conjuntamente, o desenvolvimento científico começou a confirmar hipóteses como o buraco na camada de ozônio e o efeito estufa, por exemplo. Em decorrência dessa sucessão de eventos e fatos, em 1972, a comunidade internacional aceita os termos da Declaração de Estocolmo sobre Meio Ambiente.

Ainda segundo Sabadini Junior (2017), a Declaração de Estocolmo começou a regular e exigir dos países-membros maior comprometimento com a preservação do meio ambiente. Por conseguinte, no Brasil, sobretudo na década de 1980, deu-se início à criação de inúmeras legislações que visavam à preservação ambiental, em que se destacam o até então ineditismo da Política Nacional do Meio Ambiente (1981), que pela primeira vez conceituou o meio ambiente no plano legislativo; a Lei que disciplina a Ação Civil Pública por danos causados ao meio ambiente e outros bens de valor artístico, paisagístico, estético e histórico, de 1985; e, com maior destaque, a Constituição Federal de 1988, que além de consagrar diversos institutos voltados para a proteção ambiental, dedica todo um capítulo à disciplina da relação do cidadão brasileiro com o meio.

Se por um lado não é possível perceber a Arborização Urbana integralizada em uma legislação específica, por outro é evidente a sua participação em zelar pelos objetivos buscados pela legislação ambiental criada até aquele momento, dada a sua importância socioambiental, hoje plenamente reconhecida.

Atualmente, diversos são os instrumentos legais incidentes sob a vegetação de forma direta ou indireta, nos âmbitos federal, estadual e municipal. Em regra, a União legisla sobre normas gerais, e os Estados têm competência para agregar e aperfeiçoar os aspectos necessários, assim como os Municípios, que têm competência para legislar sobre assuntos de interesse local, além de suplementar a legislação de âmbitos

superiores. A legislação federal caracteriza-se então como uma norma geral, devendo ser respeitada pelos estados e municípios, que somente podem aumentar as exigências, e não as diminuir. As normas são mais abstratas no nível federal e, à medida que os instrumentos são mais específicos, como no nível municipal, tendem a ser mais objetivos. Isso faz sentido se considerado que cada local tem suas características e suas particularidades, e seria difícil generalizar aplicações, principalmente em um país de grande extensão territorial e diversidade de contextos como o Brasil.

Ainda são poucos os municípios brasileiros que possuem legislação específica destinada à Arborização Urbana, e, além disso, muitos dos que possuem apresentam equívocos nos aspectos técnicos. Já em relação à vegetação nos lotes privados, grande parte dos municípios não possui qualquer regra ou incentivo (SCHVARSTZHAUPT; REIS, 2017). Mas, nos termos do artigo 66 do Código Civil, as árvores da cidade são bens públicos de uso comum do povo, estando à disposição da coletividade, o que implica na obrigação municipal de gestão, devendo o Poder Público local cuidar desses bens de forma a manter a sua condição de utilização (TOZZI, 2017).

Por se tratar, então, de uma atividade de ordem pública, imprescindível ao bem-estar e à qualidade de vida da população, cabe ao Poder Público municipal, em sua política de desenvolvimento urbano, entre outras atribuições, criar, preservar e proteger as áreas verdes urbanas mediante leis específicas, bem como regulamentar o sistema de arborização. Disciplinar a poda das árvores e criar viveiros municipais de mudas, por exemplo, estão entre as providências específicas nesse sentido (TOZZI, 2017).

Entretanto, muito além do trato específico do patrimônio vegetal, no âmbito municipal são vários os instrumentos de política de meio ambiente e urbanística, relacionados legalmente à Arborização Urbana, em que se destacam: a criação de espaços territoriais especialmente protegidos; o estabelecimento de parâmetros e padrões de qualidade ambiental; a avaliação de impacto ambiental; o licenciamento ambiental; os fundos de meio ambiente; a Educação Ambiental; os mecanismos de incentivos e benefícios para preservação e conservação dos recursos ambientais; e a fiscalização (VITÓRIA, 1997). Muitos desses instrumentos são aplicáveis de forma direta, outros influenciam a arborização de modo indireto, muitas vezes incentivando, mas outras vezes impondo condicionantes urbanísticas que podem restringir o estabelecimento das árvores.

Nos parágrafos seguintes, são apresentados alguns dos principais instrumentos legais associados ao manejo da Arborização Urbana no Brasil. O olhar atento torna evidente a interface da arborização com diversas outras ações desenvolvidas na cidade (ocupação e uso do solo) e com diversos agentes que interferem na sua condução (concessionárias de serviços, diferentes órgãos públicos internos e externos à municipalidade e instituições privadas).

6.1 Legislação nacional com repercussão na Arborização Urbana.

No âmbito nacional, existem leis fundamentais relacionadas às questões ambientais e ao parcelamento do solo urbano que delimitam ações referentes ao meio ambiente e ordenamento do território, embora nenhuma trate ou incorpore a Arborização Urbana como tema estruturante. Nespolo et al. (2020) realizaram um levantamento bibliográfico e documental que visou, dentro da legislação brasileira, identificar a existência de leis sobre Arborização Urbana. Com base nos dados coletados, os autores perceberam que as leis, mesmo não estando ligadas diretamente ao tema, dispõem sobre proteção e/ou preservação dos elementos arbóreos no solo urbano.

Como lembra Tozzi (2017), uma boa arborização é essencial à qualidade de vida nas cidades, e, nesse contexto, o direito brasileiro regulamenta mediante normas legais a proteção da vegetação, da qualidade do meio ambiente e do uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, buscando cidades mais sustentáveis, equilibradas e saudáveis para as gerações atuais e futuras.

Ainda de acordo com Tozzi (2017), um *bem jurídico* possui utilidade, material ou não, com valor econômico ou não, e é objeto de uma relação jurídica, ou seja, pode ser *objeto de direito*. Sendo um bem digno de tutela jurídica, é inegável que o meio ambiente urbano ecologicamente equilibrado, conforme disposto na Constituição Federal, também se enquadre nessa categoria de bem jurídico. Quando se fala em tutela jurídica do meio ambiente, a Arborização Urbana como parte integrante é considerada um bem jurídico e, portanto, destinatária de proteção do direito, sendo tutelada, de forma geral, pela Constituição Federal, pelo Estatuto da Cidade, pela Lei da Ação Civil Pública e pelo Código Florestal, entre outros e, de forma mais específica, pelas normas municipais que disciplinam técnicas de manejo e gestão associadas às árvores.

Nos parágrafos que se seguem, são relacionadas e suscintamente caracterizadas leis de amplitude nacional que têm influência sob a ar-

borização das cidades brasileiras e que, por essa razão, devem ser consideradas quando da sua gestão plena.

Constituição Federal. É a lei suprema do país, que tem entre seus objetivos fundamentais promover o bem de todos, sem discriminação. Em relação aos direitos sociais, a Constituição garante o direito à saúde, afirmando que é dever do Estado promover políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doenças e ao acesso às ações e aos serviços para a sua promoção, proteção e recuperação. Já no que diz respeito ao meio ambiente, o documento afirma que todos os cidadãos têm direito a um ambiente ecologicamente equilibrado, que é um bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Em que pese a Constituição Federal não ter expressamente consagrada nenhuma disposição acerca do direito à Arborização Urbana, cabe reconhecer que o texto constitucional, de maneira implícita, salvaguardou o tema. Trata-se, assim, de reconhecer que o direito atua em duplo aspecto: minora as consequências danosas dos espaços urbanos, sobretudo no que se refere à saúde, e propicia o estabelecimento de padrões de regulação ambiental, que interferem de forma significativa na qualidade de vida do homem que vive na cidade. Há que se reconhecer, ainda, que o direito à arborização em meio ambiente artificial materializa a realização do ser humano em sua ambiência contemporânea, posto que permite ao indivíduo usufruir de espaços e zonas verdes onde são desenvolvidas atividades de lazer e recreação (RANGEL, 2020).

De acordo com a Constituição, a política de desenvolvimento urbano deve ser executada pelo Poder Público municipal e ter por objetivo ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar dos habitantes. Dessa forma, entende-se que é na esfera municipal que ações mais concretas são promovidas, levando em consideração cada contexto específico, mas seguindo sempre as orientações da Carta Magna (SCHVARSTZHAUPT; REIS, 2017). Cabe ressaltar que a Constituição da República ainda fixa competência comum entre os entes federados para a proteção ao meio ambiente, o combate à poluição em qualquer de suas formas, bem como a preservação das florestas, da fauna e da flora, e dá competência dos municípios para o adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (MINISTÉRIO PÚBLICO, 2019).

Estatuto das cidades. É um instrumento que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana. O Estatuto disciplina a política urbana e define, dentre as suas diretrizes: a garantia do direito às cidades sustentáveis; a ordenação e o controle do uso do solo, a fim de evitar a poluição e a degradação ambiental; a adoção de padrões de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do município; e a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico, prevendo inclusive a utilização pela municipalidade de instrumentos legais para a criação de espaços de lazer e áreas verdes. O diploma assegura, ainda, que ampliações da área urbanizável só podem ocorrer mediante a definição de diretrizes e instrumentos específicos para a proteção ambiental e do patrimônio histórico e cultural (MINISTÉRIO PÚBLICO, 2019). Assim, embora a vegetação urbana não esteja explicitamente mencionada, ela se enquadra nos quesitos listados anteriormente (SCHVARSTZHAUPT; REIS, 2017).

O Estatuto especifica, ainda, que o Plano Diretor da cidade inclua a identificação e as diretrizes para a preservação das áreas verdes municipais, com vistas à redução da impermeabilização do solo. Essas diretrizes devem ser nele contempladas, uma vez que é esse o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, constituindo-se parte integrante do processo de planejamento municipal, de modo a assegurar o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida (MINISTÉRIO PÚBLICO, 2019).

Portanto, a obrigatoriedade de elaboração do Plano Diretor atribui aos municípios a responsabilidade pelo ordenamento de seus territórios e, conseqüentemente, dos elementos nele presentes, inclusive as árvores do solo urbano. Nesse sentido, além do Plano Diretor que abrange todo o território, para facilitar a organização por setores, os municípios podem elaborar Planos Diretores setoriais voltados para diferentes temáticas do ordenamento territorial, tais como Planos Diretores de Gestão das Águas, Resíduos Sólidos, Qualidade do Ar, entre outros, inclusive o Plano Diretor de Arborização Urbana (NESPOLO et al., 2020).

Por fim, é importante lembrar que é no Estatuto das Cidades que está previsto que os empreendimentos e atividades urbanos, privados ou públicos, dependerão de elaboração de Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento. O EIV deve ser executado de forma a con-

templar a análise dos efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade na qualidade de vida da população residente na área e em suas proximidades. Registra-se que o EIV não substitui a elaboração e a aprovação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), requerido nos termos da legislação ambiental (OLIVEIRA, 2001).

Lei da Ação Civil Pública. Conforme Riz (2017), a Ação Civil Pública pode ser entendida como um instrumento processual disponível para a defesa dos interesses metaindividuais relativos ao meio ambiente, bens e direitos de valor histórico, turístico, artístico, estético, paisagístico e, mais recentemente, também dos interesses de pessoas com deficiência, investidores do mercado de capitais e direitos fundamentais das crianças e dos adolescentes. Assim, a Ação Civil Pública ampara não exclusivamente um indivíduo, mas toda a coletividade.

A lei que disciplina a Ação Civil Pública (BRASIL, 1985) entrou em vigor para tutelar os direitos difusos e coletivos; dentre esses, a proteção do meio ambiente, que até então contava apenas com a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual no contexto da responsabilidade civil era a única que vinha ao encontro da proteção dos ecossistemas e da natureza. Com o tempo, os direitos metaindividuais passaram a ter cada vez mais espaço dentro do ordenamento jurídico, e tanto a Ação Civil Pública quanto o Direito Ambiental foram recepcionados pela Constituição Federal de 1988 (BURGONOV, 2009).

A Constituição abriu espaços à participação da população na preservação e na defesa ambiental quando impôs à coletividade o dever de defender o meio ambiente. A Lei da Ação Civil Pública determinou que cabe ao Ministério Público, por meio das Promotorias de Justiça, impetrar a ação. A Lei também dotou o Ministério Público da possibilidade de instaurar inquérito civil e concedeu a essa instituição novas prerrogativas de investigação civil (BARRETO, 2020).

A Ação Civil Pública é considerada, dentro do ordenamento jurídico brasileiro, um excepcional instrumento de proteção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, operacionalizando as condutas protetivas através do Inquérito Civil, do Termo de Ajustamento de Conduta e dos objetos previstos na lei (BURGONOV, 2009). Barreto (2020) a considera um instrumento processual adequado para reprimir ou impedir danos ao meio ambiente, enquanto se baseia no princípio da prevenção ou precaução, previsto e já consagrado no direito ambiental brasileiro.

Código Florestal. Determina que as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação reconhecidas de utilidade às terras que revestem, independentemente de estarem situadas em área rural ou urbana, são bens de interesse comum a todos os habitantes do país, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações legais. Foi criado para promover a conservação das florestas e dos ecossistemas naturais, visando garantir as condições ambientais básicas que sustentam a vida. As ações ou omissões contrárias às disposições do Código são consideradas uso nocivo da propriedade.

Essa lei define como de preservação permanente, entre outras, a cobertura vegetal situada ao longo dos cursos e corpos d'água, das nascentes, nos topos de morros, montes, montanhas e serras e nas encostas íngremes. O Código também determina como atribuição do Poder Público a criação de unidades de conservação e exige a sua autorização para a exploração de florestas e de formações sucessórias, tanto de domínio público como privado. Dá competência de fiscalização aos municípios nas áreas urbanas, incentivando a descentralização administrativa. Também, diretamente relacionado à Arborização Urbana, está o fato de o Código Florestal constituir contravenções penais os atos de cortar árvores em florestas de preservação permanente, causar danos às unidades de conservação, matar, lesar ou maltratar plantas de ornamentação de logradouros públicos ou em propriedade alheia, entre outras.

Política Nacional do Meio Ambiente. É a legislação que define os mecanismos e instrumentos de proteção do meio ambiente no Brasil visando à preservação, à melhoria e à recuperação da qualidade ambiental. Para isso, considera o meio ambiente como um patrimônio público a ser assegurado e protegido para o uso coletivo. Entre os seus objetivos, estão: compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com a preservação do meio ambiente; definir áreas prioritárias de ação governamental; e estabelecer critérios e padrões de qualidade ambiental e de manejo dos recursos ambientais. Essa Política prevê, ainda, que a responsabilidade pela proteção e melhoria da qualidade ambiental é da União, dos Estados e dos Municípios, que constituem o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA (EBBSEN, 2020).

Dessa forma, a estrutura básica do sistema de gestão ambiental no país é composta por órgãos colegiados, secretariados por órgãos executivos, cuja atuação tem por base os instrumentos específicos de gerenciamento do ambiente. São órgãos colegiados o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), os Conselhos Estaduais de Política Ambien-

tal (COPAMs) e os Conselhos Municipais de Meio Ambiente (COMAMs e CODEMAs). Aos órgãos executivos, cabe promover o tratamento dos temas e preparar os processos a serem deliberados e decididos no âmbito do colegiado competente. Os instrumentos de gestão são os meios legais ou jurídicos, administrativos e educacionais corretivos (fiscalização), preventivos (licenciamento, outorga de uso da água) e proativos (gestão de bacias, zoneamento, enquadramento de rios, normatização, educação, comunicação) (BRASIL, 1981). Qualquer tratamento legal dado à Arborização Urbana deve se encaixar dentro desse Sistema, baseando-se nas suas diretrizes e formas de organização estrutural.

Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). É o conjunto de unidades de conservação (UCs) federais, estaduais e municipais. O SNUC foi concebido para potencializar o papel das UCs, de modo que sejam planejadas e administradas de forma integrada, assegurando que amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas estejam adequadamente representadas no território nacional. Para isso, o SNUC é gerido pelas três esferas de governo e busca a proteção de diferentes ecossistemas mediante a participação da comunidade interessada, a sustentabilidade econômica e a autonomia administrativa e financeira das UCs (BRASIL, 2020). O escopo do Sistema está diretamente relacionado à Arborização Urbana em seu componente formado pelas áreas verdes, em particular os parques municipais. Dessa forma, a administração das UCs municipais deve seguir os princípios básicos determinados pela legislação que rege o SNUC.

Lei de Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Essa lei trata de punições severas e incorpora métodos e possibilidades da não aplicação das penas, desde que o infrator recupere o dano ou, de outra forma, pague sua dívida com a sociedade. Consolida a legislação ambiental, uniformizando as penas e definindo as infrações. Define a responsabilidade da pessoa jurídica, podendo esta sofrer liquidação forçada e transferência de seu patrimônio para o Estado. O desmatamento não autorizado é considerado crime sujeito a pesadas multas. Funcionário de órgão ambiental que fizer afirmação falsa ou enganosa, omitir a verdade, sonegar informações ou dados em procedimentos de autorização ou licenciamento ambiental, também pode ser punido (BRASIL, 1998).

A Lei de Crimes Ambientais explicita destruição, dano, lesão e maus tratos às plantas de ornamentação (arborização viária e de áreas verdes públicas) como crimes passíveis de punição e até de prisão. Para Constantino (2005), citado por Tozzi (2017), o objeto jurídico do delito nesse caso seria o equilíbrio ecológico advindo da necessária preservação da flora, especialmente das plantas ornamentais existentes em logradouros públicos ou em propriedades privadas alheias. Aqui não se proíbe o corte ou a poda, mas se exige a devida autorização do órgão público competente nas situações em que se coloca em perigo a incolumidade pública ou em casos previstos por lei, tais como em terreno a ser edificado, quando o corte for indispensável à realização da obra; quando o estado sanitário da árvore justificar; quando a árvore ou parte desta apresentar risco iminente de queda; nos casos em que a árvore esteja causando comprováveis danos permanentes ao patrimônio público ou privado; nos casos em que a árvore constitua obstáculo fisicamente incontornável ao acesso de veículos; ou quando se tratar de espécie invasora, com propagação prejudicial comprovada.

Política Nacional de Educação Ambiental. Sob as regras da Constituição Federal Brasileira, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). De acordo com as suas premissas, a Educação Ambiental é entendida como os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. A PNEA reconhece a Educação Ambiental como um direito de todos, impondo responsabilidades ao Poder Público, às instituições educativas, aos órgãos do SISNAMA, aos meios de comunicação em massa, às instituições públicas e privadas e à sociedade em geral (BRASIL, 1999).

A Educação Ambiental passa a ser um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal. Também, a Educação Ambiental mostra-se como um processo participativo, onde o educando assume um papel de elemento central do ensino-aprendizagem, participando de forma ativa no diagnóstico dos problemas ambientais e busca de soluções, sendo preparado como agente transformador, por meio do desenvolvimento de habilidades e formação de atitudes, através de uma conduta ética, condizente com o exercício da cidadania (AZEVEDO, 2017).

A Política Nacional de Educação Ambiental preconiza quatro linhas de atuação inter-relacionadas: capacitação de recursos humanos; desenvolvimento de estudos, pesquisas e experimentações; produção e divulgação de material educativo; e acompanhamento e avaliação. Dessa forma, a PNEA funda orientações políticas e pedagógicas para a Educação Ambiental e, assim, encaminha conceitos, princípios e objetivos que podem ser tomados como ferramentas de ensino para as instituições escolares. Ela é entendida como instrumento voltado à construção de sociedades sustentáveis, e sua apropriação crítica é uma maneira de promover educação política e de exercício da cidadania (VIANA et al., 2016).

A Educação Ambiental assume a identidade de um processo destinado a desenvolver uma população consciente e preocupada com o ambiente total e seus problemas. Se o foco é o desenvolvimento sustentável, ela busca incentivar mudanças de comportamento que criarão um futuro mais sustentável em termos de integridade ambiental, viabilidade econômica e uma sociedade justa. Isso sugere a necessidade de abordagens educacionais que ocorram no contexto das comunidades, inclusive nas cidades, a fim de promover melhor a aprendizagem dos processos sociais e ecológicos (TIDBALL; KRASNY, 2010).

De acordo com Kudryavtsev e Krasny (2012), o termo “Educação Ambiental Urbana”, ainda sem uma definição consagrada na literatura, surgiu depois que os educadores perceberam que a Educação Ambiental deve incluir ambientes urbanos e chegar aos moradores da cidade. Já Kudryavtsev (2014) identifica a Educação Ambiental Urbana como um subcampo da Educação Ambiental, cujos programas concentram-se na liderança ambiental da comunidade, desenvolvimento positivo dos jovens, preservação da natureza urbana, restauração ambiental urbana, infraestrutura verde, planejamento urbano sustentável, empregos verdes, arte ambiental, agricultura urbana e justiça ambiental. Apesar da diversidade de tais programas, a maioria contribui para a integridade ambiental e o bem-estar humano nas cidades.

Assim, a Educação Ambiental Urbana estaria menos relacionada às práticas de educação implantadas em áreas geograficamente urbanas, mas mais próxima das práticas que têm um significado especial para os cidadãos urbanos no contexto de suas vidas diárias. Ela traduz uma educação baseada em visões de meio ambiente como o local onde se mora, onde se trabalha, onde se brinca e onde se aprende.

Para Astbury (2014), a Educação Ambiental Urbana emerge como uma abordagem distintamente diferente. É sobre os alunos fazendo

coisas transformadoras em seus próprios habitats e aprendendo por meio da prática. À medida que mais e mais pessoas moram nas cidades, dentro de ecossistemas dominados por humanos (sistemas socioecológicos), distúrbios ecológicos são potencializados, e crescem os desafios na manutenção dos meios de subsistência humanos. O contexto de aprender como restaurar o funcionamento do ecossistema em apoio à saúde e ao bem-estar humano envolve não propriamente conservar e proteger a natureza, mas colaborar com a natureza.

Dessa forma, o objetivo da Educação Ambiental Urbana deve ser o desenvolvimento de uma perspectiva sistêmica, capacidade adaptativa e capital social. É uma forma de educação fundamentada no local, que ocorre em grande parte através do processo de ação coletiva e produz transformações socioecológicas positivas, que, por sua vez, capacitam os participantes, inspiram esperança e envolvem os outros (ASTBURY, 2014).

De acordo com Russell (2014), a *Tree People*, uma organização ambiental sem fins lucrativos de Los Angeles, EUA, dissemina o lema: “Árvores precisam de pessoas, pessoas precisam de árvores”. Ele parte do pressuposto de que as pessoas não podem ter a visão única de que as árvores podem lhes proporcionar benefícios, mas que elas, as pessoas, têm sua contribuição a dar para que isso de fato ocorra. Principalmente jovens são chamados a resolver as críticas questões ambientais contemporâneas, uma vez que arcarão com o ônus se não puderem e não entenderem o que está em jogo. É a urgência em torno do movimento de combinar a educação tradicional com uma compreensão mais profunda dos problemas e soluções ambientais.

Considerando tudo o que foi exposto, se a Arborização Urbana atende os requisitos básicos como promotora de um ambiente urbano mais saudável e de um desenvolvimento sustentável, então, a Educação Ambiental se mostra excelente para dar foco e conhecimento a um número cada vez maior de pessoas, sobre o significado de cultivar árvores nas cidades.

Corroborando essa tese, Monico (2001) coloca a Arborização como um tema, e a Educação Ambiental como uma ferramenta. Juntos, tema e ferramenta são possibilidades de transformação, portas de entrada para o resgate de sensibilidades e de mitos perdidos ou esquecidos na história. Trabalhar com o tema «árvore» seria defrontar-se com um leque de infinitas possibilidades de abordagens, pois o sentido da relação entre seres humanos e essas plantas é profundamente simbólico e espiritual.

No entanto, a autora faz o contraponto de que as abordagens técnicas têm prevalecido soberanas nos processos de planejamento e gerenciamento da arborização de cidades. Aos políticos, engenheiros e técnicos responsáveis por sua condução, muitas vezes falta um olhar mais filosófico sobre a questão. Como esperar da população sentimentos de reverência, respeito, tolerância e afeto por seres que são lançados pela cidade como se fossem postes, arrancados e trocados como elementos supérfluos, podados e negligenciados como seres inconvenientes e destituídos de vida? É preciso que haja entre as equipes responsáveis pela arborização um comprometimento verdadeiro. Seus conceitos técnicos precisam ser amparados por uma visão afetiva e amorosa sobre elas.

Portanto, pensar em uma Educação Ambiental provocadora de mudanças transformadoras é pensar que essa educação deve, antes de tudo, atingir aqueles que são responsáveis, técnica e politicamente, uma vez que é impossível ensinar somente através da teoria, é preciso dar exemplos. Desse modo, a realização de projetos educativos sobre arborização deve ser pensada como um processo abrangente, que considere as motivações, crenças, conceitos e valores de todos os envolvidos no seu gerenciamento. Somente a partir daí o processo deve atingir a população que se pretende despertar (MONICO, 2001).

Tombamento de árvores individuais ou em conjuntos. De acordo com Miranda (2017), além das produções humanas, o patrimônio cultural pode abranger bens naturais que, pela sua inter-relação com os homens, reúnem caracteres que os destacam como elementos de relevo para uma determinada comunidade. Nesse sentido, as árvores podem ser protegidas como patrimônio cultural quando detentoras de atributos especiais. Para proteger juridicamente uma árvore de valor cultural e evitar o seu corte ou mutilação, um dos instrumentos clássicos passíveis de utilização é o tombamento, que consiste em um procedimento administrativo capaz de conferir ao bem protegido a condição de imodificabilidade de sua essência e a vedação de alterações negativas em seu entorno.

A palavra *tombamento* tem origem portuguesa. Significa fazer um registro do patrimônio de alguém em livros específicos em um órgão de Estado que cumpre tal função. Do ponto de vista jurídico, trata-se da forma de intervenção do Estado, em que o Poder Público restringirá os direitos de uso, gozo e usufruto do titular sobre sua propriedade de maneira permanente, uma vez que haja interesse público sobre ela, em

virtude de valor cultural, histórico, arqueológico, artístico, turístico ou paisagístico, podendo o bem ser material ou imaterial (GONÇALVES JUNIOR, 2008).

Dessa forma, a previsão legal permite, por meio de ato administrativo emanado de qualquer dos entes federativos, efetivar a preservação de espécimes arbóreos, em conjunto ou separadamente, em razão de seus atributos de localização (existência em região estratégica sob a ótica paisagística ou ambiental, locais pouco comuns), raridade (antiguidade, dimensões, risco de desaparecimento), beleza (porte, feições especiais, características ornamentais) ou condição de porta-sementes (árvore rara ou necessária à proliferação da espécie mediante a produção de sementes), constituindo uma forma de acautelamento e preservação de bens culturais (nesse caso, um bem originariamente natural que recebe uma especial valoração humana em decorrência de atributos especiais) em concordância com os mandamentos constitucionais sobre o tema (MIRANDA, 2017).

Mas, além do tombamento conduzido nas formas administrativas pelo Poder Executivo, a atividade legislativa também pode ser utilizada para a proteção de árvores, assim como a via judicial, que pode reconhecer o valor cultural e impedir a supressão de árvores detentoras de valor cultural, seja por meio de ação popular, seja por meio de ação civil pública, pois tais instrumentos não criam, apenas declaram um valor cultural necessariamente preexistente (MIRANDA, 2017).

A supressão de árvore declarada imune de corte em razão de seu valor cultural ou paisagístico, por instrumentos de natureza administrativa, legislativa ou judicial, ou a realização de atividades danosas em seu entorno, em desconformidade com as diretrizes normativas, são condutas que encontram reprovação na Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998).

6.2. Legislação local com repercussão na Arborização Urbana. Com a obrigatoriedade da elaboração de Planos Diretores em nível local, os municípios brasileiros incorporaram na sua agenda política orientações de acordos internacionais sob o paradigma do desenvolvimento sustentável. Todavia, a efetividade da agenda política ambiental depende, em parte, dos limites até onde se atendem também as demais exigências obrigatoriamente urbanas (OTTISTCH; KROTT, 2005, citados por MACEDO, 2018). Nesse sentido, são vários os instrumentos conduzidos no âmbito do município que incorporaram as diretrizes das leis maiores e que, de forma direta ou indireta, esbarram na conduta orientadora da

possibilidade de implantação plena da Arborização Urbana. A seguir, são descritos alguns desses instrumentos legais que se entendem e que têm estreita ligação com o trato da vegetação ocorrente nas cidades.

Plano Diretor da Cidade. Como citado anteriormente, é o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano sob o aspecto físico, social, econômico e administrativo. Entre os seus objetivos, estão a preservação, a proteção e a recuperação do meio ambiente municipal. A qualidade de vida também é preocupação do Plano e de suas leis complementares. Entre suas diretrizes, de uma forma geral, encontram-se: a identificação de áreas verdes potenciais; a viabilização de arborização de logradouros públicos; a garantia da preservação da cobertura vegetal de áreas particulares; a recuperação e a manutenção das áreas verdes com a criação de UCs; e a priorização da Educação Ambiental. Nas diretrizes de legislação tributária, podem ser previstos mecanismos compensatórios da limitação de ocupação e uso do solo nas áreas de preservação ambiental, mediante a redução de alíquotas dos tributos.

Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo. Representa a materialização das relações socioeconômicas vigentes nas cidades em função de condicionantes ambientais, legais e de características de infraestrutura instalada. Dessa forma, políticas urbanas de mobilidade, saneamento básico, aproveitamento dos recursos hídricos, preservação ambiental, habitação, rede de saúde, segurança, desenvolvimento socioeconômico, entre outras, produzem repercussões diretas no território e, por isso, têm na regulação do uso e da ocupação do solo um de seus principais instrumentos. Essa lei fundamenta-se no Plano Diretor como instrumento técnico-jurídico precípua da gestão do espaço urbano (MINAS GERAIS, 2020).

É a lei que estabelece as normas e condições para o parcelamento do solo, para as obras de edificações no que se refere aos parâmetros urbanísticos e para a localização de usos e o funcionamento de atividades. O parcelamento observa a legislação federal que impõe a obrigação de reservar espaços livres de uso público. A origem de grande parte do estoque público de áreas livres, muitas delas cobertas pela arborização, está ligada ao processo de parcelamento do solo. Em algumas cidades, o parcelamento não somente determina a necessidade de destinação de parte da gleba da área parcelada à função de área verde, mas também obriga ao empreendedor a sua efetiva implantação, com todas as benfeitorias.

Os códigos de obras e posturas (definição de afastamento obrigatório, marquises, rebaixamento para acesso à garagem, largura do passeio, entre outros) complementam os parâmetros que norteiam a possibilidade ou não de implantação da Arborização Urbana.

Uma prática crescente nas cidades brasileiras é a obrigação de plantios associados às novas edificações e ao parcelamento do solo, em que, por meio de instrumentos legais específicos, os proprietários de terrenos destinados às construções são obrigados a arcarem com o plantio e a manutenção de árvores nas calçadas defronte à sua obra. A outorga de “baixa e habite-se” fica condicionada à comprovação do plantio ou da preservação de árvores previamente estabelecidas. Esse procedimento pode ser considerado um dos mais eficientes na ampliação da arborização de vias públicas, com a grande vantagem de ser um sistema que distribui as árvores por toda a cidade, principalmente em bairros novos onde a arborização ainda é deficiente.

Já a aprovação de parcelamento do solo pode ser condicionada à implantação de arborização ao longo das novas vias públicas, observadas as normas técnicas específicas. Essa obrigação legal identifica a Arborização Urbana como um serviço a ser incluído no parcelamento do solo da mesma forma que a abertura e a pavimentação de vias e a instalação de rede elétrica, de água e de esgoto. Dessa forma, a arborização é entendida como de mesmo nível dos demais itens da infraestrutura básica necessária ao procedimento de parcelamento do solo.

Lei Ambiental do Município. Dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e de melhoria da qualidade de vida no município. Ela deve trazer em seu escopo parâmetros que definam a condução legal das intervenções na vegetação que recobre o município, abrangendo, nesse contexto, a Arborização Urbana. A sua promulgação pode ser complementada por diversos outros instrumentos legais que se sucedem, tais como a regulamentação do controle de podas, transplantios e supressões de árvores, tanto em área pública quanto privada, assim como o plantio em área pública.

A Lei Ambiental do Município induz à profissionalização do trato da Arborização Urbana, uma vez que, para gerenciar todo o procedimento administrativo do controle das autorizações e licenciamentos para intervenções na arborização, o município necessita manter um quadro de profissionais habilitados, que realizam vistorias técnicas e emitem pareceres. Para o acompanhamento daqueles casos que ocorreram à revelia da lei, precisa dispor de fiscais especializados.

Nos casos específicos em que o número de árvores a serem suprimidas de uma única vez é maior ou naqueles em que existam outros impactos ambientais relevantes associados à perda da arborização, o tratamento dado ao caso pode tomar contornos de licenciamento ambiental. Também nesse caso, a legislação deve garantir a competência do acompanhamento administrativo por parte do município. Dentro do licenciamento, as árvores sempre têm destaque especial, sendo um dos principais fatores que impõem limites aos empreendimentos e um dos que mais geram compensações ambientais. Muitas das condicionantes impostas pelo licenciamento implicam novos plantios ou implantação e manutenção de áreas verdes.

Transferência do Direito de Construir. Compreende a faculdade conferida por lei municipal ao proprietário de imóvel de exercer em outro local o seu direito de construir previsto nas normas urbanísticas, mas ainda não exercido. Trata-se de um instrumento que traz flexibilidade na aplicação da legislação urbanística e na gestão urbana, tendo inúmeras aplicações, como, por exemplo, a preservação de imóveis de interesse histórico, operações urbanas ou proteção ambiental. O direito de transferência previsto no Plano Diretor ou em legislação urbanística dele decorrente só pode ser aplicado quando o referido imóvel for considerado necessário para fins de: a) implantação de equipamentos urbanos e comunitários; b) preservação, quando o imóvel for considerado de interesse histórico, ambiental, paisagístico, social ou cultural; e c) servir a programas de regularização fundiária, urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda e habitação de interesse social (OLIVEIRA, 2001).

Instrumento de política urbana de origem francesa, pode ser entendido como a possibilidade legal que detêm os proprietários de certos bens imóveis, sobre os quais recaia alguma espécie de restrição administrativa de natureza urbanística, de utilizar em outra área do perímetro urbano o potencial construtivo definido na Lei de Zoneamento e Uso do Solo não aproveitado no local (ARAÚJO, s.d.). Então, a Transferência do Direito de Construir pode ser aplicada, por exemplo, nos casos em que a delimitação da área de preservação ambiental de um terreno impedir, dificultar em demasia ou inviabilizar a ocupação de uma maneira plena em relação às regras urbanísticas estabelecidas (SILVA, 1992).

A concepção é basicamente a de uma operação de débito e crédito entre particulares. O potencial construtivo passível de transferência, que é o potencial que não tenha sido utilizado em função da preserva-

ção desejada, é debitado do potencial do imóvel cedente e creditado no potencial do imóvel cessionário. Se os dois imóveis não pertencem a um mesmo proprietário, pressupõe-se que o cessionário pague ao cedente por essa transferência do direito de construir. A transferência é convertida em um valor de referência com base no valor venal do imóvel, e ele pode ser vendido como se fosse um terreno mediante averbação em cartório de registro de imóveis (SILVA, 1992).

Ainda pouco utilizada no Brasil, os desafios mais importantes para a popularização dessa ferramenta se relacionam à mudança da concepção de que o potencial construtivo seja definido somente pela possibilidade de adensamento, e não como estratégia de viabilização da preservação, e pela capacitação de informação e estruturação administrativa apropriada para a sua aplicação (ARAÚJO, s.d.).

Operação Urbana. As Operações Urbanas consorciadas referem-se a um conjunto de intervenções e medidas, coordenadas pelo Poder Público municipal, com a finalidade de preservação, recuperação ou transformação de áreas urbanas, contando com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados. O objetivo é alcançar, em determinada área, transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e valorização ambiental. A lei específica de aprovação do instrumento deve conter: o plano da operação definindo a área a ser atingida com programa básico de sua ocupação; a previsão de um programa de atendimento econômico e social para a população diretamente afetada pela operação; as finalidades da operação; um estudo prévio de impacto de vizinhança; a contrapartida exigida dos proprietários, usuários permanentes e investidores privados em função da utilização dos benefícios previstos na lei; e a forma de controle da operação, obrigatoriamente compartilhada com representação da sociedade civil (OLIVEIRA, 2001).

É um instrumento voltado para viabilizar projetos urbanos de interesse público, articulados com a qualificação dos modelos de ocupação e uso de imóveis no município, que prevê intervenções e medidas coordenadas pelo Executivo, com a participação de agentes públicos e da sociedade. Pode ocorrer em qualquer área do município mediante aprovação por lei específica e pode estabelecer regras específicas de parcelamento, ocupação, uso do solo e do subsolo, edificações e de posturas, considerando o impacto ambiental, as melhorias estruturantes e a qualificação das unidades de vizinhança objetos da aplicação do instrumento (BELO HORIZONTE, 2019).

Cada operação deve estabelecer os incentivos fiscais e os outros mecanismos compensatórios previstos em lei para as entidades da iniciativa privada que participem do projeto ou para aqueles que por ele sejam prejudicados. O potencial construtivo das áreas privadas passadas para o domínio público pode ser transferido para outro local determinado pela lei, situado dentro ou fora do perímetro da intervenção. Os demais parâmetros urbanísticos e a permissividade de usos específicos podem ser definidos na lei de criação da operação. Tem particular importância para a Arborização Urbana quando utilizada em intervenções urbanísticas destinadas à proteção ambiental.

Deliberações Normativas do Conselho de Meio Ambiente. Estabelecem normas e padrões de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, observadas as demais legislações vigentes. Definem terminologias e procedimentos para podas, transplantios, plantios e tratamentos de áreas destinadas ao estabelecimento de UCs, entre outros. É a forma mais rápida e prática de constituir uma base legal de ação sobre a arborização, uma vez que não necessita de longo trâmite pelo Poder Legislativo e nem mesmo pelo Executivo. Também pode ser revista e aperfeiçoada a qualquer tempo no âmbito do próprio Conselho.

Reposição Ambiental. É o nome dado ao instrumento legal de que dispõe o Poder Público para exigir a reparação de danos provocados às diversas formas de vegetação existentes no município, consideradas como relevantes para o solo que revestem. Nos casos de supressão autorizada de árvores ou danos à cobertura vegetal, deve-se proceder a uma reposição no próprio local ou próximo deste. Na impossibilidade dessa reposição, o responsável pela degradação deve fornecer à municipalidade um número predeterminado de mudas ou insumos (equipamentos, plantas ornamentais, desenvolvimento de projetos ou serviços) em função do porte, espécie ou características próprias dos espécimes suprimidos. A reposição ambiental também pode ser direcionada para efetuar reformas ou implantar áreas verdes, principalmente nos casos de grandes empreendimentos, nos quais o dano ambiental associado é maior.

A reposição ambiental não é o procedimento mais desejável na condução da arborização da cidade, uma vez que toda reposição implica, necessariamente, uma prévia degradação ambiental. Entretanto, a reposição funciona como uma medida de compensação, mesmo que parcial, da perda da cobertura vegetal da cidade.

Quando o corte de árvores é feito sem autorização ou quando a reposição não é cumprida, o Poder Público deve aplicar penalidades ou não emitir liberações para “baixa e habite-se” ou licenças para operação enquanto as obrigações do infrator não se concretizarem.

Convênios. Outra proposta legal de destaque é a celebração de convênios que permitam a liberação para que determinados órgãos e empresas executem intervenções de seu interesse em árvores, mediante o monitoramento próximo do município. Entre os convênios mais comuns, estão aqueles pactuados com as companhias energéticas e com os órgãos que administram o trânsito das cidades. A primeira requer a necessidade contínua de podas e supressões para permitir a convivência entre as redes de energia e as árvores. A segunda realiza podas com fins de desobstruir a sinalização de trânsito.

Os convênios com as companhias energéticas visam proporcionar a amenização de diversos conflitos, principalmente relacionados à opinião pública, que raramente vê com bons olhos as podas necessárias a impedir danos à rede elétrica. O convênio deve buscar não somente repassar às companhias a atribuição de executar as intervenções como também prever a busca de soluções tecnológicas e práticas mais adequadas ao convívio árvore/rede. A relação entre as prefeituras e as concessionárias também deve se pautar na realização de trabalhos conjuntos. Atividades que são comuns a ambos dizem respeito à avaliação de risco associado às árvores, definição de substituições de árvores problemáticas, substituições de redes de energia ou equipamentos de iluminação. São necessários encontros constantes para a resolução de problemas específicos, canais abertos para a expressão das opiniões e pontos de vista da prefeitura e da concessionária em relação ao manejo da arborização.

Fundos de Meio Ambiente. Têm por objetivo fomentar projetos que visem ao uso racional e sustentável de recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental no sentido de elevar a qualidade de vida da população. Podem constituir recursos do fundo: dotações orçamentárias do Poder Público, doações e recursos oriundos da aplicação de multas. A destinação dos recursos pode ser direcionada para aplicação nas áreas de unidades de conservação, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, Educação Ambiental, manejo e extensão florestal, desenvolvimento institucional, controle ambiental e aproveitamento econômico racional e sustentável da flora e fauna nativas.

Legislação complementar. São disposições de plantios de frutíferas, declarações de árvores-símbolos, disposições sobre o destino de resíduos de manutenção da arborização, proibição de caiação de troncos de árvores ou outras mais específicas. São instrumentos legais que têm objetivos bem particulares e procuram resolver problemas específicos.

Plano de Manejo da Arborização Urbana. O capítulo “Planejamento da Arborização Urbana” trata em detalhes dos parâmetros técnicos que devem ser abordados e incorporados em um plano de gestão da Arborização Urbana. Nesse momento, o que se pretende é ressaltar sua importância enquanto linha mestra de toda a gestão da arborização, e, por esse motivo, é imperativa a necessidade do seu respaldo legal.

A princípio, o Plano é um documento elaborado de forma a construir uma metodologia de arborização que atenda aos requisitos desejados e que ao mesmo tempo minimize os inconvenientes por ela gerados. Normalmente, é designado genericamente de *Plano Diretor da Arborização Urbana*, título este já bastante desgastado pelo apelo mais político do que efetivamente prático. Talvez os nomes mais apropriados sejam: *Plano de Manejo* ou *Master Plano da Arborização Urbana*.

Independentemente do nome, o Plano pode ser definido como a ferramenta adequada para assegurar que as políticas urbanas relacionadas à arborização sejam implantadas de forma consistente e eficaz, com base nos resultados de um inventário e na determinação do nível de gestão e orçamento disponível, que deve ser usado como um recurso pelo Município, pela comunidade e por todas as partes interessadas. O Plano deve ajudar todos os usuários a entender melhor as muitas políticas, práticas e padrões que direta e indiretamente se relacionam e influenciam a arborização da cidade. Por fim, ele também deve fornecer uma estrutura para o monitoramento do programa de gestão e da própria arborização em longo prazo. Sua perspectiva é alcançar uma Arborização Urbana saudável, diversificada, resiliente e sempre crescente, que sustente bairros vibrantes e promova a saúde e o bem-estar de forma equitativa para todos os residentes e visitantes da cidade (OTAWA, 2017). O Plano deve possibilitar a tomada de decisões sobre quaisquer aspectos relacionados à Arborização Urbana, seja ela pública ou privada, em áreas verdes ou vias, de ocorrência natural ou implantada.

Do ponto de vista prático, o Plano pode ser considerado como um *instrumento de desenvolvimento urbano*, em que a arborização é utilizada para revitalizar pontos de encontro e áreas degradadas, incentivar eventos culturais, integrar as árvores com monumentos e prédios histó-

ricos e tornar a cidade mais atrativa ao turismo. Enquanto *instrumento de equilíbrio ambiental*, a arborização deve diversificar o número de espécies utilizadas, utilizar somente espécies nativas em áreas ambientalmente sensíveis e estabelecer corredores verdes. Se considerado como *instrumento de monitoramento da arborização*, o Plano deve estabelecer um cronograma integrado de plantio com obras estruturais da cidade, adotar medidas que compatibilizem a manutenção de redes de utilidades com a arborização, organizar ações, dados e documentos referentes à arborização (OLÍMPIA, 2016).

Dada sua importância em propor orientações estratégicas e técnicas necessárias para alcançar a sustentabilidade da arborização em longo prazo, no Plano deve constar a forma de gestão desejada ou possível para um município em particular, assim como a previsão do montante e a origem do recurso financeiro necessário para conduzi-la.

Uma *gestão reativa*, embora menos exigente em termos de recursos financeiros, responde apenas às emergências e demandas prioritárias (segurança e riscos). É o meio menos eficiente de prestação de serviços em longo prazo, gerando baixa satisfação da população, sendo em geral o resultado da falta de um programa coerentemente desenvolvido. Uma *gestão rotineira* aborda a emergência, mas já dispõe de recursos para uma rotina de manutenção e plantio. Por fim, uma *gestão proativa* fornece ciclos preventivos de manutenção, um alto nível de plantio, respostas rápidas às emergências e serviços gerais e promove programas de divulgação pública e educação. Esse nível tem os mais altos custos, mas geralmente resulta em uma Arborização Urbana mais sustentável, com menor potencial de danos causados pelas árvores e com maior nível de satisfação por parte da população (BARKER et al., s.d.).

Independentemente do nível dos serviços que consegue fornecer, o gestor deve decidir a melhor alocação de recursos entre as tarefas necessárias para plantar e manter as árvores. A base mais óbvia para determinar um orçamento suficiente é a realização de um inventário das árvores. O inventário pode revelar exatamente quanto é necessário plantar e quantas árvores requerem manutenção específica. Com o resultado do inventário, o gestor pode determinar o orçamento total necessário para realizar todas as tarefas e, em seguida, desenvolver um orçamento com base em um plano de trabalho plurianual.

Por fim, para que o Plano alcance de maneira plena seus objetivos, é obrigatório o envolvimento da população na sua concepção, planejamento e administração. Se a arborização não refletir as demandas e

os desejos da população local, ela não será usufruída nem mantida em toda a sua essência (PACHECO et al., 2017).

Mas alcançar a participação social na construção de um Plano para a arborização impõe desafios. Nucci (2008) bem coloca que: *“a cobertura vegetal é um atributo importante no espaço urbano, porém, a vegetação, diferentemente da terra, do ar e da água, não é uma necessidade óbvia na cena urbana”*. As pessoas normalmente percebem que não podem viver sem chão, sem água e sem ar, mas nem todos têm o entendimento claro de que também necessitam da vegetação.

É importante considerar que o planejamento e o gerenciamento dos serviços e espaços coletivos das cidades quase sempre são realizados pelas administrações públicas, representadas por técnicos, legisladores e políticos. A população muitas vezes acaba por acostumar-se ou acomodar-se aos cenários que lhe são apresentados ou impostos. Essa perda de participação sobre o destino de seus espaços pode acabar por afastá-la dos elementos naturais, tornando-a, de alguma maneira, indiferente a eles (MONICO, 2001). Herzele et al. (2005) consideram que a participação do público na gestão da Arborização Urbana abrange uma ampla gama de situações, representadas na diversidade do próprio recurso arbóreo, na diversidade dos grupos sociais e indivíduos com diferentes motivações, necessidades e preferências e na estrutura administrativa e de recursos dentro da qual o processo está sendo realizado. Cada situação merece uma abordagem particular para melhor realizar o processo de participação do público, impulsionada pela percepção do senso comum de que a arborização só pode ser planejada e gerenciada efetivamente com o envolvimento direto do cidadão.

Por fim, não se deve perder de vista que o manejo deve ser entendido como um processo dinâmico, sempre sujeito ao remanejamento e avaliação à medida que novas técnicas sejam desenvolvidas e novas propostas incorporadas à realidade do município. Para facilitar a retroalimentação das informações agrupadas no plano, é interessante promover um sistema cadastral que disponibilize de forma rápida as informações e organize os dados de forma que eles possam ser considerados em ações futuras de planejamento e replanejamento.

Plano de manejo específico de áreas verdes. O Plano de Manejo de uma área verde detém certas características próprias. Ele deve ter como objetivo geral atribuir às áreas de interesse ambiental funções socialmente apropriáveis pela população, resgatando ou preservando

a sua integridade. Seus objetivos específicos são: levantar as áreas de interesse, caracterizá-las e organizar as informações obtidas por regiões e para a cidade como um todo; implantar um sistema capaz de fornecer diagnósticos; valorizar as áreas públicas de interesse ambiental enquanto espaços de preservação, de lazer e de convivência social; definir estratégias e planos de ação voltados para recuperação, preservação, proteção, aprimoramento e gestão dessas áreas, definindo as prioritárias para intervenções imediatas; contribuir para evitar invasões e degradações de qualquer ordem; promover a participação comunitária na gestão; publicar e divulgar dados, diagnósticos e demais resultados; e promover ações de monitoramento (BELO HORIZONTE, 2002). Também faz parte do plano a determinação de diretrizes gerais de ordem técnica, tais como: programas de plantio, implantação, metodologias de inventários, manutenção, detalhamento da infraestrutura necessária e vias de acesso.

Antes de iniciar um trabalho de caracterização das áreas verdes, o grupo gerencial deve definir claramente os diferentes tipos considerados, procurando eliminar os problemas de transmissão de informações. Nessa etapa, é preciso que não haja dúvida quanto ao que seja uma praça, um parque, uma reserva e demais formas de áreas verdes. Definidas as categorias, a etapa seguinte é a realização do inventário, o qual vai expor o estado de cada área e sua integração ou não a um sistema.

Para o curto prazo, o Plano dita os métodos aplicáveis nas atividades diárias, determinando a maneira mais eficiente de utilizar os recursos humanos e materiais, em acordo com uma listagem de atividades de rotina, manutenção de equipamentos, supervisão, registros e definição de ações para situações de crise. Em médio e longo prazos, estabelece metas globais e determina as prioridades e a organização necessária para alcançar os objetivos desejados (MILLER, 1997).

No caso de áreas privadas, onde a intervenção do Poder Público é mais restrita, as estratégias e os mecanismos contidos no Plano de Manejo devem prever a facilitação ou imposição da conservação. Cutting e Cocklin (1992) listam como alternativas para encorajar ou forçar os proprietários a conservar o habitat natural: a provisão de educação e informação; os incentivos econômicos (subsídios); os controles econômicos (proibição de exploração de recursos naturais); e a regulação do uso e ocupação do solo. As áreas particulares não podem ser desconsideradas, uma vez que muitos dos recursos naturais podem estar presentes somente nelas, e a proteção em áreas públicas pode não garantir a conservação desejável em termos de extensão ou representatividade.

De uma forma geral, na maioria das cidades brasileiras, os espaços destinados às áreas verdes são uma coleção avulsa, sem integração entre si. O conjunto de unidades pode ganhar força e ampliar seu potencial se organizado na forma de um sistema, considerando o seu planejamento sob diferentes aspectos. Para ser efetivo, o sistema de áreas verdes não precisa necessariamente obedecer a um Plano Diretor da cidade, mas ser orientado por um modelo orgânico que viabilize seu desenvolvimento coerente, concomitantemente ao crescimento da cidade (HARDT, 1992).

Considerações finais sobre o Plano de Manejo da Arborização Urbana. Considerando a amplitude, complexidade, responsabilidade e principalmente o longo tempo de duração previsto para que as ações e metas do Plano de Manejo da Arborização Urbana sejam efetivadas em todos os seus componentes e, ainda, que a gestão da arborização é em sua maior parte obrigação de órgãos públicos municipais, não há como pensar sua realização sem o respaldo legal. Cabe ressaltar que o Plano deve perpassar por inúmeras gestões administrativas, substituídas de tempos em tempos, cada qual com interesses e compromissos diversos. Dessa forma, o Plano de Manejo da Arborização deve ser um plano de governo e não de uma administração em particular, o que só se concretiza mediante a elaboração e a construção participativa e a oficialização legal por parte do Município.

Fazendo um elo entre a legislação ambiental de abrangência nacional com um instrumento legal específico de cada cidade, Nespolo et al. (2020) consideram que a exigência da elaboração de Planos Diretores de Arborização Urbana na legislação brasileira, atrelada à criação de uma Política Nacional de Arborização Urbana, com seus devidos instrumentos e sistemas de gestão, poderia conduzir a uma maior padronização na aplicação de políticas públicas de arborização nos municípios e contribuir para a globalização do direito às cidades sustentáveis, previsto no Estatuto da Cidade.

6.3. Parcerias com a Iniciativa Privada. Além de ações impositivas, também são comuns as ações e os programas previstos pela legislação que visam dividir com a iniciativa privada a responsabilidade pela condução da Arborização Urbana de forma espontânea ou induzida.

De acordo com Jones et al. (2005), o sucesso do trato da Arborização Urbana é cada vez mais dependente de diferentes grupos de interesse que compartilham de uma ambição comum, trabalham juntos em parceria e colocam em prática seus respectivos pontos fortes. A arbo-

rização precisa ser realizada em escala estratégica, a fim de proporcionar uma gama completa de benefícios ambientais, sociais e econômicos ao morador urbano. Portanto, é preciso haver uma relação eficaz e integrada entre os setores público, privado, voluntário e comunitário, onde se busca tirar o melhor das habilidades e recursos financeiros de uma grande variedade de possíveis parceiros. Os diferentes atores quase sempre são capazes de trazer conhecimentos complementares a um projeto, aumentando ao mesmo tempo o alcance e a disponibilidade de recursos. A combinação de diferentes forças e aspirações por meio de uma abordagem baseada em parceria gera maior sustentabilidade em longo prazo.

A participação cidadã precisa, entretanto, ser plena e verdadeira, não podendo ser conduzida como *manipulação*, em que pessoas são convidadas a participar apenas com o propósito de serem convencidas ou darem o seu apoio. A *consulta* por si só também não é satisfatória, já que visa tão somente à disseminação de informação, que não garante que as preocupações e ideias dos cidadãos serão consideradas. Por fim, a efetiva *parceria* redistribui o poder pela negociação entre cidadãos e tomadores de decisão, via conselhos e comitês, quando ambos concordam e compartilham as responsabilidades na tomada de decisão (PINA, 2011).

O estabelecimento de relações entre o Poder Público e o privado é sempre passível de críticas ou elogios, já que muitos acreditam ser de total responsabilidade do município o cumprimento de suas obrigações, o que não permitiria a transferência dessas funções para terceiros. Outros não se importam em distinguir quem é o responsável pela conservação de um bem ou espaço público, desde que sua necessidade seja plenamente atendida. É certo, porém, que as administrações públicas estão se vendo obrigadas a encontrar saídas viáveis para a prestação de bons serviços à população, em especial no trato do meio ambiente, cuja cobrança é crescente. As parcerias e a criação de uma legislação eficiente, em conjunto com a capacitação técnica dos quadros pessoais do Município, mostram-se bastante atraentes se conduzidas de maneira lícita, transparente e rígida, para que os seus objetivos sejam alcançados de forma integral. A título de ilustração, são apresentadas duas propostas de parcerias muito comuns nas cidades brasileiras: o programa de adoção e a reserva particular ecológica.

Programa de Adoção. Consiste em uma parceria da qual podem participar pessoas físicas ou jurídicas interessadas em adotar parques,

praças, jardins ou canteiros separadores de pistas de avenidas, áreas quase sempre com a presença de árvores. O termo de convênio assinado entre as partes deve ser simples e ajustar-se às disponibilidades do adotante e do Poder Público, em que normalmente a responsabilidade de quem adota é dar manutenção à área, e a do Poder Público é desenvolver projetos, dar apoio técnico, pagar contas de água e luz e dar permissão ao adotante para a divulgação publicitária da parceria. O Programa, de forma geral, apresenta resultados positivos, dado que diversas áreas verdes mal conservadas são revitalizadas.

Entre os parceiros mais comuns, encontram-se construtoras, sindicatos, condomínios, escolas e comerciantes, o que evidencia uma grande mobilização de diversos setores da sociedade civil e a sensibilização crescente para a causa ambiental. Entre as principais vantagens do adotante, relacionam-se: a satisfação pessoal; a melhoria no aspecto geral das proximidades de sua empresa; a melhoria da segurança nas proximidades; o retorno publicitário; a reversão da imagem negativa de empresas que exploram extensivamente recursos naturais; uma posição de destaque em concorrências; a institucionalização do nome da empresa; e a exposição do exercício da função social da empresa (empresa-cidadã).

Mas nem todas as adoções se mostram plenamente favoráveis. Entre os principais obstáculos, configuram-se: a falta de fiscalização eficiente do Município, trazendo como consequência a insatisfatória manutenção das áreas adotadas; o número insuficiente de técnicos para o atendimento das diversas demandas, o que contribui para a implantação de projetos inadequados e manutenção insuficiente; e o fato de alguns adotantes considerarem a contrapartida pouco atrativa, principalmente quando se trata de grandes espaços. Para o bom funcionamento do programa, a experiência mostra ser indispensável o acompanhamento frequente e próximo do Poder Público, dando o devido suporte ao adotante e cobrando deste as responsabilidades assumidas.

Reserva Particular Ecológica. Mediante lei própria, o Poder Público pode permitir que qualquer pessoa, física ou jurídica, possa requerer ao Executivo que institua em imóvel de sua propriedade uma reserva, por reconhecê-la como de valor ecológico. Devem ser identificadas condições naturais primitivas ou semiprimitivas recuperadas ou passíveis de recuperação, pelo aspecto paisagístico, para a preservação do ciclo biológico de espécies da fauna ou da flora nativas (BELO HORIZONTE, 1993).

Se reconhecida pelo Executivo como de interesse, a reserva impõe a assinatura de um termo de compromisso do proprietário em preservá-la. O prazo do termo não deve ser inferior a vinte anos e, preferencialmente, ter caráter perpétuo. O proprietário da área transformada em reserva recebe isenção de impostos, e a cidade ganha com a preservação de áreas ambientalmente significativas, sem que haja a necessidade de desembolso de maiores recursos.

Após a instituição da reserva, o proprietário deve averbar o termo de compromisso, registrar o decreto de sua publicação no cartório de registro de imóveis e divulgar a nova condição do imóvel com placas sinalizadoras colocadas no local. As autoridades públicas devem dispensar à reserva a mesma proteção assegurada pela legislação às demais áreas de preservação, sem prejuízo do direito de propriedade. Qualquer alteração nas características da área e a intervenção de terceiros dependerão de prévia aprovação do Executivo (BELO HORIZONTE, 1993).

6.4 Fiscalização na Arborização Urbana. A legislação é uma das formas de que dispõe a sociedade na busca por soluções que permitam a convivência pacífica entre o ser humano e o meio ambiente e, em particular, a atenuação de conflitos com a Arborização Urbana. O controle ambiental determina limites, ao mesmo tempo em que leva a resultados pedagógicos, tornando de conhecimento público a forma como deve ocorrer o relacionamento legal entre a população e as árvores.

Os conflitos das árvores com os diversos elementos formadores da cidade e o baixo grau de tolerância de muitas pessoas em aceitá-los podem gerar uma série de danos, voluntários ou não, às primeiras. Na expectativa de eliminar os conflitos, muitas vezes são desconsideradas as técnicas apropriadas e a legislação que determina a forma de intervenção na arborização. Também não menos comum é a supressão ou a eliminação da árvore por completo sem a devida análise prévia do Poder Público. Quando isso ocorre, é necessária a atuação da fiscalização ambiental, cuja atribuição é registrar o dano ocorrido e encaminhar às instâncias que analisarão a providência a ser tomada.

A definição do que seja um dano nem sempre é muito clara. É fato que um posicionamento mais radical indicaria como dano qualquer ferimento provocado na planta, independentemente de sua extensão e gravidade. Do ponto de vista da análise fiscal, a posição mais adequada talvez seja aquela que considere como dano um ferimento que de fato venha a causar prejuízos incontornáveis à árvore. Essa avaliação em

muitos casos vai depender de uma análise técnica mais apurada, o que obriga a presença em campo de um profissional capacitado para tanto.

Entre as agressões mais comuns sofridas pelas árvores estão a poda malfeita, a secção de raízes, os danos involuntários (choques de veículos, por exemplo), o envenenamento e o anelamento. Por secção de raízes, entende-se a poda ou retirada de parte das raízes, ato muito comum na tentativa de evitar os danos provocados pelas árvores ao piso pavimentado em sua volta. A secção de raízes é uma técnica silvicultural válida, porém deve ser previamente analisada por um técnico qualificado, uma vez que se realizada em excesso pode comprometer a estabilidade da árvore, levando-a à queda. Outro tipo comum de dano provocado nas árvores é aquele advindo de acidentes de trânsito, que independentemente da culpa considera que o responsável deva ser punido dentro dos limites da lei. O envenenamento se caracteriza quando alguém, intencionalmente, aplica algum tipo de produto na expectativa de levar a árvore à morte. Diversos inseticidas, herbicidas, óleos ou outros produtos químicos são utilizados. Sua aplicação pode ser via solo ou diretamente no caule da planta; no segundo caso, é mais fácil perceber o ato de vandalismo devido à presença de furos ao longo do tronco. O anelamento trata-se da retirada completa de uma faixa do tecido vegetal vivo que compõe o caule da planta e que tem por função exercer o transporte de água, sais minerais e seiva elaborada entre o sistema radicular e a copa da árvore. Esse ferimento é caracterizado por um anel que circunda todo o perímetro do tronco, independentemente de sua largura, o que elimina a possibilidade de movimentação dos elementos vitais à sobrevivência da planta, levando-a à morte por inanição. Esse tipo de dano deve ser considerado como supressão intencional do ponto de vista legal, por se tratar de um ato deliberadamente consciente, com o objetivo claro e inequívoco de levar à eliminação do exemplar arbóreo.

A eliminação completa da árvore na maioria das vezes não gera maiores problemas na caracterização do dano, porém alguns aspectos nem sempre são facilmente identificados. O primeiro desses aspectos é a determinação da existência ou não da árvore em um local específico. Muitos agressores, cientes de seu ato ilegal, apressam-se em disfarçar as evidências de que em um sítio em particular existia uma árvore. A recomposição do piso ou plantio de grama são frequentemente utilizados. Outra dificuldade quando da comprovação da supressão da árvore é a determinação se ela já estava ou não morta antes de ser abatida. Nes-

se caso, entende-se que um fato ilícito foi promovido, visto que o procedimento correto seria a solicitação de uma vistoria técnica por parte do Poder Público para determinar a morte efetiva da planta e, se possível, determinar a causa da morte, que pode ser deliberadamente provocada.

O objetivo maior da fiscalização é atingir o equilíbrio entre os diversos anseios daqueles que vivem nas cidades, com seus pares e com o meio ambiente. Por essa razão, a eliminação da fiscalização seria na verdade um objetivo a ser constantemente buscado, na medida em que ela se tornasse desnecessária quando alcançada a consciência geral da população pela preservação (RIBEIRO, s.d.). Como no Brasil o horizonte de abandono da fiscalização e a consequente aplicação de penalidades ainda parecem distantes, é preciso se atentar para a existência de leis ambientais que devem servir de parâmetro para o ajuste de condutas de todos aqueles que de uma forma ou de outra interagem com a Arborização Urbana.

7. Considerações Finais

Não é possível desvincular a Arborização Urbana das peculiaridades humanas e do ambiente em que as pessoas vivem. O cultivo de árvores nas cidades não pode ser visto apenas sob a perspectiva agrônômica ou sob a ótica simplista de um item inanimado da infraestrutura urbana, que deve se manter de maneira fria e corriqueira, como é mantido o pavimento das vias ou a funcionalidade de edifícios e equipamentos.

Há que se considerar o planejamento urbano em toda a sua essência e o papel da arborização nesse contexto, sob o risco de extrair um percentual muito pequeno de tudo o que as árvores têm de bom a oferecer ou, em última instância, de colocar os cidadãos em situação de risco.

A perspectiva do capítulo foi alertar os profissionais arboricultores que são muitos os aspectos que obrigatoriamente devem ser considerados no trato da Arborização Urbana, mesmo que a princípio não pareçam ter ligação direta, como as leis urbanísticas, por exemplo. No entanto, se o foco principal for dado à árvore, e não ao ser humano, dificilmente se chegará ao destino preconizado, embora a irracionalidade humana muitas vezes supere a pureza natural da árvore.

Referências

ARAÚJO, M. M. A Transferência do direito de construir e a proteção do patrimônio cultural: Dúvidas mais frequentes. S.d., 2 p. (não publicado).

ASTBURY, J. Environmental education in cities focuses on youth and community development, restoring ecosystems and building green infrastructure. But is urban environmental education really anything new? What should its goals and practices look like? Disponível em: <https://www.thenatureofcities.com/2014/06/09/environmental-education-in-cities-focuses-on-youth-and-community-development-restoring-ecosystems-building-green-infrastructure-and-more-but-is-urban-environmental-education-really-anything-new-w/>. Acesso em: março de 2020.

AZEVEDO, L. V.; COSTA, D. R. T. R.; SANTOS, J. R. Política Nacional de Educação Ambiental: análise de sua aplicação em projetos de pesquisa e extensão de instituições públicas de ensino. *Ciência e Natura* v.39 n.3, 2017. p. 701-722.

BARKER, R.; GONZALES, G.; HILLMAN, A.; HYDE, G.; VESELKA, W. E.; WOODCOCK, P. J.; VOGEL, C.; LAHAIE, J.; CLINE, K. W.; GULICK, J. *Urban Forestry Best Management Practices for Public Works Managers: Budgeting & Funding*. S.d. Disponível em: <https://icma.org/documents/urban-forestry-best-management-practices-public-works-managers-budgeting-and-funding>. Acesso em: março de 2020.

BARRETO, M. E. **Lei 7.347/85 - Considerações sobre o instrumento da ação civil pública ambiental na efetividade da proteção ao meio ambiente**. Disponível em: <https://carollinasalle.jusbrasil.com.br/artigos/136405700/lei-7347-85-consideracoes-sobre-o-instrumento-da-acao-civil-publica-ambiental-na-efetividade-da-protecao-ao-meio-ambiente>. Acesso em: março de 2020.

BELL, S.; BLOM, D.; RAUTAMÄKI, M.; CASTEL-BRANCO, C.; SIMSON, A.; OLSEN, I. A. Urban forest policy and planning. In: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). *Urban forests and trees: a reference book*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

BELO HORIZONTE (MG). **Lei nº 11181, de 08 de agosto de 2019**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2019/1118/11181/lei-ordinaria-n-11181-2019-aprova-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte-e-da-outras-providencias>. Acesso em: março de 2020.

BELO HORIZONTE (MG). **Lei nº 6314, de 12 de janeiro de 1993**. Dispõe sobre a instituição, no município de Belo Horizonte, de reserva particular ecológica, por destinação do proprietário. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/1993/631/6314/lei-ordinaria-n-6314-1993-dispoe-sobre-a-insti>

tuicao-no-municipio-de-belo-horizonte-de-reserva-particular-ecologica-por-destinacao-do-proprietario. Acesso em: março de 2020.

BELO HORIZONTE (MG). **Programa BH-Verde. Resultados preliminares**. Belo Horizonte, 2002. 20 p.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. *Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo*. Curitiba: FUPEF, 2005. 182 p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: março de 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985**. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7347-24-julho-1985-356939-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: março de 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: março de 2020.

BRASIL, **Lei 9795 de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm. Acesso em: março de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: março de 2020.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html>. Acesso em: março de 2020.

BURDEN, D. **Urban street trees: 22 benefits**. 2006. 21 p.

BURGONOV, I. A Ação Civil Pública e a tutela do meio ambiente: Ação Civil Pública Ambiental. *Revista Jurídica - CCJ/FURB*, v. 13, n. 26, p. 43-65, jul./dez. 2009.

CALVINO, I. *As cidades invisíveis*. Tradução Diogo Mainardi. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de Arborização**. Belo Horizonte: Cemig / Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.

CLINTON, J. **UK trees saved 1,900 lives and £1 billion in medical costs in a year.** 2019. Disponível em: <https://inews.co.uk/news/environment/trees-plants-grass-save-30000-lives-2015-uk-removing-pollution-509182>. Acesso em: março de 2020.

CONTAR, A. A Legislação de Áreas Verdes e Meio Ambiente Urbano. In.: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2, Maringá, 1987. **Anais ...** Maringá, 1987, p. 58-67.

CORTELLA, M. S. **As grandes cidades são um campo de proteção e de afastamento.** 16/05/2018. Disponível em: (<https://cbn.globoradio.globo.com/comentaristas/mario-sergio-cortella/MARIO-SERGIO-CORTELLA-ACADEMIA-CBN.htm>). Acesso em: julho de 2018.

COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): Invasora ou ruderal? **Rev. Árvore** vol. 34, n. 5 Viçosa Sept./Oct. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000500008>. Acesso em: dezembro de 2019.

CUTTING, M.; COCKLIN, C. Planing for forest conservation in the Aucland region, New Zealand. **Landscape and Urban Planning**, 23:55-69, 1992.

DAVIES, H. J.; DOICK, K. J. **Are all urban forests equally beneficial?** 2017. Disponível em: <https://www.charteredforesters.org/2017/04/urban-forest-equally-beneficial/>. Acesso em: março de 2020.

DETZEL, V. A. **Avaliação monetária e de conscientização pública sobre Arborização Urbana: aplicação metodológica à situação de Maringá - PR.** Curitiba, Impr. Univ. UFPR, 1993. 84 p. (Tese M.S.).

EBBSEN, L. Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.infoescola.com/meio-ambiente/politica-nacional-de-meio-ambiente/>. Acesso em: março de 2020.

FELICIANO, A. L. P., BEZERRA, I. F. F., CARVALHO, M. F. A., MEUNIER, I. M. J., LIMA, A. G. V., NASCIMENTO, L. M. Uso de espécies arbóreas nativas da mata atlântica na arborização da cidade de Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: 1992. p. 379-387.

FREEMAN, C. Development of a simple method for site survey and assessment in urban areas. **Landscape and Urban Planning**, 44:1-11, 1999.

GONÇALVES JUNIOR, L. C. Tombamento: política de incentivo fiscal nos municípios paulistas do Vale do Paraíba. Lorena: Centro Universitário Salesiano de São Paulo, 2008. 210 p. (Dissertação Mestrado em Direito). UNISAL-SP. Disponível em: <http://dominiopublico.mec.gov.br/download/teste/arqs/cp111438.pdf>. Acesso: março de 2020. GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2.ed. New York: John Wiley, 1986. 299 p.

HALL, K. 4 Dicas importantes para projetar ruas para as pessoas (e não apenas para os carros). 2019. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/867519/4-dicas-importantes-para-projetar-ruas-para-as-pessoas-e-nao- apenas-para-os-carros?ad_medium=widget&ad_name=recommendation. Acesso em: março de 2020.

tantas-para-projetar-ruas-para-as-pessoas-e-nao- apenas-para-os-carros?ad_medium=widget&ad_name=recommendation. Acesso em: março de 2020.

HARDT, L. P. A. Recuperação e aproveitamento de áreas degradadas e/ou marginais para áreas verdes urbanas. In.: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: (s. n.), 1992. p. 73-91.

HARRIS, R. W. **Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines**. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1992.

HERZELE, A. V.; COLLINS, K.; TYRVÄINEN, L. Involving people in urban forestry - A discussion of participatory practices throughout Europe. In.: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). **Urban forests and trees: a reference book**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005.

HODGES, A. W.; COURT, C. D. Economic contributions of Urban Forestry in Florida in 2017. Sponsored Project Report to Florida Department of Agriculture and Consumer Services-Florida Forest Service. 2019. Disponível em: <https://fred.ifas.ufl.edu/DEStudio/html/EconomicImpactAnalysis/EconomicContributionsFloridaUrbanForestry.pdf>. Acesso em: março de 2020.

HOENE, F. C. **Arborização urbana**. São Paulo: Instituto de Botânica/Secretaria da Indústria e Comércio. 1944. 215 p.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. <http://www.isa-arbor.com>. Acesso em: novembro de 2018.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. ISA Certified Arborist Municipal Specialist Application Guide. Disponível em: <https://www.isa-arbor.com/Portals/0/Assets/PDF/Certification-Applications/cert-Application-Municipal-specialist.pdf>. Acesso em: março de 2020.

JONES, N.; COLLINS, K.; VAUGHAN, J.; BENEDIKZ, T.; BROSNAN, J. The role of partnerships in urban forestry. In.: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). **Urban forests and trees: a reference book**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005.

KIELBASO, J. J. Urban forestry and quality of life in cities. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, 1993. p. 122-6.

KUDRYAVTSEV, A. Environmental education in cities focuses on youth and community development, restoring ecosystems and building green infrastructure. But is urban environmental education really anything new? What should its goals and practices look like? Disponível em: <https://www.thenatureofcities.com/2014/06/09/environmental-education-in-cities-focuses-on-youth-and-community-development-restoring-ecosystems-building-green-infrastructure-and-more-but-is-urban-environmental-education-really-anything-new-w/>. Acesso em: março de 2020.

- KUDRYAVTSEV, A.; KRASNY, M. E. Urban Environmental Education: preliminary literature review. Cornell University Civic Ecology Lab, Ithaca, NY. July 12, 2012. Disponível em: https://cdn.naaee.org/sites/default/files/eepr/ressource/files/uee_liteature_review_kudryavtsev_krasny_2012.pdf. Acesso em: março de 2020.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.
- LORUSSO, D.C.S. Gestão de áreas verdes urbanas. In.: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1, 1992, Vitória. *Anais...* Vitória: (s. n.), 1992. p. 105-118.
- MACEDO, R. L. A Postergação como problema: um estudo da política de Arborização Urbana de Mandaguari-PR sob a ótica da abordagem de arranjos políticos. Universidade Estadual de Londrina. Dissertação (Mestrado em Administração). 2018. 99 p.
- MACHADO, J. P. F. T. O processo identitário do sujeito indígena: uma análise discursiva da Carta do Cacique Seattle. Dissertação (Mestrado em Letras), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas. 2016. 162 p.
- MANICA, I. Fruticultura em áreas urbanas: arborização com plantas frutíferas. O pomar doméstico. Fruticultura comercial. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora, 1997. 154 p.
- McPHERSON, E. G. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U. S. Journal of Arboriculture, 29(1), p.1-7, 2003.
- McPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R. Potential energy savings in buildings by an urban tree planting program in California. Urban For. Urban Green. 2 (2003): 73-86. Disponível em: https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw_2003_mcperson005.pdf. Acesso em: março de 2020.
- MARRITZ, L. Trees are a tool for safer streets. October, 2011. Disponível em: <https://www.deeproot.com/blog/blog-entries/trees-are-a-tool-for-safer-streets>. Acesso em: março de 2020.
- MELO-SILVA, C.; PERES, M. P.; MESQUITA NETO, J. N.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, I. A. B. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae: Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. *Neotropical Biology and Conservation* 9 (2):91-97, may-august 2014. Acesso em: dezembro de 2019.
- MILANO, M. S.; DALCIN, E. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro: Ligth, 2000. 226 p.
- MILANO, M.S. Arborização Urbana. In.: CURSO SOBRE "ARBORIZAÇÃO URBANA". Curitiba, 1995. p. 7-49.
- MILLER, K. Planificacion de parques nacionales para el ecodesarrollo en latinoamerica. Fundacion para la Ecologia y la Proteccion del Medio Ambiente. 1980. 500 p.
- MILLER, R. W. Urban forestry: planning and managing urban greenspaces. 2. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 502 p.
- MINISTÉRIO PÚBLICO (PR). Nota Técnica. Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Proteção ao Meio Ambiente e de Habitação e Urbanismo NOTA TÉCNICA Nº 01/2019 - CAOPMAHU. Curitiba, 08 de julho de 2019. Disponível em: <http://www.urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/NT012019ARBO.pdf>. Acesso em: março de 2020.
- MIRANDA, M. P. S. Árvores podem ser protegidas como patrimônio cultural. Ambiente Jurídico. 30 de setembro de 2017. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2017-set-30/ambiente-juridico-arvores-podem-protegidas-patrimonio-cultural>. Acesso em: março de 2020.
- MONICO, I. M. Árvores e arborização urbana na cidade de Piracicaba/SP: um olhar sobre a questão à luz da educação ambiental. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2001. 165 p. (Dissertação de mestrado).
- MULLER, O. G. Paisagismo de parques e praças. In.: CURSO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. Curitiba, Universidade Livre do Meio Ambiente, 1995, p. 94-106.
- NESPOLO, C. C. C.; ABREU, E. L.; VICENTE, C. P.; PERES, R. B. Planos Diretores de Arborização Urbana: necessidade de incorporação na legislação brasileira. *REVSBAU*, Curitiba - PR, v.15, n.2, p. 42-55, 2020.
- NIGRO, M.; CARVALHO, M. L. A. M. A lógica das áreas verdes no contexto da cidade: o caso do semiárido. In: Simpósio Cidades Médias e Pequenas da Bahia, IV, 2014, Barreiras. *Anais...* Barreiras: Universidade Federal do Oeste da Bahia, 2014. 13 p. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/ascmpa/article/view-File/3599/4206>. Acesso em: agosto de 2018.
- NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. Ed. Curitiba: O autor, 2008. p. 23.
- O'HERRIN, K.; WISEMAN, P.E.; DAY, S. D.; Hwang, W.H. Identifying a career ladder in Urban Forestry by analyzing job postings and Interviews. *Journal of Forestry*, Volume 116, Issue 2, March 2018, Pages 151-163. Disponível em: <https://academic.oup.com/jof/article/116/2/151/4930766>. Acesso em: março de 2020.
- OLÍMPIA (SP). Lei nº 4215/2016. Dispõe sobre Plano Diretor de Arborização Urbana da Estância Turística de Olímpia e dá outras providências. Disponível em: <https://www.daemo.sp.gov.br/documentos/20170327134752.pdf>. Acesso em: março de 2020.

OLIVEIRA, I. C. E. **Estatuto da cidade; para compreender**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2001. 64 p. Disponível em: https://polis.org.br/wp-content/uploads/estatuto_cidade_compreender.pdf. Acesso em: março de 2020.

OTAWA. **Putting down roots for the future**. City of Ottawa Urban Forest Management Plan 2018-2037. 2017. 262 p.

OTTITSCH, A.; KROTT, M. Urban forest policy and planning. In.: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). **Urban forests and trees: a reference book**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005.

PACHECO, P., CACCIA, L., AZEREDO, L. **Espaços públicos: 10 princípios para conectar as pessoas e a rua**. 2017. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/07/espacos-publicos-10-principios-para-conectar-pessoas-e-rua>. Acesso em: março de 2020.

PAULEIT, S.; JONES, N.; · Nyeus, JANEZ PIRNAT, N.; SALBITANO, F. Research on urban forests and trees in Europe. In.: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). **Urban forests and trees: a reference book**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005.

PHILLIPS, L. E. **Urban trees: a guide for selection, maintenance, and master planning**. New York: McGraw-Hill, 1993. 273 p.

PINA, J. H. A. **A influência das áreas verdes urbanas na qualidade de vida: o caso dos Parques do Sabiá e Victório Siquierolli em Uberlândia-MG**. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia, 2011 (Tese M.S.). 105 p.

PORTO ALEGRE (RS). Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano Diretor de Arborização de Vias Públicas**. Porto Alegre, 2000. 204 p.

PREGITZER, C. C.; ASHTO, M. S.; CHARLOP-POWERS, S.; D'AMATO, A. W.; FREY, B. R.; GUNTHER, B.; HALLET, R. A.; PREGITZER, K. S.; WOODALL, C. W.; BRADFORD, M. A. Defining and assessing urban forests to inform management and Policy. **Environ. Res. Lett.** **14** (2019). Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2552>. Acesso em: março de 2020.

PRYGOSKI, J. **More than just a pretty trunk: how trees enhance complete streets**. Transportation for Michigan, 2013. Disponível em: <http://oaklandcounty115.com/2013/12/19/more-than-just-a-pretty-trunk-how-trees-enhance-complete-streets/>. Acesso em: março de 2020.

RIBEIRO, J. C. J. **Paz e meio ambiente: fundamentos da fiscalização ambiental**. In.: Licenciamento e Fiscalização Ambiental. Belo Horizonte, s.d., s.p.

MINAS GERAIS - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. **Uso e Ocupação do Solo Urbano**. Disponível em: https://politicaspUBLICAS.almg.gov.br/temas/uso_ocupacao_solo_urbano. Acesso em: março de 2020.

RANGEL, T. L. V. O. **Direito à Arborização Urbana: concreção dos paradigmas axiológicos das cidades sustentáveis**. Disponível em: <https://www.conteudojuridico.com.br/open-pdf/cj052543.pdf/consult/cj052543.pdf>. Acesso em: março de 2020.

RIZ, V. A. Ação civil pública ambiental. 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/59898/acao-civil-publica-ambiental>. Acesso em: março de 2020.

ROMAN, L. A.; PEARSALLB, H.; EISENMANC, T. S.; CONWAYD, T. M.; FAHEY, R. T.; LANDRYE, S.; VOGTG, J.; DOORNH, N. S.; GROVEL, J. M.; LOCKEJ, D. H.; BARDEKJANK, A. C.; BATTLESL, J. J.; CADENASSOM, M. L.; BOSCHK, C. C. K.; AVOLION, M.; BERLANDO, A.; JENNERETTEP, G. D.; MINCEYQ, S. K.; PATAKIR, D. E.; STAUDHAMMERS, S. Humanand biophysical legacies shape contemporary urban forests: a literature synthesis. **Urban Forestry & Urban Greening**, 31 (2018), 157-168.

ROSO, A. L. A Proteção da Vegetação Urbana em Áreas Particulares. In.: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1, Porto Alegre, 1985. **Anais ...** Porto Alegre, 1985. p. 175-177.

ROYAL FORESTRY SOCIETY. **Urban Forestry Careers**. Disponível em: <https://www.rfs.org.uk/careers/urban-forestry-careers/>. Acesso em: março de 2020.

RUSSELL, C. Environmental education in cities focuses on youth and community development, restoring ecosystems and building green infrastructure. But is urban environmental education really anything new? What should its goals and practices look like? Disponível em: <https://www.thenatureofcities.com/2014/06/09/environmental-education-in-cities-focuses-on-youth-and-community-development-restoring-ecosystems-building-green-infrastructure-and-more-but-is-urban-environmental-education-really-anything-new-w/>. Acesso em: março de 2020.

RYAN, R., EISENMAN, T. S., COLEMAN, A. F. **The Role of Street Trees for Pedestrian Safety**. Massachusetts Department of Transportation. Office of Transportation Planning. Boston, 2018. 241 p.

SABADINI JUNIOR, J. C. **Arborização urbana e a sua importância à qualidade de vida**. 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/57680/arborizacao-urbana-e-a-sua-importancia-a-qualidade-de-vida>. Acesso em: março de 2020.

- SANCHOTENE, M. C. Arborização em Áreas Particulares. In.: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, Vitória, 1992. **Anais ...** Vitória, 1992. p. 93-101.
- SANCHOTENE, M. C. Desenvolvimento e Perspectivas da Arborização Urbana no Brasil. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2, São Luís 1994. **Anais ...** São Luís, 1994. p. 15-25.
- SCHVARSTZHAUPT, C. C.; REIS, A. T. **Vegetação urbana e instrumentos legais**. XVII ENAPUR, São Paulo, 2017. Sessão Temática Meio Ambiente e Políticas Públicas. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII>.
ENANPUR_Anais/ST_Sesoes_Tematicas/ST%204/ST%204.2/ST%204.2-04.pdf. Acesso em: março de 2020.
- SILVA, L. O. Transferência de Potencial Construtivo (um Instrumento de Proteção à Vegetação Urbana em Propriedades Particulares). In.: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, Vitória, 1992. **Anais ...** Vitória, 1992. p. 271-280.
- SOLDERA, F. A **proliferação das espécies arbóreas exóticas invasoras**. Disponível em: <https://www.canaoeste.com.br/artigos/as-proliferacao-das-especies-arboreas-exoticas-invasoras/>. Acesso em: dezembro de 2019.
- TIDBALL, K. G. E. KRASNY, M. E. Urban environmental education from a social-ecological perspective: Conceptual framework for civic ecology education. **Cities and the Environment**, 2010, **Volume 3**, Issue 1 Article 11. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/48370099_Urban_Environmental_Education_From_a_Social-Ecological_Perspective_Conceptual_Framework_for_Civic_Ecology_Education. Acesso em: março de 2020.
- TOZZI, R. H. B. B. A **tutela jurídica da arborização urbana**. 2017. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/a-tutela-juridica-da-arborizacao-urbana/>. Acesso em: março de 2020.
- TYRVÄINEN, L.; PAULEIT, S.; SEELAND, K.; VRIES, S. Benefits and uses of urban forests and trees. In.: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). **Urban forests and trees: a reference book**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.
- ULMER, J. M.; WOLF, K. L.; BACKMAN, D. R.; TRETHEWAY, R. L.; BLAIN, C. J. A.; O'NEIL-DUNNE, J. P. M.; FRANK, L. D. Multiple health benefits of urban tree canopy: The mounting evidence for a green prescription. *Health & Place*, 42 (2016) 54-62.
- VALENÇA, G. C.; SANTOS, E. O conceito de ruas completas e a infraestrutura ciclo viária: a experiência de Toronto, Canadá. **Revista Espaços**, vol. 39 (nº 08), p. 26. 2018.
- VERARDO, G. **Do individual ao coletivo na sociedade humana**. 2018. Disponível em: <https://www.correiadoestado.com.br/opiniaogilberto-verardo-do-individual-ao-coletivo-na-sociedade-humana/333602/>. Acesso em: março de 2020.
- VIANA, R. G.; SAMPAIO, D. R.; FARIAS, R. **Reflexões sobre a Política Nacional de Educação Ambiental como ferramenta de preservação do meio ambiente**. 2016. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/52317/reflexoes-sobre-a-politica-nacional-de-educacao-ambiental-como-ferramenta-de-preservacao-do-meio-ambiente>. Acesso em: março de 2020.
- VITÓRIA, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Código Municipal de Meio Ambiente**. Lei nº 4.438, 1997.
- YU, H. Possibilities and challenges of creating a livable street with street tree: a literature review. 2017. Disponível em: https://www.ntnu.edu/documents/139799/1279149990/35+Article+Final_huiyangy_fors%C3%B8k_2017-12-07-23-50-02_Article_Street+tree_HuiyangYU.pdf/ed0a2a34-a8bd-4186-97a8-584d3ad68c99. Acesso em: março de 2020.
- WILSON, T.; FOWKES, S. The difference between Arboriculture and Forestry. 2016. Disponível em: <https://www.rfs.org.uk/media/325822/proarb-oct-2016.pdf>. Acesso em: março de 2020.
- WOLF, K. 2010. Green cities: good health. Disponível em: https://depts.washington.edu/hhwb/Thm_Economics.html. Acesso em: março de 2020.
- WORSLEY, W. The right tree in the right place for a resilient future. Disponível em: www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources. Acesso em: março de 2020.



Handroanthus albus (Cham.) Mattos.



História da Arborização Urbana

Wantuelfer Gonçalves

1. Introdução

A história da Arborização Urbana começa, naturalmente, em épocas remotas, em que a vegetação ainda não era percebida como importante a ponto de ocupar os espaços públicos da cidade. Nas cidades antigas, a vegetação era relegada apenas aos espaços privados. Para chegar ao status que temos hoje, de uma cidade necessitar de uma arborização ou de florestas que melhorem a qualidade de vida, o processo histórico mostrou que a Primeira Revolução Industrial e o conceito de ambientalismo foram cruciais para esse desenvolvimento. Este capítulo mostra como se deu essa evolução, desde uma cidade onde apenas as edificações importavam, passando pela ocupação dos primeiros espaços com o verde e pelo aproveitamento das calçadas para a implantação de árvores com efeitos estéticos e cunhando o termo *Arborização Urbana*. A transformação das pequenas cidades em centros industriais e posteriormente em megalópoles reforçou a necessidade de evolução em que a mera arborização já não atende, havendo necessidade de trabalhar agrupamentos com funções mais ecológicas que as meramente estéticas. Assim, a evolução conceitual se mostra muito mais importante do que a evolução da silvicultura urbana.

2. A Pré-Industrialização

Inegavelmente, a industrialização trouxe elementos novos, como progresso e modernidade, mas também novas necessidades para os habitantes da urbe. Assim, a base de comparação entre a pré-industrialização e a pós-industrialização deve se dar, principalmente, nas necessidades anteriores à industrialização e nos acréscimos, benéficos ou não, advindos da industrialização.

Em termos de árvores urbanas, que é o foco do estudo, podemos ver que, apesar de alguns autores ressaltarem que a utilização de árvores nas cidades não é recente (MILANO; DALCIN, 2000), há uma grande

diferença entre o uso delas nas cidades antigas e o uso atual. Na antiguidade, as árvores só apareciam em locais restritos (por exemplo, jardins particulares ou botânicos), para estudos e finalidades muito bem definidas, como em religiões e produtos para a saúde (remédios, por exemplo) ou alimentação. Isso é facilmente verificável quando vemos fotos e ilustrações de cidades antigas que normalmente apresentam casas densamente agrupadas, sem quintais, e ruas estreitas sem qualquer possibilidade para o cultivo de árvores, mormente na Idade Média, em que as cidades eram protegidas por muros, e a vegetação extraurbana caracterizava muito bem a dicotomia entre o urbano e o rural (Figura 1). Algumas árvores porventura encontradas de forma isolada no ambiente urbano poderiam ser provenientes de um plantio, mas, muito provavelmente, eram fruto de uma remanescência, ou seja, árvores deixadas pela sua imponência ou por qualquer outro motivo, respeitadas no momento da urbanização. Acrescenta-se, ainda, que houve em determinadas épocas, por parte de muitas pessoas, um medo e uma resistência a árvores no ambiente urbano devido a crenças, infundadas ou não, como, por exemplo, árvores serem precursoras de miasmas e de ambientes deletérios, responsáveis por doenças as quais o povo ainda não sabia como explicar. Além disso, árvores poderiam ser associadas a esconderijos de malfeitores (como ainda hoje) e a possíveis execuções, como enforcamentos.

Para Ortega e Gasset, citados por Goitia (1989), o elemento fundamental da cidade é a praça, a ágora, como local para conversa, discussão, eloquência, política e comércio. No entanto, na cidade antiga, essa praça não necessariamente está ligada à arborização e ao ajardinamento como conhecemos hoje. Eram praças cercadas por construções, totalmente pavimentadas, que ostentavam no seu interior uma estátua



Figura 1 - Características de uma cidade antiga.
Praga, República Tcheca.
Fonte: Edinilson dos Santos.

ou um obelisco apenas e, por isso, eram denominadas de praças secas, como podemos apreciar em algumas ilustrações amplamente divulgadas (Figura 2). Esses espaços secos para a convivência não determinavam a não existência de árvores nas cidades; simplesmente a vegetação, quando existia, era confinada a espaços particulares e não se apresentava em espaços públicos.

Outro aspecto importante a ser considerado quanto às cidades antigas é que elas eram normalmente pequenas e compactas, e a relação de seus moradores com o ambiente natural era fácil. Assim, o morador citadino, mesmo que localizado bem no centro da urbe, tinha uma relativa proximidade com a área rural e usufruía psicologicamente do verde natural. Dessa forma, ainda não havia, à época, a grande necessidade, como hoje, de uma área verde dentro da cidade, nem por motivos estéticos, nem por motivos ambientais, nem por motivos psicológicos.



Figura 2 - Praças secas nas cidades antigas. Grand Place, Bruxelas, Bélgica. Obelisco no Mercado Central de Erfurt, Alemanha.
Fonte: Edinilson dos Santos.

Alguns jardins particulares esporádicos dentro do tecido urbano na cidade antiga eram suficientes para fazer frente às praças secas onde funcionavam os mercados e à falta de árvores nas ruas. Árvores existentes nas periferias servindo como bastiões para a defesa ou florestas remanescentes nas cercanias das cidades funcionavam equilibrando o adensamento urbano construído, e a população, quando queria ou quando necessitava se deslocar a outras cidades, tinha sempre, de certa forma, um contato com essas áreas verdes naturais.

Como no resto do mundo, no Brasil não foi diferente, e as nossas cidades mais antigas revelam as mesmas características da pouca vegetação em locais particulares e um ambiente público seco. As características são basicamente: ruas estreitas, praticamente sem calçadas, com casas geminadas e quase sem jardins fronteiros, com aproveitamento quase que total do pequeno lote para a construção; praças secas, sem vegetação, mais conhecidas como largos, onde se dão as reuniões para conversas e encontros e para o comércio de modo geral. Muitas das nossas cidades antigas ainda podem ser vistas com essas características, preservadas por uma questão de memória, mas também porque não se justificam mudanças em que estas exigissem uma reforma tão grande que descaracterizaria os centros urbanos. Assim, cidades como Ouro Preto e Diamantina, em Minas Gerais, Paraty, no estado do Rio de Janeiro, e Goiás Velho, no estado de Goiás, podem servir como exemplos onde não houve tantas mudanças na urbanização.

Para cidades maiores, capitais, por exemplo, onde o crescimento urbano tenha sido considerável, podemos ver que estas cresceram e se modernizaram conservando o que se denomina como Centro Histórico, preservado a despeito da modernização. A cidade do Recife, em Pernambuco, com seu Marco Zero preservado para a visitação turística, e a cidade de São Luiz, no Maranhão, podem ser visitadas e admiradas pelas suas antiguidades, apesar da modernidade.

Esses centros históricos preservados, em sua maioria, não têm como ter suas praças arborizadas, nem há interesse para isso, porque o próprio piso, normalmente de pedras (ditos pés-de-moleque), é um dos focos de preservação. Suas ruas, por serem estreitas e com calçadas também estreitas (quando existem), também não apresentam espaços suficientes para uma arborização. Somente nos espaços acrescidos pelo desenvolvimento natural da cidade e que recebem a modernização é que são possibilitadas as praças arborizadas e ajardinadas e as ruas ornamentadas com árvores.

3. A Pós-Industrialização

A Primeira Revolução Industrial, ocorrida no Reino Unido por volta de 1760, é, sem dúvida alguma, o grande marco divisor da História. Com ela, o mundo sofreu modificações em todos os campos possíveis: economia, artes, comportamentos. Em termos de urbanismo, e mais especificamente quanto à vegetação urbana, exigiu-se dos planejadores uma completa renovação, devido, sobretudo, ao aumento repentino da população urbana.

Dividida entre rural e urbana, a população mundial se encontrava mais ou menos estabilizada, com pessoas que nasciam na área rural e ali permaneciam nos seus afazeres agropecuários e pessoas nascidas na cidade, que ali permaneciam nos seus afazeres urbanos. A Revolução Industrial exigiu para a industrialização estabelecida nas cidades um aporte de mão de obra que as cidades sozinhas não foram capazes de suprir. Para que as indústrias funcionassem segundo as exigências do trabalho intensivo, muita mão de obra foi requisitada do ambiente rural com um deslocamento espantoso da população do campo para as cidades. Como não havia leis trabalhistas para a regulamentação, esses novos funcionários da indústria trabalhavam excessivamente em condições sub-humanas, além de viver em condições sub-humanas, já que as cidades não estavam preparadas para a recepção de um contingente daquela magnitude: esgotamento sanitário, condições de moradia, trabalho, etc. Assim, as primeiras necessidades humanas da Revolução Industrial são de caráter fisiológico, em especial questões de saúde devido ao trabalho excessivo e necessidade de descanso por causa das jornadas estafantes.

Para se adaptar e absorver esse acréscimo de trabalho, as cidades tiveram de crescer e se expandir horizontalmente de forma rápida e sem um adequado planejamento. Assim, os centros urbanos foram ficando gradativamente mais distantes do ambiente rural, e, devido ao volume de trabalho, a população urbana perdia cada vez mais o contato com o campo. Ou seja, a população rural requisitada para o trabalho industrial se afastava cada vez mais da sua origem. Nesse aspecto, é importante ressaltar que o desenvolvimento urbano pode se dar por dois modos distintos (Figura 3): um, pelo crescimento radial, em que as cidades se desenvolvem por igual em todas as direções, e o centro vai ficando cada vez mais isolado da população periférica ou da zona rural; outro, pelo crescimento linear, quando a cidade pode ter algum vetor

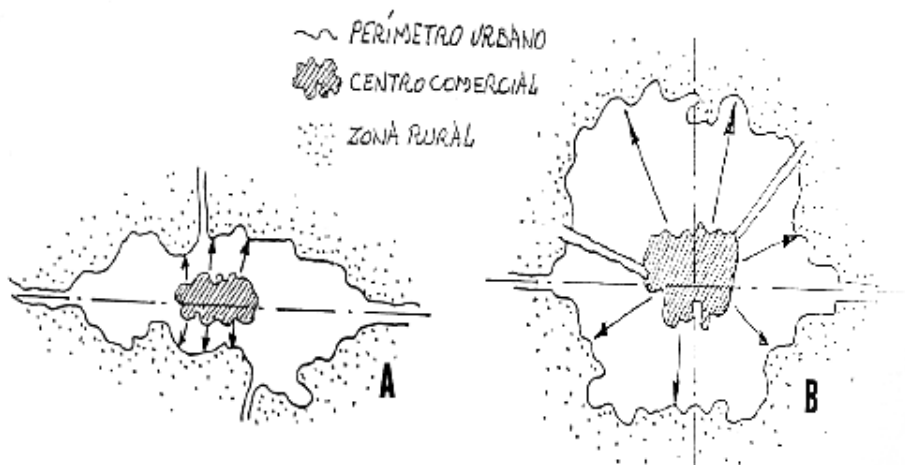


Figura 3 - Tipos de desenvolvimento de cidades. A) Crescimento linear; B) Crescimento radial. Fonte: Gonçalves (1994).

de crescimento natural, como um rio, uma estrada ou uma montanha, que faça com que o seu crescimento seja linear e não radial. Enquanto no crescimento radial o centro urbano se distancia do ambiente rural, no crescimento linear esse contato é, de certa forma, mantido com a proximidade do campo. Assim, principalmente no caso do crescimento radial, além das necessidades fisiológicas ditas anteriormente, os novos cidadãos recrutados para a industrialização tiveram também necessidades psicológicas advindas da sua retirada brusca de seu meio natural. Trabalhos excessivos com pouco descanso e longe do seu ambiente natural infligiam estresse e perda de produtividade.

Os urbanistas tiveram de se debruçar sobre esses problemas para resolver a questão da produtividade industrial, não tanto por razões humanas, mas, imagina-se, por razões produtivas. As praças secas para o comércio, para as reuniões e para a socialização já não eram suficientes por não apresentarem o verde com o qual os novos cidadãos estavam acostumados em seus locais de origem. As necessidades fisiológicas somadas às necessidades psicológicas acabaram por mudar radicalmente os projetos dos espaços livres urbanos, exigindo a introdução da vegetação. Agora, não bastavam mais os jardins particulares ou os jardins botânicos para estudo, mas as vegetações rasteira, arbustiva e arbórea, que trouxessem o descanso e a paz para os trabalhadores da indústria. Dessa exigência é que surgiram projetos para cidades verdes como a cidade-jardim de Ebenezer Howard e a cidade radiosa de Le Corbusier, como exemplos.



Figura 4 - Tipos de áreas verdes requeridas pelas cidades. Jardim de Louvre, Paris, França (à esquerda). Palácio de Schönbrunn, Viena, Áustria (à direita).
Fonte: Edinilson dos Santos.

Entretanto, como nem toda cidade nasceu verde ou pôde se modificar radicalmente para o verde, a solução para muitas foi a arborização de ruas onde isso fosse possível e a arborização de praças que permitissem essa prática. Como as praças ou os locais de convívio eram poucos, as cidades tiveram de partir para a criação de espaços de lazer arborizados e ajardinados.

No início, a arborização de algumas ruas e praças conseguiu fazer frente às necessidades da população empregada na industrialização. Contudo, com o aumento da população, as cidades tiveram de crescer em tamanho e oportunidades, e praças tiveram de ser criadas já devidamente arborizadas e ajardinadas para que as pessoas pudessem ter o descanso merecido devido às enormes jornadas de trabalho. Com o tempo, viu-se que somente as praças já não eram mais suficientes e houve a necessidade da criação de áreas maiores e mais naturais: os parques urbanos (Figura 4). Nesse aspecto, são dignos de menção as *squares* de Londres, os *bulevares* de Paris e o Central Parque de Nova York (GREY; DENEKE, 1998).

No Brasil, destacam-se os ajardinamentos e as arborizações no Nordeste, principalmente em Recife, por volta de 1630, com a dominação holandesa (MESQUITA, 1996). Em 1783, o Passeio Público do Rio de Janeiro deu início a outros e elevou o nome de Mestre Valentim como o primeiro paisagista genuinamente brasileiro (GOYA, 1992).

Galender (1992), citada por Gonçalves (1994) e Gonçalves e Brianezi (2015), estabelece diferenças básicas entre uma praça e um parque urbano, ressaltando o quanto este último pode contribuir mais que a primeira (conforme o Quadro 1).

Quadro 1 - Diferenças básicas entre praças e parques urbanos

Elementos de Estudo	Praça	Parque
Origem	Histórica.	Histórica.
Função	Atua como mercado, cultura, esporte e política.	É fonte de lazer (ativo e passivo), que atua como contraponto à cidade industrial.
Manifestação	Insere-se no espaço resultante da malha urbana: dependência funcional.	Mostra independência espacial com relação à malha urbana.
Relação com o entorno	Insere-se na cidade: é definida morfologicamente pelas edificações.	Isola-se da cidade ou forma um corpo específico dentro do tecido urbano.
Relação espacial	O espaço abre-se para a cidade, relacionando-se com o urbano e constituindo um fato urbano.	O espaço é constituído em si mesmo. Envolve mais o indivíduo enquanto percepção espacial global.
Imagem urbana	O espaço é gerado pela cidade. É aberto e inserido nela.	É uma “ilha” de amenização, muitas vezes fechada para a cidade.
Inserção	Dá continuidade espacial.	É um conjunto fragmentado com unidades.
Aspecto visual	Predomina o piso construído, a pavimentação.	Predomina o elemento natural ou a vegetação.
Dimensões relativas ao tecido urbano	Tem pequenas dimensões.	Tem grandes dimensões.

Fonte: Galender (1992).

Gonçalves e Brianezi (2015) ressaltam que em termos ecológicos o parque tem a contribuir mais que a praça, mas a praça distribui-se melhor no tecido urbano, e a distribuição é fator importante para o atendimento ao público. Os parques, embora mais ricos, têm distribuição mais periférica em relação ao tecido urbano. As relações em que se baseiam os índices de distribuição podem ser de: moradia ou distância (LOPES, 1979; BRUCK et al., 1982); faixa etária (MONTEIRO, 1982; CEMIG, 1986); e densidade habitacional (CEMIG, 1986).

Além da criação de áreas verdes como as praças e os parques, casos em que a industrialização era mais agressiva às condições de vida foram resolvidos com a criação de cidades industriais, em que a indústria prevalecia sobre a moradia. Os exemplos marcantes foram as cidades de Manchester, na Inglaterra, e Detroit, nos Estados Unidos. Para esses casos em que apenas as praças e os parques não pudessem ser suficientes, criavam-se as chamadas cidades-dormitórios, estrategicamente distantes das indústrias, ou cidades-satélites, em que a população (os *comuters*) morava separada do local de trabalho e se deslocava para o serviço todos os dias, com retorno ao final do expediente. Goitia (1989) descreve as *comuter's zones* como zonas residenciais para as pessoas que vivem nos arredores e vão diariamente às cidades onde trabalham.

No Brasil, os exemplos mais marcantes de cidades industriais podem ser vistos nas cidades ocupadas com siderurgia, como Volta Redonda, no Rio de Janeiro, com a Companhia Siderúrgica Nacional, ou as cidades do quadrilátero ferrífero, situadas no estado de Minas Gerais. Exemplos de cidades-dormitórios ou de cidades-satélites podem ser estudados no caso de Brasília, onde grande parte da mão de obra que a movimentava vem das suas cidades-satélites.

Também de uma maneira menos radical, os problemas da industrialização para cidades com indústrias menores que não chegam a precisar de uma cidade específica são resolvidos com os chamados distritos industriais e são locais de segregação entre a indústria e a parte residencial da cidade. Essas separações permitem à população certo desligamento temporário do serviço para o descanso, permitindo um contato pessoal com o verde, agora urbano, tanto em algumas horas dos dias semanais como total aos fins de semana.

4. A Reforma de Paris

A Primeira Revolução Industrial foi o começo da corrida desenfreada para o ambiente urbano, com o aparecimento dos primeiros espaços como forma de lazer ativo e de vegetação como lazer contemplativo, quando surgiram as primeiras praças públicas com vegetação (PAIVA; GONÇALVES, 2002). Nessa época, a causa ambientalista ainda não estava em voga, e, como afirmam Olmsted e Kimball (1958), o vegetal foi por muito tempo e ainda era um elemento meramente estético. A transformação das praças secas em praças vegetadas era uma necessidade muito mais psicológica do que propriamente fisiológica, e, nesse escopo, a maioria dos urbanistas preferia trabalhar o espaço de praças ao espaço das ruas, por exemplo. Em Paris, o Barão Haussmann lançou uma maneira diferente, enfileirando árvores nos bulevares e avenidas, e surgiram também os parques urbanos como paisagem mais natural, destacados do tecido urbano (PAIVA; GONÇALVES, 2002).

Mas quem foi Haussmann e qual foi a sua grande obra? Georges-Eugène Haussmann (1809-1891), largamente conhecido apenas como Barão Haussmann, o “artista demolidor”, foi prefeito do antigo departamento do Sena (que incluía os atuais departamentos de Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis e Val-de-Marne), entre 1853 e 1870. Durante aquele período, foi responsável pela reforma urbana de Paris determinada por Napoleão III e tornou-se muito conhecido na história do urbanismo e das

cidades (WIKIPÉDIA, 2019). Segundo Goitia (1989), urbanisticamente falando, Haussmann foi um conservador que seguiu a linha estética do barroco com seus alinhamentos de grandes perspectivas. Segundo esse autor, o prefeito teve o talento de aproveitar todos os edifícios singulares de Paris e de criar outros quando necessário, apesar da grande derrubada de edifícios antigos. Entretanto, a obra de Haussmann era de natureza policialesca, para poder acorrer rapidamente aos locais onde se produzissem quaisquer motins ou distúrbios. Segundo a Wikipédia (2019), na Paris do século XIX, posterior à revolução burguesa, o projeto de modernização e embelezamento estratégico pretendia, além de tornar a cidade mais bela e imponente, cessar com as barricadas, insurreições e combates populares muito recorrentes na época. O projeto expulsaria os antigos moradores centrais da classe trabalhadora para as periferias a partir da demolição das ruas e das construções antigas para uma nova organização geométrica de casas e de comércios. Obra semelhante foi realizada no Brasil quando da vacinação em massa promovida por Oswaldo Cruz com o desmanche dos cortiços no Rio de Janeiro e que deu origem às comunidades marginais que hoje presenciamos.

Independentemente do aspecto policialesco da reforma e dos ganhos urbanísticos em termos de modernização e cultura, a Reforma de Paris, em termos de vegetação urbana, que é o nosso foco, foi, segundo Neclério Homem (1994), um marco histórico para a Arborização Urbana, quando esteticamente as árvores foram enfileiradas às margens dos bulevares e das avenidas. Esse aspecto meramente estético foi reforçado em dois trabalhos de Lawrence (1988 e 1993), em que o autor ressalta as origens neoclássicas da moderna Arborização Urbana e as origens das árvores enfileiradas como soldados em formação (Figura 5). Essa modernização dos espaços urbanos é ressaltada também na obra de

Figura 5 - Avenidas e bulevares e as árvores enfileiradas que geraram o conceito de Arborização Urbana. Fontes: commons.wikimedia.org / Google; Edinilson dos Santos.



Berman (1986), em que o autor justifica que as avenidas e bulevares, mais amplos, permitiam o deslocamento mais rápido, embora sua crítica esteja mais voltada ao tipo de recobrimento utilizado na época, o macadame.

Indubitavelmente, a obra de Haussmann foi um marco pelas suas características urbanísticas, principalmente, e pelo aproveitamento das vias amplas para uma arborização estética. O trabalho do prefeito foi tão admirado que foi copiado no mundo inteiro, tanto na criação de avenidas e bulevares como na arborização viária. Nas cidades grandes, principalmente nas capitais, avenidas e bulevares foram abertos com essa finalidade, mas nas cidades de pequeno porte onde não era possível uma reforma nesses moldes a arborização foi amplamente adaptada e copiada, e o projeto haussmanniano deu origem ao que hoje se aplica no mundo inteiro conhecido como Arborização Urbana.

No Brasil, não foi diferente, e reformas semelhantes podem ser admiradas, como, por exemplo, o plano de avenidas para a cidade do Rio de Janeiro e o plano de avenidas para a cidade de São Paulo. Cidades menores se beneficiaram do exemplo de Paris, ainda que não em grande escala e sem criação de avenidas, mas com a arborização de ruas, mesmo que estreitas, com árvores enfileiradas. Sem contar as cidades mais modernas que já foram devidamente planejadas com as ideias de Haussmann com significativa arborização, como Goiânia, Belo Horizonte e Palmas (Figura 6).



Figura 6 - Belo Horizonte (MG), exemplo de cidade moderna já planejada segundo o modelo de Haussmann. Fonte: <https://www.skyscrapercity.com/threads/fotos-antigas-de-belo-horizonte.572106/page-131>. Acesso em janeiro de 2022.

5. O Ambientalismo

Se a Reforma de Paris entrou para a História como um modelo para a Arborização Urbana, por causa de suas árvores enfileiradas com caráter meramente estético, essa arborização foi extrapolada para o conceito de Florestas Urbanas com espaços verdes e parques como equipamentos mais significativos do que árvores isoladas. Isso se deu em grande parte devido ao novo conceito surgido com o Iluminismo e a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, denominado Ambientalismo, que caracteriza a preocupação do homem com as questões ambientais. O Ambientalismo se insere em um conceito maior, que é o Paradigma Holístico, em que a paisagem urbana é vista como uma interação do meio urbano com atividades humanas, e não como mero cenário (GONÇALVES, 2003). Assim, o uso de árvores no ambiente urbano passou a ser feito com funções orgânicas para resolver problemas ambientais.

O advento do ambientalismo trouxe no seu bojo conceitos até então ausentes, como a sustentabilidade ambiental, a viabilidade econômica e a justiça social. Para o urbanismo, trouxe conceitos importantes como a qualidade de vida, a ampla acessibilidade e a inclusão social dos portadores de necessidades especiais. Para o atendimento desses conceitos novos requeridos pelos moradores das cidades, viu-se que as árvores poderiam ser elementos importantes, mas que não poderiam ser utilizados com funções meramente estéticas, ou seja, haveriam de entrar na composição urbana para melhoria da qualidade de vida do cidadão.

Fischesser (1981) compara a árvore com uma máquina viva que purifica, filtra e umedece o ar, baixa a temperatura dos bairros sufocantes e reduz o ruído. Afirma que 1 (um) hectare arborizado fixa em média 50 toneladas de poeira por ano e efetua depuração bacteriana, fixando gases tóxicos e liberando de 4 a 10 toneladas de oxigênio. Não à toa, Olmsted, quando venceu o concurso para a implantação do Central Parque, justificou seu projeto como produtor de oxigênio para a cidade de Nova York. Hoje se sabe que o oxigênio produzido por árvores é ínfimo comparado ao produzido pelas algas marinhas, mas de qualquer forma foi uma justificativa válida.

Grey e Deneke (1978) apresentam quatro teorias para explicar os mecanismos de despoluição do ar pelos vegetais: oxigenação, diluição, absorção e adsorção.

A teoria da oxigenação procura explicar a despoluição pela troca do ar poluído pelo ar puro produzido e existente entre os indivíduos de

uma massa vegetal, o que justifica agrupamentos de árvores como mais importantes do que árvores isoladas. A diluição, por sua vez, defende a despoluição por meio da mistura do ar poluído com o ar puro produzido pela vegetação. Já a absorção explica que os elementos poluentes são absorvidos pelos vegetais por um sistema, talvez, de troca. Essa explicação dos autores está hoje comprovada, em que, mesmo que essa troca exista, o processo mais aceito é o de fixação do poluente pelo vegetal como acontece e justifica os florestamentos para fixação dos gases de efeito estufa. Por último, pelo mecanismo da adsorção, o poluente é depositado nas folhas e aí permanece até que uma chuva faça uma lavagem, incorporando-o ao solo.

As árvores servem também para filtrar fumaças e odores desagradáveis pela passagem do ar pelas folhas e flores ou pelo mecanismo de absorção. Quando árvores são plantadas para despoluir, algumas normas devem ser observadas: os plantios devem ser perpendiculares à direção do vento; as plantas de copas abertas e permeáveis devem ser combinadas com barreiras densas; e os plantios devem ser concêntricos em torno da fonte poluidora. Isso mostra de forma clara o uso do vegetal diversamente ao seu uso meramente estético.

Outro uso importante das árvores no ambiente urbano é quanto ao controle da temperatura. Nesse aspecto, ressalta-se, no Brasil, o magnífico trabalho de Lombardo (1985) sobre as ilhas de calor nas metrópoles, focando o caso da cidade de São Paulo. Basicamente, o trabalho mostra os resultados de pesquisas com imagens de satélite que mapearam as zonas quentes da cidade devido às concentrações de áreas construídas e às impermeabilizações do piso por cimento e asfalto, o que foi denominado de ilhas de calor. Em contraposição, o estudo mostrou que nas áreas urbanas onde havia concentrações de vegetais as temperaturas eram mais amenas, o que foi denominado de ilhas de amenização. Assim, a Arborização Urbana se justifica ambientalmente pela criação de ambientes mais propícios ao convívio humano.

Spirn (1995) nos dá dois exemplos do uso da vegetação e do controle da qualidade de vida pelo ambientalismo. O primeiro é o caso da cidade de Stuttgart, na Alemanha, uma cidade industrial de 630 mil habitantes, na época, castigada por extensos períodos de fracos ventos e frequentes inversões térmicas com perigosas concentrações de poluentes atmosféricos. A solução naturalmente não foi com o mero uso de vegetação senão com um redesenho da cidade com aberturas e localizações das indústrias de modo que o vento pudesse circular. Paralelamente, a

vegetação distribuída de maneira devida contribuiu para a despoluição, funcionando principalmente como filtros direcionadores da massa de ar. Esse projeto foi utilizado como modelo para a cidade de Dayton, nos Estados Unidos, e, no Brasil, para a cidade de Cubatão, em São Paulo, com o reflorestamento da serra.

Mota (1981), em seu livro “Planejamento Urbano e Preservação Ambiental”, trata dos fatores hidrológicos que influenciam no planejamento urbano e, claro, na paisagem urbana. Ele defende o uso da vegetação e principalmente o uso das árvores para resolução dos problemas hidrológicos urbanos, que são: diminuição da evapotranspiração como consequência da redução da vegetação; aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização; diminuição da infiltração da água; maior erosão do solo e consequente aumento do processo de assoreamento das coleções superficiais de água; aumento da ocorrência de enchentes, poluição de águas superficiais e subterrâneas. Assim, a cobertura vegetal, e, portanto, a arborização, está relacionada com os seguintes aspectos ambientais: contribui para a retenção e a estabilidade dos solos; previne contra a erosão, pois tem efeito amortecedor da chuva, e favorece a infiltração da água, proporcionando menor escoamento superficial; integra o ciclo hidrológico através do processo de transpiração; e produz sombra, mantendo a água na temperatura adequada às diversas espécies de peixes e de outros organismos aquáticos.

Ainda segundo Mota (1981), a vegetação pode ser indicada como um meio para absorver o barulho, mas não há uma opinião definitiva sobre isso. Alguns autores aventam a ideia de que esse controle seja meramente psicológico, em que as áreas verdes têm função apenas de afastamento e de criação de uma barreira visual entre a fonte de ruídos e os receptores, embora a Organização Mundial da Saúde (OMS) tenha considerado os cinturões verdes entre áreas industriais e residenciais como um meio de proteção contra a propagação de ruídos. De qualquer forma, a Arborização Urbana, quer seja por mero afastamento, quer seja por questões psicológicas, acaba por contribuir para a qualidade de vida urbana no que tange aos ruídos.

Se nas cidades antigas a vegetação, especificamente as árvores, não era considerada tão importante porque as cidades, por serem pequenas, propiciavam um contato mais direto com a área rural, bastando praças secas inteiramente impermeabilizadas, hoje os centros urbanos não podem prescindir de áreas verdes e de arborizações por questões psicológicas, mas também por questões ambientais, como visto. Entre-

tanto, muito da Arborização Urbana ainda vem sendo feito com vistas no aspecto meramente estético. Os espaços urbanos abertos vêm diminuindo cada vez mais, e muito do paisagismo urbano tem que ser adaptado a essa falta progressiva de espaços para o cultivo de vegetais. Assim, as calçadas ainda são os espaços mais apropriados para o cultivo de árvores, embora o paisagismo vertical e os telhados verdes venham sendo utilizados como uma forma de ampliar essas possibilidades, representando de certa forma um retorno ao antigo jardim suspenso de Nabucodonosor. Se o ambientalismo exige maior comprometimento, isso nos leva a repensar os conceitos para aplicação da vegetação no ambiente urbano: Arborização Urbana apenas nas calçadas, silvicultura urbana, áreas verdes urbanas, florestas urbanas ou o que mais poderia vir? Mais importante do que a evolução histórica é, portanto, a evolução conceitual, e isso é o próximo assunto a ser discutido.

6. Evolução Conceitual

Áreas verdes urbanas. Historicamente falando, talvez o primeiro conceito tenha sido o de Áreas Verdes, já que este se contrapunha às praças secas nas cidades antigas onde os espaços livres para convívio não apresentavam qualquer tipo de vegetação.

A vegetação, no início, não ocupava espaços públicos, senão os espaços particulares como jardins residenciais, jardins institucionais e jardins botânicos para estudos. A preocupação com o verde nos centros urbanos e em locais públicos só viria com o advento da industrialização e com o ambientalismo. Mesmo assim, no começo, o que se buscava era apenas o lazer físico como forma de restauração das forças e o conforto psicológico como lembranças da paisagem rural.

Assim é que, em termos históricos e culturais, a praça é o mais significativo espaço verde da cidade, por ser determinada pelo tecido urbano. A necessidade crescente de cada vez mais espaços verdes fez com que, além das praças, surgissem os espaços mais periféricos e destacados do tecido urbano, os chamados parques, com características de plantios mais naturais do que os espaços restritos das praças.

De forma moderna, as áreas verdes urbanas desempenham funções mais importantes que o meramente visual por causa da densidade populacional, dos problemas ambientais e da busca por uma melhor qualidade de vida. O conceito de áreas verdes urbanas em contraposição às áreas construídas pode ser visto, por exemplo, no trabalho de Lom-

bardo (1985), em que as áreas verdes são consideradas áreas de amenização quando comparadas às áreas construídas, que são responsáveis pelas ilhas de calor urbanas. Entretanto, o crescimento das cidades tem imposto densidades populacionais que tornam esse índice inatingível dependendo do tipo de ocupação estabelecido (GONÇALVES, 2015). Assim, por exemplo, no caso de uma comunidade que não possui ruas convencionais e nem calçadas, onde não há espaços entre casas, e o adensamento populacional por casa é elevadíssimo (famílias com 7 a 10 pessoas), ou no caso de um condomínio residencial verticalizado, ou de um centro comercial, mesmo que a ocupação do solo construído seja organizada, o espaço livre para o verde é diminuto quando comparado ao número de pessoas “empilhadas” em uma área municipal tão pequena (Figura 7).

O surgimento do paisagismo verticalizado e dos telhados verdes à semelhança dos antigos jardins babilônicos tem sido uma alternativa para o aumento do índice de áreas verdes, mas se esses jardins podem trazer algum conforto para os habitantes dos prédios onde se localizam, para a população urbana de modo geral eles não passam de meros arroubos estéticos.

O conceito genérico de áreas verdes ainda é viável e muito utilizado pela sua generalidade, já que não estabelece ou exige o porte da vegetação utilizada, podendo esta ser composta tanto de vegetação rasteira, como um simples gramado, quanto por uma vegetação arbustiva ou mesmo de plantas herbáceas meramente decorativas, ou até de espécies de grande porte, como é o caso das arbóreas. Entretanto, como as exigências por questões ecológicas, de qualidade de vida e de conforto urbano são cada vez mais prementes, a história tem exigido conceitos mais abrangentes para a caracterização da vegetação a ser cultivada no ambiente urbano.



Figura 7 - Exemplo de ocupação urbana adensada, onde há pouco ou nenhum espaço para áreas verdes.
Fonte: Edinilson dos Santos.

Arborização Urbana. O termo *arborização* não se aplica a todas as árvores urbanas (GONÇALVES, 2015). Sendo o verbo *arborizar* um verbo de ação, fica implícita a necessidade de um agente que pratique essa ação; assim, arborização é o produto resultante da ação do agente na tarefa de arborizar.

Quando o homem se agrupou para viver em sociedade, ele o fez em detrimento da vegetação nativa. Para o estabelecimento das cidades, esse foi também o processo. A cidade cresce engolindo as matas adjacentes, mas às vezes preservando algumas árvores agrupadas ou isoladas que permanecem no interior das cidades. Desse modo, a Arborização Urbana é, na verdade, uma reintrodução da vegetação nos centros urbanos sob a forma de praças, de parques e de árvores isoladas, agrupadas ou enfileiradas para suprir as necessidades. Dessa forma, o termo *arborização urbana* guarda sinonímia com os termos *silvicultura* e *arboricultura*, quando estas são realizadas dentro do perímetro urbano.

Quando, no século XIX, a cidade de Paris foi reformada pelo gênio de Haussmann, com a abertura de avenidas e bulevares, ela recebeu nesses espaços um acervo de árvores enfileiradas nas calçadas, por plantio, com um intuito meramente decorativo (LAWRENCE, 1988; 1993). Essa ideia, aprovada e adotada no mundo inteiro, formando linhas ao longo das ruas, foi denominada Arborização Urbana, Arborização de Ruas ou Arborização de Cidades. Ressalta-se, no entanto, que remanescentes florestais dentro do perímetro urbano, portanto não provenientes de plantios, sempre existiram. O que Haussmann fez em Paris foi realmente uma arborização e, ao copiar o processo, todo o mundo embarcou no conceito de arborização.

A adoção do termo Arborização Urbana para árvores cultivadas dentro do ambiente urbano fica clara quando vemos que instituições de estudo e de pesquisas adotaram esse termo para as suas atividades, como a International Society of Arboriculture (ISA), dos Estados Unidos, e a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), do Brasil. Seus estudos, na maioria, reportam aos plantios e cultivos de árvores urbanas, independentemente dos locais, mas em sua maioria em praças e ruas. Assim, podemos observar que mesmo no conceito de Áreas Verdes o conceito de arborização já estava implícito porque as áreas verdes são, quase sempre, estabelecidas por plantio e, embora o termo Arborização Urbana tenha se centrado muito nas árvores que ocupam as calçadas, a arborização pode se dar em qualquer espaço, desde que ela seja oriunda de um plantio organizado pelo ser humano. Se no iní-

cio a questão estética tenha sido o carro-chefe, hoje, com o advento do ambientalismo, a arborização pode se dar por diversos outros motivos e não necessariamente por enfileiramento ou de maneira isolada. Assim, até mesmo florestas podem ser constituídas por plantio.

Um exemplo clássico disso é a Floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, considerada por muitos como a maior floresta urbana do mundo (Figura 8). Essa floresta foi quase que totalmente replantada por necessidades hídricas e serve como exemplo de Arborização Urbana. Mais modernamente, outros exemplos podem ser citados no Brasil, como é o caso do reflorestamento no entorno da cidade de Cubatão, no estado de São Paulo, e diversos projetos desenvolvidos na cidade de Vitória, no Espírito Santo, para a proteção de áreas de declive acentuado. São, todos esses, casos em que se aplica corretamente o termo Arborização Urbana.

Mas o termo Arborização Urbana não se restringe apenas ao plantio das árvores, senão também a toda a organização programada ou o planejamento feito pelo ser humano para o estabelecimento e a posterior manutenção dessa vegetação urbana. Esse planejamento, por ser uma atividade completamente artificial, difere muito do estabelecimento de uma floresta natural, como será visto no próximo conceito. No estabelecimento de uma floresta natural, as árvores se associam segundo a adaptação de cada uma às suas necessidades em obediência às necessidades das outras. Não há um plantio organizado; a organização se dá de forma natural, e a ciência que estuda essa associação foi denominada fitossociologia, ou, conforme Giehl e Budke (2011) e Moro e Martins (2011), fitossociologia é uma ciência voltada ao estudo das comunidades vegetais e tem por objetivo compreender as causas e os efeitos da interação entre plantas em um ambiente. Assim, de forma



Figura 8 - Floresta da Tijuca (RJ). Um misto de remanes-cência e arborização. Fonte: pt.wikipedia.org / Google.

natural, algumas espécies são mais frequentes que outras, algumas espécies dominam sobre outras, algumas espécies rejeitam a presença de outras, e isso se dá por meio de associações, daí o termo *fitossociologia*.

No conceito de Arborização Urbana em que as espécies são escolhidas, cultivadas e mantidas pelo ser humano, a organização é completamente artificializada, segundo alguns conhecimentos apreendidos por ele em estudos fitossociológicos. Entretanto, ao compor a Arborização Urbana, o ser humano procura contornar todos os problemas advindos de uma organização natural. Assim, é ele quem estabelece o melhor espaçamento, é ele quem escolhe a espécie que deverá dominar o ambiente, quer seja por uma área basal, quer seja por um diâmetro de copa, é ele quem determina qual espécie terá a maior frequência de plantio, etc. Assim, também é ele quem determina qual espécie terá o melhor índice de importância ou qualquer outro índice que possa indicar o porquê do uso de cada espécie no arranjo. Desse modo, parâmetros utilizados para estudos fitossociológicos em florestas nativas não são, necessariamente, utilizáveis em plantios organizados pelo ser humano simplesmente porque nesses casos eles não representam a vontade do vegetal, mas apenas a vontade do homem, contrariamente à recomendação de muitos trabalhos sobre diagnósticos de arborização.

Por outro lado, porquanto numa arborização o homem elimina os conflitos entre os vegetais causados pela concorrência entre eles, ele, quase sempre, estabelece conflitos pela concorrência entre os vegetais e os diversos serviços urbanos tão importantes para o ser humano, ressaltando-se que esses outros serviços são tão essenciais quanto as árvores para a melhor qualidade de vida.

Florestas Urbanas. O termo Florestas Urbanas não é novo, tendo já sido utilizado por outros autores: Grey e Deneke (1978), Miller (1998), embora ainda se insista no termo Arborização Urbana nomeando disciplinas e instituições. Entretanto, mudanças no conceito são propostas e às vezes acatadas (PAIVA; GONÇALVES, 2002; GONÇALVES; PAIVA, 2006), porque o novo termo traz mudanças que o justificam. Assim, por exemplo, o texto de Gonçalves (2000), intitulado “Florestas urbanas: por que é preciso mudar” e apresentado no I Seminário sobre Florestas Urbanas em Belo Horizonte, promovido por CEMIG/SIF, justifica a mudança por entendê-lo como muito mais abrangente do que Arborização Urbana, pois, além de considerá-lo, acrescenta outros tipos de florestas que ocorrem no ambiente urbano, não provenientes de plantio, como os

remanescentes florestais e as vegetações arbóreas espontâneas surgidas dentro do perímetro urbano.

A proposta para um conceito mais abrangente não se atém, entretanto, apenas ao plantio ou não plantio. Muito além, ela defende que árvores agrupadas contribuem muito mais, ecologicamente, para a qualidade de vida, do que árvores isoladas ou enfileiradas (Figura 9). Enquanto no conceito de arborização os plantios são organizados de tal forma que não haja interferência de uma árvore ou de uma espécie sobre outra, no conceito de florestas urbanas, em que as árvores são agrupadas, essa interferência é proposital, sendo os arranjos de ocupação ditados por conveniências fitossociológicas.

Assim, para agrupamentos florestais, há que se estabelecer uma estrutura de floresta. Para Flores et al. (1998), citados por Magalhães (2007), os espaços cobertos pela vegetação arbórea apresentam estrutura e função. Os autores descrevem as estruturas e discriminam o termo Arborização Urbana para árvores plantadas, e os termos Florestas e Vegetações Associadas para os agrupamentos. Eles afirmam, então, que a estrutura de Florestas Urbanas deve ser trabalhada tanto com o enfoque da ecologia da paisagem, em que são abordadas as relações espaciais de cada unidade espacial ocupada por florestas, quanto o da estrutura interna, abordando a comunidade florestal, sua florística e a fitossociologia.

Independentemente de o agrupamento ter sido estabelecido por plantio, por remanescente, por simples enriquecimento ou por aparecimento espontâneo, as florestas urbanas apresentam funções diversas, desde o lazer e a recreação até a ecologia. Entretanto, florestas urbanas podem ter também funções produtivas com favorecimentos, tais como madeira, frutos e outros produtos (GONÇALVES, 2010a; 2010b). Flores-

Figura 9 - Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte (MG). Floresta urbana: árvores agrupadas para melhor qualidade de vida. Fonte: Edinilson dos Santos.



tas urbanas com objetivos de produção, quando não imbuídas de retorno econômico, são denominadas de Florestas Sociais.

Como se vê, o conceito de Florestas Urbanas vai muito além do conceito de Arborização Urbana e representa, historicamente, uma evolução. Entretanto, se para a arborização existem espaços mais ou menos determinados, como calçadas, praças e parques, para a implantação de florestas no ambiente urbano há que se buscarem espaços que as comportem: os lotes vagos, os terrenos baldios, as áreas de risco, as áreas de preservação permanente, determinadas pelo Código Florestal, e as áreas não edificáveis determinadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano.

Ecologia Urbana. Ainda que o modelo de Haussmann tenha sido amplamente copiado e seja amplamente utilizado, nossas cidades, hoje, apresentam necessidades que vão muito além dessa estética paisagística. Atualmente, conceitos como sustentabilidade, inclusão social e acessibilidade, bem como aspectos políticos, direcionam o crescimento urbano (BARBOSA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2009). Franco (1997 e 2000) afirma que o planejamento deve partir de bases naturais para a sustentação com diminuição de gastos de energia e preocupação com riscos e impactos ambientais e biodiversidade no ecossistema. A correta gestão ambiental precisa de garantias socioeconômicas para evitar degradações, pois o restabelecimento da vegetação natural e das matas ciliares, o controle da erosão e a limpeza de córregos, por exemplo, são fundamentais para uma ecologia urbana (BARBOSA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2009).

Mas a ecologia urbana vai muito além quando se preocupa também com fatores que interferem nos processos e na qualidade de vida. Mesmo processos que não são controlados por vegetação precisam ser estudados. Lombardo (1985), quando mapeou as ilhas de calor na cidade de São Paulo, contrapôs-lhes as ilhas de amenização com o uso da vegetação, plantadas ou não. Rivero (1986) estuda o clima urbano relacionando-o com a arquitetura, e não necessariamente com a vegetação. Para ele, a transmissão de calor, a evaporação e a condensação, a ventilação e o conforto térmico são fatores de estudo que, dependentes do construído, podem ser melhorados com vegetação. Nessa mesma linha, está o trabalho de Bustos Romero (2001) sobre a arquitetura bioclimática do espaço público: o som, a luz. Os condicionamentos são alguns dos fatores estudados. Spirn (1995) aborda tópicos importantes para a ecologia das cidades, como o ar, os solos, a água, os animais e a vegetação. Um

assunto atual como o sequestro de carbono, por exemplo, pode ser visto em Gonçalves (2010a), e outro, sobre sustentabilidade para a ecologia urbana, em Gonçalves (2010b). Já o trabalho de Menezes (1996), sobre uma experiência desenvolvida em Curitiba, aborda o desenvolvimento urbano e o meio ambiente.

Indubitavelmente, o cultivo de árvores no meio urbano teve uma evolução. De plantios com fins meramente estéticos até o cultivo com fins ecológicos, passando por agrupamentos com funções e estruturas de florestas. Essa evolução não tem volta. O profissional que se aventurar no planejamento das cidades tem, forçosamente, de considerá-la.

7. Resumo e Conclusão

Os primeiros espaços abertos dentro do perímetro urbano não possuíam vegetações, pois estas eram utilizadas apenas como jardins em espaços privados. Assim, os espaços públicos de convivência eram chamados de praças ou largos, mas eram espaços secos, sem vegetação. Com o advento da Primeira Revolução Industrial, surgiram as necessidades do contato com a vegetação no interior das cidades, tanto por razões fisiológicas quanto por razões psicológicas, e os espaços de convivência passaram a receber vegetação e foram chamados, então, de Áreas Verdes. A Reforma de Paris realizada pelo Barão Haussmann ornamentou as avenidas e bulevares com árvores, cunhando o nome de Arborização Urbana para essa prática. Com o advento do ambientalismo, das árvores foram exigidas funções ecológicas e funcionais superiores à mera ornamentação, introduzindo o conceito de Florestas Urbanas. Por fim, surgiu o termo Ecologia Urbana como sendo mais abrangente, extrapolando o cultivo da vegetação e englobando todos os fatores ecológicos, mesmo que estes não envolvam o plantio de florestas.

Referências

BARBOSA, V. L.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Paisagem, ecologia urbana e planejamento ambiental. *Geografia (Londrina)* v.18, n.2, 2009. P. 21-36.

BERMAN, M. *Tudo o que é sólido desmancha no ar; a aventura da modernidade*. São Paulo: companhia das Letras, 1986. 360p.

BRUCK, E. C.; CARDOSO, M. A.; ONO, H. Y. Proposta para um gerenciamento de áreas verdes. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. Campos do Jordão: 1982. *Anais...* Instituto Florestal, 1982. V.3.

BUSTOS ROMERO, M. A. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, 2001. 226p.

CAVALHEIRO, F. O. Planejamento de espaços livres – o caso de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. Campos do Jordão: 1982. *Anais...* Instituto Florestal, 1982. V.3.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. *Manual de arborização*. Belo Horizonte: CEMIG, 1986. 40p.

FISCHESSER, B. *Conhecer as árvores*. EUROAGRO, 1981, 275p.

- FRANCO, M. de A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2000. 296p.
- FRANCO, M. de A. R. **Desenho ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1997. 224p.
- GALENDER, F. C. **Considerações sobre a conceitualização dos espaços públicos urbanos**. In: Paisagem e ambiente – ensaios IV. São Paulo: FAUUSP, 1992. p. 113-120.
- GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil: em busca de um paradigma. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa: Editora UFV, 2011. p. 23-43.
- GOITIA, F. C. **Breve história do urbanismo**. Lisboa: Editorial Presença, 1989. 226p.
- GONÇALVES, W. **As florestas urbanas e o sequestro de carbono**. In: Urbana paisagem 2. Viçosa (MG): Edição do Autor, 2010a. p. 55-68.
- GONÇALVES, W. **Diagnose qualitativa de florestas urbanas**. Viçosa (MG): O Autor, 2015, 93p.
- GONÇALVES, W. **Florestas urbanas geradoras de qualidade de vida, emprego e renda**. In: Urbana paisagem 2. Viçosa (MG): Edição do Autor, 2010b. p. 15-52.
- GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: porque é preciso mudar**. In: **Primeiro Seminário sobre Florestas Urbanas**. Belo Horizonte: CEMIG/SIF, 2000.
- GONÇALVES, W. **O ensino da Arborização Urbana no Brasil**. In.: Urbana Paisagem: palestras e conferências: 200-2002. Viçosa (MG): O Autor. 2003, p. 17-33.
- GONÇALVES, W. **Padrões de assentamento de áreas verdes municipais: uma visão crítica**. 1994, 116f. Tese (doutorado em arquitetura e urbanismo) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GONÇALVES, W.; BRIANEZI, D. **Garantias legais para a sustentabilidade urbana**. In: *Direito ambiental*, 2v.. Brasília: EMBRAPA, 2015. P.1031-1047
- GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Silvicultura urbana: implantação e manejo**. Viçosa (MG): Aprenda Fácil Editora, 2006. 201p.
- GOYA, C. R. **Relato histórico da arborização na cidade de São Paulo**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1. *Anais...* Vitória, 1992. P.403-408.
- GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York: John Wiley, 1978. 279p.
- LAWRENCE, H. W. **Origins of the tree-lined boulevard**. *Geographical Review*. V.8, n.4, oct, 1988.
- LAWRENCE, H. W. **The neoclassical origins of modern urban forests**. *Urban forest*: 37, jan, 1993.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o caso de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244p.
- LOPES, M. R. **Verde que te quero verde**. Belo Horizonte, IEF, 1979. (II concurso nacional de monografias sobre direito florestal).
- MAGALHÃES, L. M. S. **Florestas urbanas, funções e estrutura**. In: **Águas urbanas: uma contribuição para a regeneração ambiental com o campo disciplinar integrado**. Rio de janeiro: UFRJ, 2007. P. 123-133.
- MENEZES, C. L. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba**. Campinas (SP): Papirus, 1996. 198p.
- MESQUITA, L. B. **Memórias do verde urbano do Recife**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3. *Anais...* Salvador, 1996, p.60-70.
- MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000, 226p
- MILLER, R. W. **Urban Forestry: planning and managing urban greenspaces**. New Jersey: Prantice Hall, 1998. 404p.
- MONTEIRO, M. A. I. **Planejamento de áreas verdes urbanas: caso de Salvador**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. Campos do Jordão: 1982. *Anais...* Instituto Florestal, 1982. V.3.
- MORO, M. F.; MARTINS, F. R. **Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo**. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa: Editora UFV, 2011. p. 174-212.
- MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981. 242p.
- NECLÉRIO HOMEM, M. C. **O palacete do eclétismo: implantação**. In: Paisagem e ambiente – Ensaios 6. São Paulo: FAUUSP, 1994. P. 31-44.
- OLMSTED, F. L.; KIMBALL, T. **Forty years of landscape architecture**. F. L. Olmsted, s. ed. 1958. P.45-46.
- PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Viçosa (MG): Aprenda Fácil Editora, 2002. (Coleção jardinagem e paisagismo, série Arborização urbana).
- RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**, 2 ed. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986. 240p.
- SPIRN, A. W. **O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade**. São Paulo: EDUSP, 1995. 345p.
- WIKIPEDIA. Acesso em setembro de 2019.



Ficus auriculata Loureiro



Planejamento da Arborização Urbana

Angeline Martini
Daniela Biondi

1. Introdução

Planejar é preparar um conjunto de procedimentos, tarefas e ações que seguem métodos convenientes, visando à realização de determinado projeto. Para a arborização, visa permitir condições de desenvolvimento favoráveis à árvore, otimizando seus benefícios à população urbana, sem causar qualquer forma de prejuízo para ambas as partes. Dentre todos os temas que envolvem a Arborização Urbana, o planejamento é o que merece maior atenção, pois consiste na materialização das ações necessárias aos demais, bem como interfere em todos eles.

O planejamento da Arborização Urbana é muitas vezes confundido e entendido apenas como o ato de elaborar um projeto gráfico, embora essa atividade não se limite apenas a essa ação. Precisa envolver a previsão de ações de manutenção e manejo para cada espaço, elaborar cronogramas para a execução das atividades, estruturar a rotina operacional referente a todas as exigências das árvores e, ainda, tratar dos recursos financeiros para as ações. Portanto, o planejamento se aplica a todas as fases de desenvolvimento das árvores e a qualquer cenário urbano encontrado; contudo, é no início de tudo, já no processo de implantação, que precisamos dedicar maiores esforços.

Grande parte dos problemas atuais referentes à arborização brasileira poderia ser evitada se tivesse havido desde o início um planejamento adequado. As árvores não seriam obstáculos à passagem de pedestres se estivessem plantadas em locais apropriados e com o uso de espécies ideais. As raízes das árvores não trariam prejuízos às calçadas (rachaduras, levantamento e desnivelamento) se houvesse espaço suficiente e condição mínima ao seu bom desenvolvimento. A poda realizada pelas companhias de energia, que muitas vezes descaracteriza por completo a copa das árvores, trazendo prejuízos estéticos e despertando a atenção da população para essa causa, não seria realizada se o

conflito entre elas não existisse, ou seja, se tivesse sido plantada a espécie certa no local e dada a devida manutenção desde o início. Inclusive a ocorrência da queda de árvores tem relação com essa questão; alguns estudos recentes têm demonstrado a relação entre queda e a falta de área permeável disponível ao enraizamento das árvores.

Nesse contexto, o intuito deste capítulo é apresentar e discutir os fatores que precisam ser incorporados ao processo de planejamento da Arborização Urbana, com foco prioritário na implantação de novas áreas. Para isso, são abordadas questões referentes ao uso da terra na paisagem urbana, a importância do sistema integrado de Arborização Urbana e respostas às perguntas essenciais ao planejamento de novas áreas: *o quê?* (características das árvores que devem ser consideradas); *por quê?* (objetivo de arborizar); *como?* (características urbanas que interferem no desenvolvimento das árvores); e *onde?* (árvore certa no lugar certo). Também serão abordadas as diretrizes para implantação de áreas verdes públicas e arborização de ruas, bem como a elaboração do plano diretor de Arborização Urbana e os recursos e fontes de financiamentos necessários.

2. O Uso da Terra na Paisagem Urbana

A paisagem urbana caracteriza-se pelo predomínio de elementos antrópicos em sua composição, e, ao tratar especificamente do uso da terra nesses espaços, a principal diferença para a paisagem natural é a existência de uma cobertura do solo formada por materiais impermeáveis. Dessa forma, o uso da terra em áreas urbanas é, na sua maioria, constituído por áreas construídas e impermeáveis para atender às diferentes necessidades da população. Vale ressaltar que, nas áreas urbanas, também são encontradas áreas permeáveis com cobertura vegetal que estão em constante pressão das atividades urbanas, com proporção que varia de cidade para cidade. De modo geral, podem-se encontrar os seguintes usos da terra em paisagens urbanas:

- a. Residencial: construções destinadas ao abrigo da população urbana, tais como casas, sobrados, apartamentos, condomínios fechados, habitações populares;
- b. Comercial: construções destinadas à obtenção de produtos por parte dos habitantes da cidade, como lojas de atacado e varejo, mercados, *shoppings* e feiras;

- c. Industrial: construção que visa à transformação de matéria-prima em bens de produção ou de consumo, como fábricas e usinas;
- d. De serviços: construções destinadas a fornecer necessidades básicas, tais como escolas, hospitais, pronto socorro, clínicas, quadras esportivas, delegacias, igrejas, bancos, lotéricas, hotéis, farmácias, academias;
- e. De acesso: construções para garantir o deslocamento da população por meio terrestre, como ruas, avenidas, estradas, rodovias, calçadas, pontes, trilhos, ciclovias, viadutos e terminais de ônibus e metrô;
- f. Fragmentos de campo: áreas remanescentes de práticas agrícolas ainda não transformadas pela urbanização e que se mantêm em operação, como sítios, fazendas, ranchos, roças, chácaras;
- g. Fragmentos de vegetação nativa: remanescentes que se mantiveram devido ao desinteresse do espaço para a expansão urbana (mata, capão, florestas, restingas e manguezais);
- h. Áreas verdes: espaços com vegetação, destinados ao lazer, recreação e convívio social, dotados de infraestrutura mínima, como praças, parques, bosques urbanos, reservas particulares do patrimônio natural municipal (RPPNs), etc. Algumas vezes contêm fragmentos de campo e vegetação nativa, mas diferenciam-se destes pela presença de infraestrutura;
- i. Vazios urbanos: lotes desocupados e áreas públicas sem uso que podem ser áreas construídas ou não, como terreno abandonado, terreno baldio, faixa de servidão e construções inacabadas.

A coexistência desses diferentes usos da terra na paisagem urbana não é uma tarefa simples para garantir a eficiência do seu funcionamento simultâneo. É um dos maiores desafios dos urbanistas, que ainda precisam pensar nas demandas futuras da população, como, por exemplo, a crescente necessidade da reaproximação da humanidade com a natureza.

O ser humano desde a sua origem no universo tem a necessidade do contato com a natureza, sendo criado em um ambiente com plantas, animais e uma infinidade de seres vivos e sendo também parte da natureza. Com o passar dos anos, devido a qualidades únicas, conseguiu

evoluir em termos culturais até atingir o padrão de vida atual. Contudo, na memória humana, ainda se busca, de maneira intrínseca, a harmonia e a dependência de elementos naturais, estabelecida no passado.

As cidades, por muitos anos, caracterizaram-se como locais contrários às áreas naturais, devido principalmente aos grandes impactos gerados pela poluição do ar, hídrica, edáfica, sonora, visual, entre outras. Atualmente, grande parte da população e gestores percebem a necessidade de buscar um equilíbrio entre as cidades e as áreas naturais. Por conta disso, a conservação ou preservação dos remanescentes florestais urbanos e a introdução de plantas ornamentais nas áreas urbanas estão garantindo sua existência e permanência através das leis de âmbito federal, estadual e municipal. Nos últimos anos, há uma série de leis criadas no Brasil que podem embasar a importância desse tema.

Em 2001, a Lei Federal nº 10.257 estabeleceu normas de ordem pública e interesse social para regular o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança, do bem-estar dos cidadãos e do equilíbrio ambiental. Essa lei, denominada de Estatuto da Cidade, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante uma série de diretrizes gerais, dentre as quais estão: garantir o direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações; proteger, preservar e recuperar o meio ambiente natural e construído e o patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico (BRASIL, 2001).

Ainda nessa mesma Lei, é estabelecido que toda cidade brasileira com mais de 20 mil habitantes deve elaborar um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Municipal. Este deve conter as exigências fundamentais de ordenação da cidade, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas. Diante disso, surge a necessidade da elaboração de um Plano Diretor da Arborização Urbana (PDAU), um instrumento complementar ao Plano Diretor da cidade (BRASIL, 2001).

Outra lei de fundamental importância para esse aspecto é a Lei Federal nº 6.766 de 1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, sendo a base normativa para reger as ações necessárias ao estabelecimento de novos loteamentos urbanos. A tentativa de ordenar a ocupação urbana nos municípios busca garantir, entre outros benefícios, a melhoria

da qualidade de vida, além de promover a correta instalação do conjunto de técnicas e obras necessárias para fornecer a uma área condições de infraestrutura, planejamento, organização administrativa e embelezamento, alcançando, assim, os princípios da urbanização (BRASIL, 1979).

Em termos ambientais, para impulsionar maior cuidado à conservação dos recursos naturais em ambientes urbanos, surgiu o novo Código Florestal, que também estipulou alguns instrumentos para garantir um ordenamento do território sustentável. Os instrumentos criados pela Lei Federal nº 12.651, em seu Art. 25, estabeleceram que (BRASIL, 2012):

- a. O Poder Público municipal passa a ter preempção para aquisição de remanescentes florestais relevantes;
- b. No processo de expansão urbana, as Reservas Legais das antigas propriedades rurais devem ser transformadas em áreas verdes;
- c. A implantação de áreas verdes passa a ser exigida nos loteamentos, empreendimentos comerciais e áreas de implantação de infraestrutura;
- d. Os recursos oriundos da compensação ambiental podem ser aplicados nas áreas verdes.

É importante destacar ainda que o Código Florestal define como áreas verdes urbanas os espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais. Além disso, obriga que essas áreas sejam indisponíveis para construção de moradias e que estejam previstas no Plano Diretor e nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município (BRASIL, 2012).

Com a atenção dada a essas leis apontadas anteriormente, o município passa a ser capaz de ter autonomia para estabelecer seu horizonte de planejamento urbano, sintetizando suas ações em atividades de curto, médio e longo prazo, descritas no seu plano diretor. Assim, tendo como foco garantir uma cidade sustentável, é essencial respeitar a preservação dos recursos naturais fundamentais e promover a melhoria do aspecto ecológico urbano, com a implantação de mais espaços arborizados, além de fazê-los funcionar de forma integrada.

3. Arborização Urbana como um Sistema Integrado

Para entender o conceito de sistema integrado da Arborização Urbana, é preciso compreender inicialmente as partes que compõem esse sistema, ou seja, entender a estrutura da Arborização Urbana, os diferentes locais onde existem ou podem vir a existir árvores na paisagem urbana. Embora o conceito de Arborização Urbana não se restrinja apenas ao elemento árvore, buscou-se aqui contemplar tal elemento como foco principal, e, assim, os locais onde existem ou podem vir a existir árvores denominam-se tipologias da Arborização Urbana (Figura 1), que são:

- a. Arborização de Ruas: plantio de árvores ao longo das ruas e calçadas, composto principalmente por um maciço em disposição linear, mas também árvores isoladas inseridas na parte externa ao limite dos lotes urbanos;
- b. Remanescentes Naturais: abrigam árvores isoladas ou em conjunto que foram mantidas nas cidades ao longo do seu processo de expansão ou que surgiram espontaneamente. Sua existência não foi obra da ação humana, mas sua preservação é tarefa prioritária. Distinguem-se das Áreas de Preservação Permanente por não estarem localizadas nas margens de rios, topos de morro ou demais especificações do Código Florestal. Não é uma categoria protegida por lei e, portanto, cabe ao município legislar a seu favor;
- c. Área de Preservação Permanente (APP): área protegida por lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Compreende as árvores existentes nos locais estabelecidos pela Lei nº 12.651, em seu Art. 4º. É importante destacar que muitas APPs em ambiente urbano não apresentam vegetação e, portanto, precisam do plantio de árvores incentivado, quando possível. Ao mesmo tempo, vale destacar que muitos remanescentes naturais podem estar inseridos nesse domínio, o que garante sua perpetuidade;
- d. Áreas Verdes Culturais: localidades que abrigam árvores em ambientes que demonstram ter um tratamento paisagístico para atender às necessidades sociais, estéticas e/ou ecológicas (BIONDI, 2015a). O termo *cultural* refere-se ao conjunto de padrões evo-

lutivos da sociedade (costumes), que proporcionam melhorias do lugar em um período específico. Nesse caso, alcançado pelo tratamento paisagístico, aplicado aos espaços destinados prioritariamente ao lazer e à recreação consorciados com a implantação de vegetação, em busca de alcançar melhoria ecológica às cidades. São espaços onde normalmente encontram-se as árvores em composição com outras plantas ornamentais, dispostas em canteiros, popularmente chamados de jardins;

e. Jardins: localidades onde as árvores estão em terrenos fechados, que servem como adorno e proteção a alguma edificação. Trata-se de uma extensão de terreno, em geral com muro ou grades à volta, onde se cultivam plantas ornamentais.

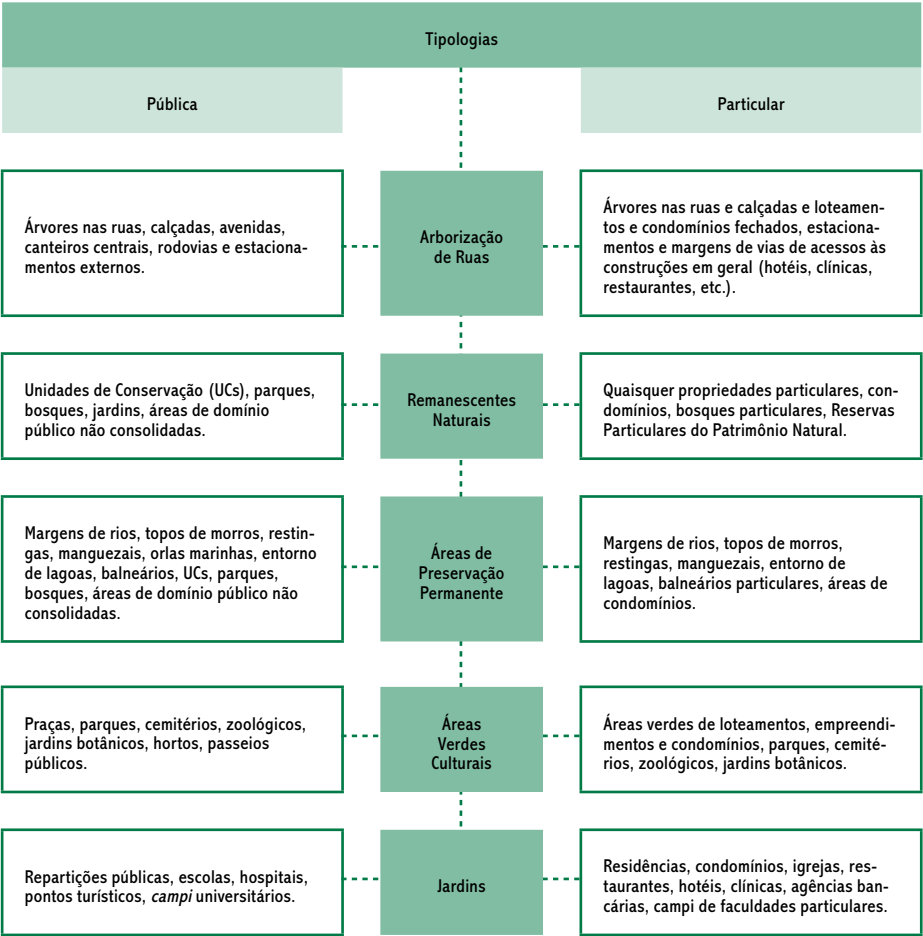


Figura 1 - Exemplos de locais onde podem existir árvores no ambiente urbano (tipologias da Arborização Urbana).

É importante destacar ainda que os remanescentes naturais e as APPs também precisam de intervenção paisagística para garantir sua integridade e proteção no ambiente urbano, uma vez que a melhor forma de proteger e conservar tais espaços é por meio do incentivo ao uso como lazer e recreação. O que os difere das áreas verdes culturais é a finalidade prioritária, que visa à manutenção e conservação dos espaços naturais na cidade, a que se deve aliar as atividades de lazer e recreação, ao passo que nas áreas verdes culturais tem-se o inverso dessas ações.

As árvores podem existir ou serem plantadas em diferentes locais na cidade, como apresentado anteriormente. Dessa forma, cada local precisa receber atenção diferente na hora de planejar a arborização em vista de otimizar os benefícios esperados. Mas, além de atender objetivos específicos e individuais de cada área, é preciso criar respostas amplas que alcancem o todo de uma cidade, de maneira integrada.

Um dos principais problemas futuros para os quais as cidades precisam se preparar refere-se às mudanças climáticas. As áreas urbanas concentram muitos dos riscos globais, como estresse por calor, precipitações extremas, inundações costeiras e no interior, deslizamentos de terra, poluição do ar, seca e escassez de água (IPCC, 2014). Isso ocorre porque o clima das cidades difere das áreas rurais, sendo influenciado por: prédios, casas e indústrias de diferentes formas e alturas; solo recoberto por materiais impermeáveis; circulação de veículos; fornecimento rápido e artificial de energia; canalização de rios e córregos; e a utilização de materiais com refletância e capacidade térmica mais elevada. Tais características levam a temperaturas mais altas, baixa umidade do ar, alteração no fluxo dos ventos e aumento considerável da precipitação. Muitos habitantes das cidades em todo o mundo já sofrem de problemas de saúde e desconfortos causados por esse sobreaquecimento das zonas urbanas, e há evidências convincentes de que esses problemas serão intensificados pela mudança climática global (BROWN et al., 2015).

Desde 2013, por exemplo, a União Europeia vem adotando estratégias para promover investimentos em “infraestrutura verde”, de modo a restaurar a integridade dos ecossistemas, garantir que as áreas naturais permaneçam conectadas e permitir que as espécies prosperem em todo o seu hábitat natural, para que a natureza continue fornecendo seus benefícios (HANSEN et al., 2017). Assim, tomando como base alguns avanços europeus, é preciso estabelecer nas cidades brasileiras

uma abordagem estratégica que visa desenvolver redes de áreas verdes, projetadas e gerenciadas para oferecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos e outros benefícios em todas as escalas espaciais.

Criar um conjunto de elementos organizados e integrados visa obter resultados capazes de unir soluções diferentes, de modo que os benefícios proporcionados por cada área se tornem parte de um sistema maior, mais abrangente e que possa ser compartilhado por todos. Para isso, o planejamento de *Urban Green Infrastructure (UGI)* deve ser sustentado por quatro princípios fundamentais (HANSEN et al., 2017):

- a. Integração verde-cinza: para buscar a integração e coordenação das áreas verdes urbanas com outras infraestruturas, como sistemas de transporte e serviços, levando em conta o tamanho das áreas e sua distribuição espacial na cidade;
- b. Conectividade: para criar redes conectadas, interligadas, que envolvam a criação e restauração de conexões para dar suporte e proteger processos, funções e benefícios que as áreas verdes individuais não podem proporcionar sozinhas;
- c. Multifuncionalidade: para fornecer e aprimorar múltiplas funções e serviços, combinar diferentes funções para aumentar a capacidade das áreas verdes urbanas em oferecer vários benefícios, criando sinergias e reduzindo conflitos;
- d. Inclusão social: para promover o planejamento colaborativo e participativo, em busca de processos socialmente inclusivos, abertos a todos, e incorporando o conhecimento e as necessidades de diversas partes.

Embora o conceito de infraestrutura verde urbana seja amplo, uma vez que compreende implantação de telhados verdes, jardins verticais e manejo da hidrografia, tais princípios convergem perfeitamente à proposta do sistema integrado da arborização. Se planejado de forma eficiente, a biodiversidade urbana será conservada e, consequentemente, o meio ambiente tenderá ao equilíbrio. Além disso, o impacto paisagístico será intensificado, facilitando as funções ambientais, sociais e ecológicas nas cidades.

Segundo Biondi (2015b), os órgãos gestores da floresta urbana precisam desenvolver um sistema integrado da arborização para minimi-

zar o efeito de isolamento dos fragmentos florestais urbanos, promovendo prioritariamente a conexão das diferentes tipologias de arborização espalhadas pela cidade. Tal conexão torna-se possível com a criação de corredores ecológicos ao longo do sistema de transportes (vias públicas, linhas ferroviárias e metrô de superfície), em parques lineares e rios com vegetação lindeira em seu curso natural ou retificado.

Compor esse sistema integrado e eficiente em uma cidade requer impreterivelmente como primeiro passo a análise da estrutura da paisagem, em escala ampla, que possibilite a partir disso definir áreas já conservadas e aquelas que ainda precisam de atenção. Como qualquer paisagem, o ambiente urbano também é formado por um mosaico de matrizes, fragmentos e corredores.

De acordo com Forman e Gordon (1986), a matriz de uma paisagem corresponde à classe de cobertura do solo que ocupa a maior área, tem maior grau de conectividade e controla a dinâmica da paisagem. Grise (2015), em estudos da paisagem em Curitiba, definiu a matriz urbana como toda a área sem cobertura de vegetação (áreas construídas ou impermeabilizadas). Os fragmentos são elementos individuais cujo uso do solo distingue-se da matriz; assim, para a gestão da Arborização Urbana, os fragmentos são considerados as áreas cobertas por vegetação. E, por fim, os corredores são áreas lineares que conectam um lugar a outro, representados nas cidades pela arborização de ruas, rios, matas ciliares e parques lineares.

A interpretação da paisagem para a criação de um sistema integrado e eficiente da arborização, proposto por Grise (2015), permite classificar os locais da seguinte forma:

- a. Áreas prioritárias de conservação: fragmentos de vegetação nativa remanescente (parques, bosques, APPs, UCs e RPPNs), áreas verdes de grande extensão, portanto, componentes prioritários na conservação da biodiversidade urbana;
- b. Áreas acessórias de conservação: fragmentos introduzidos públicos (praças, largos e demais áreas verdes públicas), consideradas áreas acessórias na composição;
- c. Áreas de fluxo: formadas por corredores de vegetação, independentemente do tipo, definidos como os conectores da paisagem, onde a área refere-se principalmente ao diâmetro de copa das árvores;

- d. Áreas potenciais de conservação: formadas por fragmentos introduzidos particulares, referentes apenas à vegetação em área particular.

A autora expõe, ainda, que além de definir os tipos de fragmentos e corredores da paisagem urbana, estes devem ter sua área de influência estimada e delimitada para garantir uma distribuição homogênea na cidade, evitando grandes espaços vazios, desprovidos de cobertura vegetal (Figura 2). Segundo a metodologia proposta, o raio de influência das áreas prioritárias de conservação equivale a 1.000 m (mil metros), as áreas acessórias têm raio de 500 m (quinhentos metros), nas áreas de fluxo o raio é equivalente ao espaçamento entre árvores adotado na rua, e as áreas potenciais têm o próprio valor de recobrimento do solo por vegetação.

Com essa análise da estrutura da paisagem, é possível verificar, portanto, se a arborização presente na cidade forma um sistema integrado, bem como a espacialização das futuras intervenções para otimizar seus benefícios. Tais estudos permitem obter informações sobre áreas conservadas ou preservadas e ainda aquelas que precisam ser recuperadas, para formar uma malha conectada.



Figura 2 - Estrutura da paisagem aplicada para a formação de um sistema integrado de Arborização Urbana - estudo de caso para uma porção da cidade de Curitiba-PR. Fonte: Grise (2015).

- Áreas prioritárias de conservação
- Raio de influência das áreas prioritárias de conservação
- Áreas acessórias de conservação
- Raio de influência das áreas acessórias de conservação
- Áreas potenciais de conservação
- Áreas de fluxo
- Áreas livres de vegetação

4. Implantação de Novas Áreas Arborizadas

A partir do conhecimento sobre a estrutura da paisagem urbana, os planejadores podem iniciar as atividades relacionadas à implantação de novas áreas arborizadas, sendo este o foco de ação quando se refere ao planejamento da arborização, tratar do futuro, das novas áreas a serem implementadas. Assim, o planejamento nada mais é do que pensar antecipadamente sobre ações futuras, adotando como base as análises atuais e projetando essas tendências para além do presente.

A determinação do conjunto de procedimentos e estratégias que visam à realização de determinado objetivo deve ser pensada minuciosamente, independentemente do que se pretende alcançar. Qualquer planejamento precisa ter como base a resposta para sete questões principais: *O quê? Por quê? Onde? Quem? Quando? Como? Quanto?* Essas perguntas são amplamente difundidas para a elaboração de qualquer plano de ação e cabem ser aplicadas aqui. Tal metodologia é conhecida como 5W2H (*What, Why, Where, Who, When, How, How much*) (BEHR et al., 2008). Para a implantação de novas áreas arborizadas, podem-se entender essas questões da seguinte forma:

O quê? O que se vai plantar é relacionado com a seleção de espécies e composições paisagísticas. Para a arborização, a seleção de espécies garantirá parte do sucesso da implantação; para isso, é preciso estabelecer critérios já recomendados por diversos autores, tais como: porte da árvore adulta, tamanho das flores e frutos, presença de espinhos/acúleos, hábito e densidade da copa, ritmo de crescimento, altura do esgalhamento/bifurcação, presença de princípios tóxicos e susceptibilidade a pragas e doenças.

Com relação à composição paisagística, refere-se ao que será implantado: um único indivíduo? Um bosque de mesma espécie? Um bosque diversificado? Uma fileira homogênea? Um fragmento com vegetação nativa?

Por quê? O conhecimento do porquê estão sendo implantadas novas árvores na cidade é fundamental, tem relação com o objetivo do projeto e compreende qual funcionalidade das árvores se está almejando: retenção de particulados; melhoria da qualidade do ar; redução do escoamento superficial; manutenção do estoque de água no solo; proteção do solo; manutenção da diversidade biológica e genética; atenuação da poluição sonora; manutenção da qualidade da água; sequestro de carbono; redução da radiação solar; atenuação microclimática e con-

forto térmico; adição de diferentes linhas, formas, cores e texturas ao ambiente de concreto; adição de movimento à paisagem; ampliação ou redução de escala; bem-estar físico do ser humano; bem-estar psíquico do ser humano; espaço para convívio social e recreação; apelo ambiental; efetivação do uso público de uma área; economia de energia; valorização imobiliária; conservação do asfalto; estímulo ao consumo de bens e serviços; estímulo ao turismo urbano.

Onde? Definir os espaços onde serão implantadas novas árvores é dar atenção às características das diferentes tipologias da arborização. Consiste em definir os espaços condizentes aos usos e ocupação da terra nas cidades, tais como: ruas, avenidas, calçadas, canteiros centrais, rodovias, estacionamentos, parques, bosques, jardins, praças, cemitérios, zoológicos, jardins botânicos, hortos, passeios públicos, jardins públicos, loteamentos, condomínios e vazios urbanos. Não se deve esquecer que muitas vezes a arborização pode estar vinculada à necessidade de recuperar áreas protegidas como: RPPNs, Unidades de Conservação, margens de rios, topos de morros, restingas, manguezais, orlas marinhas, entornos de lagoas e balneários.

Quem? Estabelecer a quem compete a atribuição de plantar e manejar a arborização é o principal alicerce desta questão. Não é difícil encontrar cidades onde a secretaria de meio ambiente se responsabiliza apenas por autorizar o plantio e a remoção de árvores, incumbindo à secretaria de obras o papel de “manejá-las”. Por serem entendidas como objetos que precisam ser compatibilizados à estrutura urbana, a responsabilidade pelas podas muitas vezes é dada à secretaria de obras e até mesmo de resíduos urbanos. Isso quando há alguém responsável por esse assunto, o que não ocorre em grande parte dos pequenos municípios brasileiros.

Talvez seja essa a questão cuja preocupação maior não esteja tanto na implantação, mas sim no futuro do processo. Não se pode negar também o despreparo profissional de muitos responsáveis pela arborização, os quais nem sequer têm habilitação para atuarem nesse quesito, mas, por indicação política, assumem tal risco. Além disso, há a falta de comunicação entre as partes, como, por exemplo, quando o responsável da área ambiental não participa da definição de uma estrutura de calçada ou da escolha de qual lado da rua deve passar uma rede de serviço (energia elétrica, esgoto, comunicação).

Ainda, é preciso destacar alguns pontos relacionados às responsabilidades referentes à implantação da arborização. É inquestionável a importância do envolvimento da população para o estabelecimento de novas áreas públicas; contudo, não é correto transferir a ela toda a responsabilidade. Toda e qualquer campanha que envolva o plantio de novas árvores, por demanda da população, precisa ter o devido respaldo profissional. É fundamental fazer com que a sociedade compreenda que existem profissionais habilitados para tratar desse assunto e que qualquer demanda deve ser devidamente regrada para evitar contratempos futuros.

Quando? No planejamento, é preciso prever quando ocorre a pressão de atingir determinados objetivos, a fim de possibilitar estruturar suas ações da melhor forma possível, bem como estabelecer o cronograma de implantação e manutenção, definindo, assim, quando será realizada cada etapa proposta. Portanto, essa questão prevê a definição de metas claras e objetivas em curto, médio e longo prazo, estruturando o cronograma em atividades semanais, mensais e anuais necessárias para atingir esse propósito.

Na implantação de novas áreas, a época correta de plantio garante o melhor pegamento e estabelecimento das mudas; portanto, devem-se evitar plantios em épocas secas ou de geadas, bem como dias e horários com temperatura extrema. Ao pensar na arborização em escala ampla, é fundamental estabelecer, inclusive, diferentes anos de plantio, para evitar uma população equiânea. Ao arborizar todos os espaços possíveis na mesma época, a população arbórea tende a atingir sua maturidade simultaneamente, acarretando lá no futuro possíveis problemas ao mesmo tempo.

Como? Como proceder a implantação correta das árvores é um dos maiores desafios para os planejadores. Para responder a essa questão, é preciso conhecer principalmente os fatores que interferem no estabelecimento das árvores e as características urbanas que influenciam no comportamento e crescimento das plantas, possibilitando, assim, prever condições mais adequadas e menos impactantes à sua vida.

Diferentemente do ambiente natural, no qual as plantas são ambientadas, as cidades apresentam uma série de fatores que podem prejudicar seu desenvolvimento, principalmente de origem abiótica, como: compactação do solo, alteração do balanço hídrico, alteração do balanço de radiação, poluição do ar e alteração climática.

Embora fatores locais, sociais, econômicos e legais tenham grande impacto na forma de como fazer tais atividades, a peculiaridade do ambiente urbano para o desenvolvimento fisiológico das árvores ainda carece de maior compreensão.

Quanto? Dispor de recursos para implantar áreas arborizadas e mantê-las talvez seja o maior desafio para a gestão nas cidades brasileiras. Infelizmente, a realidade social e cultural do nosso país faz com que a gestão pública coloque esse assunto como um dos últimos itens da pauta orçamentária, quando previsto. Fato é que, para realizar qualquer atividade de forma eficaz, recursos precisam ser empregados para haver o processo das ações do planejamento. Assim, uma das estratégias que vêm se intensificando na área acadêmica é tentar atribuir valor a esse patrimônio natural urbano, buscando valorar monetariamente esse elemento de forma a utilizar essa informação no balanço econômico do município.

Ao atribuir respostas a todas essas perguntas é que se torna possível iniciar qualquer planejamento estratégico eficiente, e esses questionamentos devem ser aplicados tanto no planejamento individual de qualquer espaço como também na gestão municipal, em escala ampla. Para tentar fornecer subsídio às respostas das principais questões (*o quê, por quê, onde e como*), são apresentados na sequência os cuidados necessários a serem tomados no processo do planejamento para a implantação de árvores urbanas. As questões “quem”, “quando” e “quanto”, embora fundamentais, muitas vezes são relegadas devido à urgência de outras ações mais emergenciais.

A resposta para a questão “o que plantar” precisa de um vasto conhecimento sobre árvores e suas características, aspecto muito relevante para a seleção de espécies. A questão “por que plantar” pode ser respondida por uma infinidade de objetivos, o que torna mais difícil serem atendidos. O ideal é estabelecer prioridades, o que exclui os demais objetivos. Já a questão “como planejar” a implantação precisa de instrumentos voltados a esclarecer as particularidades do ambiente urbano. E, por fim, a questão “onde plantar” abordará as principais características dos locais de plantio que precisam ser conhecidas.

4.1. Características das árvores que devem ser consideradas - O quê? São muitas as características das árvores que interferem no sucesso do planejamento, mas aquelas que afetam sua sobrevivência devem ser priorizadas; portanto, devem ser observadas no processo de escolha.

Tolerância às condições climáticas. Verificar a condição habitual de desenvolvimento das espécies com relação ao clima, tendo como base principal seu local de origem, bem como a habilidade de uma planta em resistir a baixas ou altas temperaturas e extremos tolerados. Além disso, conhecer a exigência por água, verificando se a espécie corresponde ao regime hídrico da cidade, principalmente aquela que tem estações de seca e chuva bem definidas.

No meio urbano, só é percebida a tolerância das espécies vegetais às condições adversas quando elas conseguem desenvolver seus processos fisiológicos, demonstrados pelo crescimento, brotação, floração e frutificação, da mesma forma como se estivessem em uma floresta ou no ambiente de sua procedência.

Taxa de crescimento. Verificar se a espécie apresenta crescimento rápido, lento ou moderado. As espécies de crescimento lento ficam sujeitas a depredação por maior tempo, respondem lentamente às ações de manejo, mas, por outro lado, desenvolvem uma estrutura da madeira mais resistente. As espécies de crescimento rápido apresentam menor risco de danos por vandalismos (ficam expostas por menos tempo à depredação), atingem os objetivos do projeto mais rápido, dando sombra mais cedo, por exemplo, mas requerem maior frequência de podas e desenvolvem uma estrutura da madeira mais frágil e fácil de quebrar. O crescimento moderado das espécies parece conciliar as vantagens do rápido e do lento crescimento.

Porte. Para as árvores, considera-se o termo *porte* como o produto da relação entre a altura e o diâmetro à altura do peito - DAP (CENTER FOR URBAN FOREST RESEARCH, 2004). Além do conhecimento sobre o porte, é importante saber a área de copa que a árvore atingirá no estágio maduro. O porte das árvores no meio urbano, muitas vezes, difere do encontrado no ambiente natural e muitas espécies são consideradas de pequeno porte em determinadas regiões, mas, em outras, podem ser de médio porte. Por isso, adotar as informações provenientes dos inventários florestais urbanos é a melhor escolha, principalmente se realizados em regiões próximas e com características urbanas semelhantes.

Segundo o Center for Urban Forest Research (2004), o porte das árvores pode ser classificado em:

- a. Pequeno porte: com altura e DAP menores que 8 m e 0,5 m;
- b. Médio porte: com altura entre 8 m e 12 m e DAP entre 0,5 m e 1 m;
- c. Grande porte: com altura e DAP superiores a 12 m e 1 m.

Desenvolvimento das raízes. Conhecer a forma de desenvolvimento das raízes evita um dos principais problemas encontrados nas cidades: o conflito entre árvores e passeios (local de acesso aos pedestres nas calçadas). Se as árvores têm raízes com características tabulares, não devem ser plantadas em calçadas, mas podem ser plantadas em áreas verdes (praça ou parque).

Algumas espécies utilizadas no meio urbano apresentam raízes superficiais como característica própria, provenientes da sua genética, porém outras podem vir a apresentá-las pelas condições existentes, como compactação do solo ou lençol freático elevado. Assim, o principal conhecimento sobre o desenvolvimento das raízes em ambiente urbano é adquirido por meio da observação de experiências anteriores. Não se deve basear apenas em informações bibliográficas sobre as características da raiz de uma determinada espécie porque já é conhecido que o comportamento da raiz está relacionado com as condições do solo. O resultado dos inventários florestais urbanos pode informar se uma determinada espécie apresenta ou não raízes superficiais.

Espécies que costumam apresentar desenvolvimento mais acentuado das raízes superficiais, mesmo que não sejam classificadas como tabulares, precisam de atenção e tornam-se restritas aos locais com maiores proporções de área permeável para o plantio, como nas áreas verdes.

Densidade e hábito de copa. A densidade e o hábito de copa devem ser considerados para proporcionar conforto ambiental. Em climas tropicais, convém utilizar mais árvores de copa densa e perenifólia (que não perdem as folhas). Nos climas temperados ou frios, recomenda-se a utilização de mais espécies de copa mais rala, tais como as caducifólias (que perdem as folhas). No Brasil, exceto na região Sul, geralmente é recomendado mais o uso de árvores de copa densa, para amenizar o calor e proporcionar melhores condições de conforto térmico.

Resistência às pragas e doenças. As espécies para o meio urbano devem ser tolerantes às doenças abióticas (provenientes de desnutrição, poluição, temperaturas extremas, umidade e vento), doenças

bióticas (provenientes de fungos, bactérias e vírus), pragas (insetos) e também à erva-de-passarinho. Destaca-se que em ambiente urbano há severas restrições ao uso de defensivos, principalmente devido ao possível contato com as pessoas, motivo pelo qual devem ser evitadas espécies com problemas já conhecidos.

Resistência à poluição. As espécies latifoliadas normalmente são mais resistentes à poluição atmosférica se comparadas às coníferas, porém tal resistência varia de forma inter e intraespecífica, dependendo de vários fatores do meio e do próprio estado fisiológico da árvore, segundo Lima (1980). O mesmo autor afirma ainda que as árvores decíduas tendem a ser mais tolerantes que as perenifólias, e as que apresentam folhas maiores parecem ser mais resistentes do que as de folhas menores.

Alguns sintomas podem ser provocados pela poluição, como lesões necróticas nas folhas, devido à absorção de gases poluentes em doses elevadas, e destruição da clorofila e carotenoides nas partes internas das folhas, que se tornam esbranquiçadas como resultado da absorção de doses elevadas ou por um período prolongado. Além disso, algumas pesquisas revelam que o hábito de crescimento das árvores pode ser alterado. As folhas podem tornar-se mais finas, o crescimento diminuir e ocorrer distorção na estrutura do tronco e da copa – achatamento das copas (LIMA, 1980).

Tolerância à seca e problemas de drenagem. O ambiente urbano costuma apresentar condições extremas em relação à disponibilidade de água no solo para as árvores. Normalmente, o solo urbano é compactado, o que dificulta a infiltração de água, ou seja, a planta sofre mais com a falta de água no solo urbano do que em um ambiente natural, apresentando sintomas de seca. Por outro lado, o aumento da intensidade de chuvas aliado com a drenagem deficiente pode gerar um ambiente encharcado, desfavorecendo o desenvolvimento ou a permanência da árvore. Portanto, deve-se observar a condição ideal referente à necessidade de água para cada espécie e priorizar aquelas menos exigentes.

Requisitos de iluminação. O fornecimento artificial de energia durante a noite influencia no comportamento das espécies, necessitando de atenção. Além disso, embora se trabalhe com um ambiente externo, muitas cidades acabam apresentando áreas completamente sombreadas, sem nenhuma intensidade de radiação direta. Assim, essa característica precisa ser conhecida, definindo se a espécie é adaptada a condições de baixa iluminação ou sol intenso.

Princípios tóxicos. Em áreas públicas, não devem ser utilizadas espécies que apresentem princípios tóxicos relacionados com a casca, látex, flores ou folhas da planta. Mesmo que esse princípio seja sazonal, como durante a floração (pólen), não são recomendadas devido à possibilidade de contato com a população. Destaca-se também que princípios tóxicos não são aqueles que levam apenas à morte de pessoas e animais, mas quaisquer substâncias que provoquem algum tipo de desconforto, como alergias. Segundo Souza et al. (2011), esse grau de toxicidade varia com a quantidade de substância necessária para causar alergias, irritações e envenenamento.

Problemas conhecidos. Não se deve desconsiderar o comportamento de espécies que já são plantadas extensivamente nas cidades e apresentam problemas recorrentes. Isso pode ser um indicativo para se ter mais cautela na seleção dessas espécies. Problemas conhecidos também são facilmente apontados pelos resultados dos inventários, como: ataque de pragas; estrutura enfraquecida; tendência a formar raízes superficiais; sujeira criada por flores, frutos ou folhas; presença de espinhos; entre outros.

Manutenção necessária. É conhecido que algumas espécies necessitam de maior atenção do que outras quanto às técnicas de manejo, como podas, por exemplo. Arbustos conduzidos tendem a necessitar constantemente da retirada dos novos galhos que se formam no tronco principal. Assim, recomenda-se priorizar o uso de espécies que não necessitem de muita manutenção.

Independentemente da espécie escolhida, também é necessário conhecer as técnicas de manejo que deverão ser empregadas para o seu bom desenvolvimento, otimizando os benefícios esperados.

Espécies nativas versus Espécies exóticas. A preferência por espécies nativas é sempre recomendada; contudo, muitas vezes não há uma grande oferta no mercado por mudas de qualidade, e a escolha por espécies exóticas é a única opção. A utilização de espécies nativas, sem dúvida, proporciona benefícios ecológicos significativos, contribuindo para a conservação da natureza; no entanto, para a maioria delas, existem poucas pesquisas e conhecimento técnico sobre o seu comportamento na cidade.

Espécies exóticas, com uso consolidado e técnicas de manejo já bem estabelecidas, muitas vezes são opções mais adequadas. Nesse caso, de-

ve-se ter o cuidado com o uso de espécies exóticas invasoras (aquelas que são tolerantes a ambientes extremos e se reproduzem facilmente, ocupando o espaço de outras espécies até tornarem-se dominantes).

Formato de copa. A copa das árvores deve ter forma e tamanho adequados para evitar conflito com os equipamentos urbanos, pois podem interferir na passagem de veículos e pedestres, bem como na rede aérea e iluminação (Figura 3). Ao gerar conflito, necessita de poda, e, com isso, aumentam-se os danos que prejudicam seu desenvolvimento natural.

Os formatos de copa mais recomendados para plantio na arborização de ruas são o globoso e o oval (GREY e DENEKE, 1978). Esses dois formatos permitem que a forma original da copa seja preservada e recuperada mesmo quando submetida a podas.

Espécies de copa pendente não devem ter seus ramos podados, a fim de manter a forma característica da copa. Por isso, espécies com esse tipo de copa devem ter seu plantio restrito a locais onde não atrapalhem o trânsito de pedestres.

Para algumas espécies, como palmeiras, não se recomenda a poda por apresentarem formas específicas e crescimento apical único. Portanto, essas espécies não devem ser plantadas sob a fiação elétrica aérea. As coníferas também têm um formato de copa muito específico e, dependendo da rigorosidade da poda, não conseguem recuperar o formato original após a intervenção.

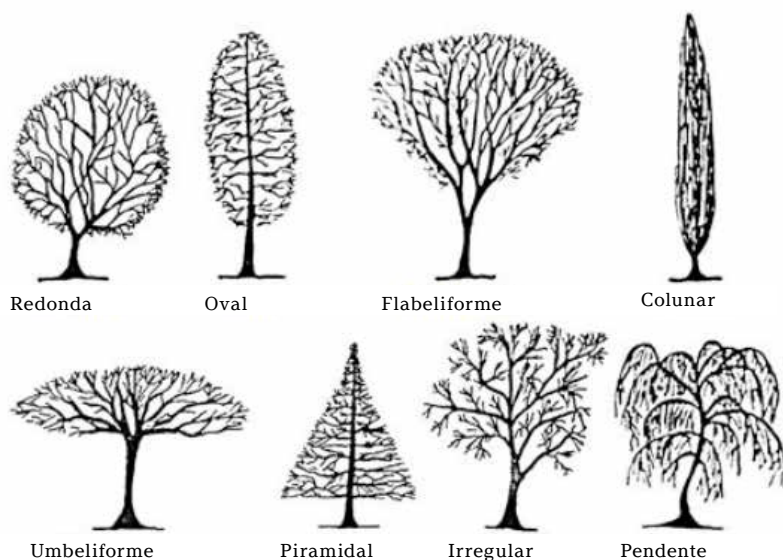


Figura 3 - Principais formatos de copa das árvores urbanas. Ilustrações feitas por Daniela Biondi.

Características das flores. Devem-se priorizar árvores que não gerem flores capazes de provocar transtornos aos transeuntes (alergias, incômodos e acidentes devido a texturas escorregadias). Dessa forma, recomenda-se o uso de flores com perfume suave (não muito acentuado) e com tamanho pequeno; se maior, que tenha uma intensidade de produção floral mais baixa.

Pelo efeito estético que proporcionam, deve-se atentar também para a combinação das cores entre as espécies escolhidas, evitando contrastes desarmoniosos, bem como controlando o efeito psicológico desejado.

A cor é a impressão recebida pela mente por estímulo da retina, assim pode provocar diferentes sensações ao espectador. Sabe-se que de modo geral as cores quentes (originadas do vermelho e amarelo) transmitem sensação de calor, são excitantes e alegres. Já as cores frias (originadas do azul) transmitem sensação de frio, lembram o gelo e a água e, por isso, são calmantes e remetem à tranquilidade (SILVEIRA, 2015). As sensações transmitidas pelas principais cores, segundo Silveira (2015), são:

Vermelho	Associada à ação e excitação; símbolo do amor e emoção; expressa urgência; provoca a impressão de avanço, proximidade e reduz impressão do espaço;
Laranja	Associada à ação e excitação; cor enérgica, estimulante, jovem; incentiva a expansão, criatividade, entusiasmo, otimismo e bom astral; provoca a impressão de avanço e proximidade de modo mais fraco do que o vermelho;
Amarelo	Estimulante mental e nervoso, aguçando o raciocínio; incentiva a criação e a comunicação; desperta alegria, animação, entretenimento; chama bastante atenção; ilumina áreas escuras; provoca um avanço moderado para o observador;
Verde	Associado ao relaxamento e ao repouso; sugere harmonia, equilíbrio, frescor, calma e alivia o estresse;
Roxo	Associado ao frio, à calma e ao repouso; transmite bem-estar, sabedoria, fantasia, mistério, espiritualidade;
Rosa	Inspira delicadeza; tons claros expressam inocência e tranquilidade; tons mais escuros inspiram afeto e romantismo;
Branco	Transmite uma sensação de limpeza, pureza, calma e frescor; proporciona amplitude em ambientes pequenos e apertados.

Vale lembrar que a sensação transmitida depende da intensidade da floração e do tamanho das flores, já que uma espécie pode apresentar a flor de cor vistosa e mesmo assim ser discreta.

Características dos frutos. Para a frutificação, recomenda-se, na maioria dos manuais, que a espécie não apresente frutos grandes e pesados, para não provocar transtornos como sujeira excessiva, mau cheiro e concentração de animais. Prioriza-se a escolha por espécies com frutos pequenos, leves e não comestíveis.

O uso de espécies frutíferas na arborização de ruas ainda é muito polêmico. Esse aspecto deve ser discutido com a população local porque são as pessoas que vão conviver com as vantagens e desvantagens

das árvores frutíferas. Portanto, cabe a elas decidir qual a melhor espécie para sua rua, afinal de contas isso também pode influenciar a conservação das árvores no ambiente urbano.

Especificações técnicas gerais sobre as espécies. A diversidade de espécies em uma cidade é fundamental para garantir segurança fitossanitária da arborização, uma vez que reduz os riscos de perdas com pragas e doenças. Por isso, diversificar é muito importante, não se pode plantar apenas uma espécie por toda a cidade. Recomenda-se o seguinte padrão (SANTAMOUR JR., 2002):

- a. Não ter mais do que 10% de uma única espécie;
- b. Não ter mais do que 20% de um único gênero;
- c. Não ter mais do que 30% de uma mesma família.

Além disso, diversificar a idade dos plantios contribui para a manutenção das árvores sempre vigorosas, cria-se uma dinâmica multiânea, excluindo a chance de em um determinado momento a cidade ficar desprovida de benefícios, seja pelo corte intensivo de árvores senescentes ao mesmo tempo ou pelo plantio intensificado no mesmo momento.

Nomenclatura botânica. Para garantir que a espécie implantada seja exatamente aquela idealizada pelo planejador, é preciso conferir o nome correto das espécies.

A nomenclatura é utilizada para empregar o nome correto das plantas, em conformidade com um conjunto de princípios, regras e recomendações internacionalmente aceitas. Normalmente, há uma maior familiaridade em conhecer ou definir os nomes populares das árvores, porém, utilizando apenas essa nomenclatura, pode gerar confusões e enganos. Por isso, é fundamental se referir às espécies pelo seu nome científico, que nada mais é do que uma linguagem universal. Ele tem como base duas palavras: a primeira refere-se ao gênero, e a segunda, ao nome que qualifica a espécie. Ambas as palavras devem ser escritas em forma diferente do corpo do texto (itálico ou sublinhado), sendo que apenas a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula, conforme exemplos a seguir:

Errado

Lagerstroemia indica
Ligustrum Lucidum
Handroanthus chrysotrichus

Certo

Lagerstroemia indica (extremosa)
Ligustrum lucidum (alfaneiro)
Handroanthus chrysotrichus (ipê-miúdo)

4.2. Objetivo de arborizar - Por quê? Plantar uma árvore na cidade vai muito além de ornamentar um espaço. O objetivo principal pode até ser, *a priori*, pelo aspecto estético, mas isso não invalida todos os outros benefícios proporcionados pela arborização (Figura 4).

Todos esses benefícios contribuem para a melhoria da qualidade de vida no ambiente urbano, mas, para a obtenção de cada um deles, há uma forma mais adequada de arborização. Além disso, as árvores que serão produzidas e implantadas precisam ser adequadas e eficientes para atender ao objetivo esperado, se este for devidamente planejado. Assim, se o projeto tiver como objetivo o fornecimento de sombra, deve-se optar por espécies de copa densa, com folhas grandes; se o objetivo

Ecológico	• retenção de partículas • melhoria da qualidade do ar • redução do escoamento superficial • manutenção do estoque de água no solo • manutenção da qualidade e proteção do solo • manutenção da diversidade biológica e genética • atenuação da poluição sonora • manutenção da qualidade da água • sequestro de carbono • redução da radiação solar • atenuação microclimática
Estético	• adiciona beleza e cor ao cenário urbano • anula a monotonia de pavimentos e alvenaria • adiciona dinamismo à paisagem urbana • promove modelos de paisagens e identidade local • enfatiza componentes da paisagem urbana mais agradáveis à vista • introduz diferentes linhas, formas e texturas ao ambiente de concreto
Psicossocial	• bem-estar físico do ser humano • bem-estar psíquico do ser humano • relaxamento • convívio social • áreas de recreação • conforto térmico
Político e Econômico	• apelo ambiental • uso público efetivo • economia de energia • estímulo ao consumo de bens e serviços • conservação do asfalto • valorização imobiliária • estímulo ao turismo

Figura 4 - Benefícios proporcionados pela Arborização Urbana, adaptado de Bobrowski (2015).

for o aspecto estético, pensar em espécies com floração exuberante ou com dinamismo fenológico na produção e desenvolvimento foliar; se for voltado ao aspecto ecológico, o uso de espécies nativas se torna mais adequado para estimular inclusive a presença da avifauna. Para cada objetivo, há uma série de fatores que devem ser considerados para a escolha da espécie mais eficiente.

4.3. Características urbanas que interferem no desenvolvimento das árvores - Como? Saber como fazer as árvores se estabelecerem e conviverem harmonicamente com a estrutura urbana e a população é um dos principais desafios para a arborização. Isso porque as cidades apresentam características próprias, em termos de estrutura, que diferem significativamente do ambiente florestal. O estabelecimento das árvores é resultado de um conjunto de técnicas e de obras que permitem que uma área tenha condições de infraestrutura, planejamento, organização, administração e embelezamento.

Independentemente da existência de uma condição urbana adequada ou não, são vários os desafios encontrados para o desenvolvimento das árvores no ambiente urbano. Elas sofrem o impacto principalmente dos fatores abióticos, severamente alterados. Toda árvore sofre influência de fatores bióticos e abióticos. Os bióticos são aqueles relacionados a organismos vivos, como os intrínsecos à própria árvore, além das interações que desenvolvem com microrganismos do solo ou outros seres vivos. Os fatores abióticos, por definição, são aqueles que não possuem vida, mas são essenciais para condicionar e permitir a existência de qualquer outro organismo vivo. Na sequência, são detalhadas as principais alterações que os fatores abióticos apresentam no ambiente urbano e que, portanto, precisam ser consideradas para proporcionar um estabelecimento mais adequado para as árvores.

Solo urbano. Os solos sofrem interferência dos agentes naturais ao longo de milhares de anos e caracterizam-se por apresentar camadas estruturais bem definidas e classificações pedológicas bem definidas. No ambiente urbano, porém, o solo pode sofrer interferência antrópica (do ser humano), sendo um produto criado pelo processo da urbanização, e não pode ser separado pelos limites geográficos e nem apresenta camadas estruturadas (CRAUL, 1999).

Como principais características, podem ser citadas: alteração na estrutura; pH alterado; aeração e drenagem restritas; interrupção do ciclo de nutrientes; regime de temperatura modificado; atividades dos

microrganismos modificadas; presença de materiais antrópicos e substâncias tóxicas; alterações morfológicas; ausência de matéria orgânica; e sobreposição de camadas (CRAUL, 1999).

Alteração do balanço hídrico. O balanço hídrico é o resultado da quantidade de água que entra e sai do solo. No ambiente urbano, é quase sempre negativo (MITCHELL; MCMAHON; MEIN, 2003).

Os fatores principais para esse menor aporte de água são: impermeabilização das ruas; existência de canalização e rede de drenagem, que direcionam a água para um local específico, não permitindo a distribuição uniforme da precipitação; evaporação reduzida, devido à falta ou pouca existência de superfícies d'água e áreas verdes; e umidade relativa e absoluta diminuída, pelo excesso de materiais construtivos.

Destaca-se ainda o fato de a água no subsolo muitas vezes estar inacessível às plantas, devido a alguns componentes subterrâneos da estrutura urbana, como: construções de garagens, sistema de drenagem e estrutura de metrô.

Alteração no balanço de radiação. Nas cidades, o sol não é a única fonte de energia para as plantas. Durante o dia, a radiação solar contribui para as atividades fisiológicas das plantas. No meio urbano, além da energia solar recebida durante o dia, as plantas ficam expostas a uma quantidade de energia durante a noite, proveniente da iluminação artificial, advinda dos refletores, postes, carros, *outdoors* e luzes das casas. Além disso, essa energia é proveniente de comprimentos de ondas variados, que transmitem cores e intensidades luminosas diferentes da energia solar (CONTI, 2011).

Além do fornecimento noturno de energia, outro agravante para o balanço de radiação são as interferências na distribuição das ondas, pois o gradiente de absorção e reflexão são diferentes, devido aos materiais construtivos e de pavimentação. A substituição das áreas com vegetação por construções eleva o índice de albedo, consequentemente a superfície do solo passa a reter menos quantidade de energia, intensificando a refletância. Ademais, ocorre uma desorganização do processo de absorção/reflexão, pois a radiação que incide sobre as paredes e tetos das construções apresenta diferentes níveis de absorção e é refletida com intensidade e angulação distintas. Essas alterações ocorrem principalmente devido à forma arquitetônica dos edifícios, à natureza dos materiais, às cores das paredes e à densidade de área construída, sem esquecer as camadas de poluentes atmosféricos particulados (CONTI, 2011).

Poluição do ar. O ar das cidades costuma apresentar índices significativos de poluentes, emitidos principalmente pela queima de combustível dos veículos e de atividades industriais. Esses poluentes podem ser por particulados ou por meio gasoso.

A poluição por particulados prejudica o desenvolvimento das plantas devido à deposição de partículas sobre as folhas, carregadas pelo vento ou pela chuva fina/neblina. Essas substâncias químicas destroem o tecido das folhas, impedindo a entrada de luz (KUMAR et al., 2013), e podem também ser tóxicas ao solo. Já a poluição gasosa entra nas folhas através dos seus estômatos e prejudica a troca gasosa, impedindo o processo de fotossíntese, pois destroem os cloroplastos (PEDROSO, 2007).

O conhecimento básico sobre os principais poluentes encontrados no ambiente urbano torna-se fundamental para minimizar os problemas e buscar soluções mais adequadas, bem como selecionar espécies mais tolerantes. Existem dois grupos principais de poluentes (PEDROSO, 2007):

- a. Poluentes primários, que são emitidos diretamente pelas fontes de emissão: Óxido de Nitrogênio (NO); Hidrocarbonetos (HC); Monóxido de Carbono (CO); Dióxido de Enxofre (SO₂); dióxido de carbono (CO₂);
- b. Poluentes secundários, formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera: Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Ozônio (O₃) e Oxidantes Fotoquímicos.

Assim, no processo de seleção das espécies, um dos fatores que precisa ser considerado é também a adaptação ou a tolerância a tais componentes, não encontrados em proporções tão expressivas no ambiente natural. Nesse sentido, vale destacar que espécies com folhas vigorosas e brilhantes tendem a ser mais tolerantes aos danos provocados por poluentes particulados, pois estes são constantemente “lavados pela chuva”; já as espécies com folhas murchas e com tricomas (prolongamento das células epidérmicas, que remetem a aparência de pelos) ficam mais expostas aos danos (KUMAR et al., 2013).

Alteração climática. O clima das cidades recebe uma denominação própria: “clima urbano”. Entende-se como clima urbano o clima de um

local específico que sofre influência antrópica contínua, devido à dinâmica do processo de urbanização. A cidade é, portanto, geradora de um clima próprio, resultado da interferência de todos os fatores atuantes sobre a camada de limite urbano, os quais agem para alterar o clima em escala local (AMORIM, 2010). As principais características do clima das cidades são:

- a. Temperatura do ar mais elevada e umidade relativa do ar mais baixa: essas alterações se devem a diversos fatores, como a existência de construções; o fornecimento artificial de energia; a ausência de vegetação; o aumento da circulação de veículos e pessoas; a impermeabilização generalizada do solo; a canalização de córregos; e o lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera;
- b. Alteração na distribuição e intensidade dos ventos: a morfologia da cidade apresenta aspecto mais rugoso, gerando maior atrito entre o vento e a superfície, uma vez que há maiores diferenças entre as dimensões das ruas e a altura dos edifícios, interferindo na continuidade e na direção. Contudo, o vento é uma variável meteorológica sempre dinâmica; assim, em determinados locais podem existir ventos mais severos, quando a morfologia urbana contribui para o favorecimento da canalização dos ventos, e, em outros, maior calma, quando a morfologia atua como barreira, diminuindo sua intensidade;
- c. Inversão térmica: fenômeno no qual ocorre a sobreposição de uma camada de ar quente a uma camada de ar frio, que, sendo mais pesada, fica presa abaixo do ar quente. É frequente nas grandes cidades, quando se observa o horizonte, pois a camada de poluentes particulados aprisionados é visualmente mais escura;
- d. Tempestades severas: nas cidades, normalmente chove mais, pois há maior quantidade de núcleo de condensação (superfície necessária sobre a qual o vapor d'água condensa), resultado da maior quantidade de materiais particulados na atmosfera;
- e. Ilha de calor urbano: anomalia térmica na qual a temperatura da superfície urbana se caracteriza por ser superior à da vizinhança periférica/rural. É um fenômeno climático associado com a urbanização, resultado da substituição de superfícies naturais por impermeáveis e não evaporativas, tais como concreto e asfalto.

Além de todos esses fatores abióticos que interferem no desenvolvimento das árvores, é preciso considerar também as barreiras físicas e compreender os diferentes locais de plantio, como detalhados na sequência.

4.4. Árvore certa no lugar certo - Onde? Escolher a árvore certa para um local específico é uma das mais importantes decisões para obter benefícios de longo prazo, consolidar soluções estéticas e atingir objetivos desejados. Como prioridade, deve-se sempre combinar a árvore com o local em que será plantada. Isso, além de garantir o bom desenvolvimento da árvore, evita gastos desnecessários com manutenção. Para isso, as características físicas do local e das espécies arbóreas precisam ser conhecidas.

Para garantir a compatibilidade entre os equipamentos urbanos e o bom desenvolvimento das árvores, deve-se ter como premissa o reconhecimento de alguns danos que precisam ser evitados no ambiente urbano (Quadro 1).

Quadro 1 - Descrição dos danos que devem ser evitados no ambiente urbano

Danos que devem ser evitados	
às Estruturas Urbanas	às Árvores
Levantamento e rachaduras nas calçadas, casas e muros.	Prejuízos às raízes, que comprometem a estabilidade da árvore.
Desligamento da rede de distribuição de energia elétrica/ internet.	Mutilações ao tronco devido a acidentes com automóveis ou máquinas de cortar grama, causando injúrias.
Rachaduras e entupimentos na rede de esgoto e água.	Deformação da copa devido às podas inadequadas.
Obstáculos na passagem de veículos e pessoas.	Sintomas de deficiência por estresse nutricional.
Prejuízos estruturais e econômicos com a queda de árvores.	Depredação da raiz, tronco e copa por vandalismo.

Os danos listados no Quadro 1 são frequentemente encontrados quando não se faz um bom planejamento da arborização. Assim, em busca de auxiliar nesse processo, é preciso entender as características singulares de cada local de plantio. Independentemente do objetivo que se pretende alcançar, as árvores que compõem a Arborização Urbana podem ser plantadas nos seguintes locais:

- a. Canteiros isolados nas calçadas do acompanhamento viário: plantio linear em que as árvores ficam confinadas a um espaço individual de enraizamento. É a condição mais restritiva de plantio. O canteiro não deve ter menos do que 1 m² (um metro quadrado) de área (GONÇALVES; PAIVA, 2013), independentemente da sua forma, e deve ser mantido na mesma altura da calçada, sem elevações;

- b. Canteiros contínuos nas calçadas do acompanhamento viário: plantio linear em que as árvores vizinhas podem dividir o espaço de enraizamento, criado também de forma linear e coberto por grama. Proporcionam melhores condições de enraizamento para as árvores, desde que apresentem largura suficiente. Canteiros com largura inferior a 60 cm não devem ser arborizados;
- c. Canteiros centrais de avenidas: entende-se nesse caso o plantio de árvores em área linear com gramado ou forração, situada entre as pistas de rolamento por onde trafegam os veículos, sendo que o posicionamento das árvores pode ser variável, dependendo da largura do canteiro. Canteiros estreitos (largura inferior a 3 m), localizados entre as pistas de rolamento, em termos de arborização, devem ser tratados da mesma forma que os canteiros em calçadas do acompanhamento viário;
- d. Estacionamentos: plantio ordenado em que as árvores são plantadas em canteiros isolados ou contínuos, destinado ao sombreamento dos carros. As restrições para o plantio assemelham-se às das calçadas do acompanhamento viário;
- e. Praças e áreas de confluência entre ruas: são áreas verdes públicas onde as árvores têm menos restrição de enraizamento, mas ainda podem ter equipamentos urbanos interferindo no desenvolvimento de sua parte aérea. O atual conceito de praça prioriza a criação de espaços permeáveis para a cidade (com menos calçamento), mesmo assim é frequente encontrar praças mais antigas com acentuado grau de impermeabilização. As áreas de confluência entre ruas são espaços que sobram na cidade, que podem ser transformados em praças no futuro, mas que enquanto não recebem tratamento paisagístico para promover o uso público do espaço, têm essa denominação;
- f. Parques e bosques: são áreas verdes públicas e particulares onde as árvores recebem as menores restrições para seu desenvolvimento no ambiente urbano, da parte subterrânea ou aérea. É a condição menos restritiva para plantio e que geralmente incorpora os remanescentes florestais e Áreas de Preservação Permanente da cidade, já estabelecidas e consolidadas;

- g. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação: são áreas públicas ou particulares onde as árvores recebem menores restrições para o seu desenvolvimento, assim como parques e bosques. Diferem das demais pela necessidade do atendimento de exigências legais, como obrigatoriedade no plantio de espécies nativas. Para o plantio de árvores, entende-se, portanto, a implantação de novos espaços com foco na recuperação de áreas degradadas, mas o ideal é que no futuro sejam transformadas em parques, bosques e RPPNs, com uso público para tornar efetiva a sua proteção;
- h. Jardins: são as áreas particulares, que podem ou não ter árvores, representadas principalmente pelos lotes urbanos, ou os espaços que contornam os estabelecimentos públicos, mas com acesso limitado ao horário de funcionamento destes. Se apresentar espaço físico suficiente, em ambas as situações, o plantio da vegetação arbórea deve ser incentivado.

Os locais apresentados são os mais comuns, mas podem existir outros, dependendo das particularidades de cada município. O importante é compreender que cada um desses locais apresenta características próprias, que podem ser mais ou menos restritivas ao desenvolvimento das árvores. As características específicas dos diferentes locais de plantio que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores, bem como os cuidados fundamentais que o gestor precisa ter para cada local, são resumidos nos quadros a seguir.

Quadro 2 - Características dos estacionamentos públicos e privados que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Estacionamentos públicos e privados	
Características do local	Cuidados fundamentais
Impermeabilização intensa próximo à árvore - asfalto.	Quanto maiores as restrições, mais espaço deve ser fornecido às árvores.
Espaço para desenvolvimento das raízes reduzido.	Conhecer a área de canteiro disponível para a planta e verificar se o diâmetro do tronco que a árvore atinge quando adulta cabe nesse espaço.
Presença de redes de serviços e equipamentos urbanos.	Conhecer a localização e as dimensões; se não tem um mapeamento, precisa verificar em campo antes de planejar o plantio.
Iluminação ininterrupta, devido ao fornecimento de luz artificial à noite.	Conhecer a localização dos postes, o local de passagem dos fios e altura da luz.

Quadro 3 - Características dos canteiros isolados nas calçadas do acompanhamento viário que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Canteiros isolados nas calçadas do acompanhamento viário	
Características do local	Cuidados fundamentais
Impermeabilização intensa próximo à árvore - calçada e asfalto.	Conhecer a largura da calçada, do passeio e da rua. ¹
Espaço para o desenvolvimento das raízes reduzido.	Conhecer a área de canteiro disponível para a planta e verificar se o diâmetro do tronco que a árvore atinge quando adulta cabe nesse espaço.
Presença de redes de serviços aérea ou subterrânea (energia elétrica, internet, telefone, esgoto).	Conhecer a localização das redes; se não tem mapeamento digital, deve-se verificar em campo antes de planejar o plantio.
Iluminação ininterrupta, devido ao fornecimento de luz artificial à noite.	Conhecer a localização dos postes e altura da luz.
Presença de equipamentos urbanos (entradas para garagem, bueiros, pontos de ônibus, placas de sinalização, semáforos, lixeiras), que podem atuar como obstáculos.	Conhecer o posicionamento e as dimensões dessas estruturas, geralmente a partir do mapeamento digital. É preciso compilar as informações já existentes.
Existência de diferentes padrões de construção com ou sem recuo frontal – espaçamento da rua à construção, que pode ou não estar logo na divisa do terreno.	Conhecer o padrão de construção, quantos pavimentos são permitidos ou caracterizam a área. Além disso, se tem ou não recuo frontal e qual é essa distância.
Trânsito de veículos de grande porte (ônibus, caminhões) próximo às árvores.	Conhecer a distância adequada para manter as copas das árvores fora do alcance desses veículos, sempre que a rua permitir tal tráfego.

Quadro 4 - Características dos parques e bosques que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Parques e bosques	
Características do local	Cuidados fundamentais
Maior espaço para desenvolvimento das raízes e copa das árvores e restrições quase inexistentes.	Conhecer a dimensão da área e verificar quantos indivíduos arbóreos cabem no espaço para atender ao objetivo proposto.
Necessidade do uso de outras plantas para cobertura do solo, que nunca deve ficar exposto.	A grama é a opção mais tradicional na maior parte da área, mas a composição paisagística com outras espécies é recomendada. Atentar-se à exposição solar.

¹ Para todas essas variáveis, toma-se como base de visão o perfil transversal. Assim, entende-se como largura da rua não só a largura da pista de rolamento, por onde os carros passam, mas sim a distância de muro a muro. A largura do passeio é entendida como a largura do espaço pavimentado destinado à passagem de pedestre, excluindo jardins ou áreas gramadas que podem existir em frente às residências, que segundo as normas da ABNT não pode ser inferior a 1,20 m. Já a largura da calçada é entendida como a largura total do espaço entre o meio-fio e o muro das residências, que inclui a largura do passeio, mais as demais áreas de jardim.

Quadro 5 - Características dos canteiros contínuos nas calçadas do acompanhamento viário que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Canteiros Contínuos nas Calçadas do Acompanhamento Viário	
Características do local	Cuidados fundamentais
Significativa impermeabilização próximo à árvore e muitas vezes espaço insuficiente para o desenvolvimento das raízes.	Conhecer a largura da calçada, passeio, rua e canteiro proposto, certificando-se de que o diâmetro do tronco que a árvore atinge quando adulta cabe nesse espaço com sobra. O canteiro contínuo é melhor para o desenvolvimento das árvores, mas não pode ser estreito.
Necessidade do uso de outras plantas para cobertura do solo, pois este nunca deve ficar exposto.	A grama é a opção mais tradicional, mas atentar-se à exposição solar: se a área é ou será muito sombreada, a grama não resistirá e será necessário apostar em herbáceas de sombra – plantas de forração.
Presença de redes de serviços aérea ou subterrânea (energia elétrica, internet, telefone, esgoto).	Conhecer a localização das redes; se não tem um mapeamento digital, precisa verificar em campo antes de planejar o plantio.
Iluminação ininterrupta devido ao fornecimento de luz artificial à noite.	Conhecer a localização dos postes e altura da luz.
Presença de equipamentos urbanos (entradas para garagem, bueiros, pontos de ônibus, placas de sinalização, semáforos, lixeiras), que podem atuar como obstáculos.	Conhecer o posicionamento e as dimensões dessas estruturas, geralmente a partir do mapeamento digital. É preciso compilar as informações já existentes.
Existência de diferentes padrões de construção com ou sem recuo frontal - espaçamento da rua à construção, que pode estar logo na divisa do terreno ou não.	Conhecer o padrão de construção, quantos pavimentos são permitidos ou caracterizam a área. Além disso, se tem ou não recuo frontal e qual é essa distância.
Trânsito de veículos de grande porte (ônibus, caminhões) próximo às árvores.	Conhecer a distância adequada para manter as copas das árvores fora do alcance desses veículos, sempre que a rua permitir tal tráfego.

Quadro 6 - Características dos canteiros centrais de avenidas que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Canteiros Centrais de Avenidas	
Características do local	Cuidados fundamentais
Impermeabilização próximo à árvore e muitas vezes espaço insuficiente para o desenvolvimento das raízes.	Conhecer a largura do canteiro central, que não pode ser estreito.
Necessidade do uso de outras plantas para cobertura do solo, que nunca deve ficar exposto.	Esse espaço precisa ter o solo recoberto com alguma forma de vegetação; a grama é a opção mais tradicional, mas não a única.
Presença de redes de serviços subterrâneas (principalmente energia elétrica).	Conhecer a localização das redes; geralmente nos canteiros centrais, há postes com passagem de energia subterrânea. Verificar se existe o mapeamento digital; se não houver, é preciso verificar em campo antes de planejar o plantio.
Iluminação ininterrupta, devido ao fornecimento de luz artificial à noite.	Conhecer a localização dos postes e altura da luz.
Trânsito de veículos de grande porte (ônibus, caminhões) próximo às árvores.	Conhecer a distância adequada para manter as copas das árvores fora do alcance desses veículos, sempre que a rua permitir tal tráfego.

Quadro 7 - Características das praças e áreas de confluência entre ruas que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Praças e Áreas de Confluência entre Ruas	
Características do local	Cuidados fundamentais
Maior espaço para desenvolvimento das raízes e copas das árvores e menos restrições.	Conhecer a dimensão da área e verificar quantos indivíduos arbóreos cabem no espaço para atender ao objetivo proposto.
Presença de redes de serviços aérea ou subterrânea (energia elétrica, internet, telefone, esgoto).	Se há esses componentes, conhecer a localização das redes. Se não houver um mapeamento digital, é preciso verificar em campo antes de planejar o plantio.
Iluminação ininterrupta, devido ao fornecimento de luz artificial à noite.	Conhecer a localização dos postes e altura da luz.
Necessidade do uso de outras plantas para cobertura do solo, que nunca deve ficar exposto.	A grama é a opção mais tradicional na maior parte da área, mas a composição paisagística com outras espécies é recomendada. Atentar-se à exposição solar.
Presença de equipamentos urbanos (pontos de ônibus, placas de sinalização, bancos, mesas, chafarizes, estátuas, lixeiras), que podem atuar como obstáculos ou que precisam de maior destaque.	Conhecer o posicionamento e dimensões dessas estruturas, geralmente a partir do mapeamento digital. É necessário compilar as informações já existentes.

Quadro 8 - Características das áreas de preservação permanente e unidades de conservação que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação	
Características do local	Cuidados fundamentais
Maior espaço para desenvolvimento das raízes e copa das árvores e restrições quase inexistentes.	Conhecer a dimensão da área e verificar quantos indivíduos arbóreos cabem no espaço para atender ao objetivo proposto.
Existência de legislação específica para ser atendida.	A dimensão do espaço a ser recuperado é definida em lei, bem como a obrigatoriedade pelo uso de espécies nativas. Atenção máxima deve ser dada para evitar a infestação por exóticas invasoras.
Ambiente com características mais próximas à condição natural que pode existir em área urbana.	Conhecer a fitofisionomia florestal do município. Quando se objetiva recuperar fragmentos florestais, deve-se utilizar técnicas tradicionais da recuperação de áreas degradadas, com uso alternado de espécies pioneiras (recobrimento) e climáticas (diversidade) regionais.
Necessidade de preocupação com a cobertura do solo, que nunca deve ficar exposto.	Utilizando-se as técnicas tradicionais de recuperação, a cobertura do solo será estabelecida com o tempo, de acordo com a dinâmica natural. Nesses locais, não se aplica o plantio de grama.

Quadro 9 - Características dos jardins que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores e os cuidados fundamentais que as árvores requerem

Jardins	
Características do local	Cuidados fundamentais
Barreiras físicas para o desenvolvimento da copa.	Conhecer o posicionamento e as dimensões dessas estruturas para garantir o desenvolvimento sem interferência.
Presença de redes de serviços aérea ou subterrânea (energia elétrica, internet, telefone, água, esgoto).	Conhecer a localização das redes, para evitar danos no plantio e no futuro com o desenvolvimento da árvore.
Área variável para o enraizamento das árvores.	Delimitar um espaço adequado para o desenvolvimento das raízes. Quanto maior a área, melhor.
Necessidade do uso de outras plantas para cobertura do solo, que nunca deve ficar exposto.	A grama é a opção mais tradicional na maior parte da área, mas a composição paisagística com outras espécies é recomendada. Atentar-se à exposição solar.

Por fim, para auxiliar na definição da escolha da árvore certa no lugar certo, uma recomendação sucinta dos pontos que devem ser considerados para implantar as árvores de forma adequada, estabelecidos pela West Virginia Division of Forestry (2019), pode ser utilizada como um *checklist* para o planejamento.

Checklist Básico para o Planejamento da Arborização

- ✓ Função da árvore: determinar o que o projeto objetiva gerar: sombra, filtragem de poluentes, melhoria estética, controle de erosão, bem-estar.
- ✓ Forma da árvore: definir o formato de copa que a espécie possui, bem como a altura e a projeção.
- ✓ Origem: selecione um viveiro local bem gerenciado, com um bom responsável técnico, cujas mudas estejam livres de sinais visíveis de insetos, doenças ou danos físicos. Além disso, sempre tentar selecionar espécies nativas.
- ✓ Características da árvore: definir quais são as vantagens e desvantagens das possíveis espécies.
- ✓ Manutenção necessária: determinar se a espécie é de fácil manejo, além de considerar os possíveis transtornos gerados pelos frutos, galhos, flores, sementes e sua velocidade de crescimento.
- ✓ Fatores do local de plantio: verificar se a espécie escolhida realmente sobrevive às condições climáticas do local; confirmar se não há restrição de espaço acima ou abaixo do solo; analisar umidade e compactação do solo; analisar condição de iluminação – pleno sol/meia-sombra/sombra.
- ✓ Aspectos da vizinhança: evitar plantar árvores que sejam muito comuns e priorizar diversidade, incluindo de gêneros. Além disso, evitar plantar espécies com suscetibilidade a doenças ou maus hábitos de crescimento.

5. Diretrizes para a Elaboração de Projetos

5.1. Em áreas verdes públicas. As árvores que compõem as áreas verdes públicas são aquelas localizadas principalmente em parques, bosques, praças e áreas protegidas. Esses locais não apresentam características tão restritivas quanto as impostas à arborização de ruas, e, portanto, o planejador dispõe de maior liberdade.

Nem toda cidade brasileira apresenta uma diversidade de tipologias de áreas verdes, com parques, bosques e unidades de conservação, mas, sem dúvida, toda cidade tem ao menos uma praça. A praça é a tipologia de área verde mais reconhecida em todo o mundo, sendo a mais presente e identificada no Brasil (BIONDI; LIMA NETO, 2012). É importante destacar que, por etimologia e definição, a praça consiste em um local destinado à sociabilidade e ao encontro (VIEZZER, 2015). Quando surgiram, na Idade Média, tinham como foco ser um local para a reunião de pessoas; contudo, sua funcionalidade passou por transformações ao longo da história, devido à evolução sociocultural da humanidade. Sem deixar de atender seu objetivo primário (o social), as praças passaram a incorporar mais elementos naturais em sua composição, contribuindo, assim, para a geração de um ambiente mais ecológico.

Embora existam praças sem qualquer vegetação, denominadas de praças secas (ROBBA e MACEDO, 2010), estas normalmente são vestígios do patrimônio histórico-cultural, que resguardam sua originalidade de criação. Toda e qualquer nova praça, necessariamente, precisa incorporar e intensificar o uso de árvores e área permeável, pois muitas vezes é o único espaço da cidade capaz de comportar tais elementos e, por isso, representa a principal tipologia de área verde.

Toda área verde deve ser planejada de modo a intensificar e promover o máximo de benefícios ecológicos para a cidade; portanto, nesses locais, é preciso promover prioritariamente o uso de espécies de grande porte, mais eficazes na geração desses benefícios, desde que seja dada condição mínima para isso. É claro que em determinadas situações é um procedimento cabível, mas nunca deve ser a tendência adotada como forma de evitar problemas. Tais problemas são evitados a partir de um bom planejamento.

A preocupação com o uso público dos espaços também não deve ser esquecida. A melhor forma de conservar e preservar o ambiente urbano é aproximando tais áreas da população, pois mantê-las afastadas e intocadas contribui para sua degradação. Portanto, conciliar os aspectos ecológicos e o correto uso público desses espaços é a chave do bom planejamento. Nesse contexto, atenção especial merece ser atribuída aos projetos de recuperação de áreas degradadas para ambientes urbanos, que também precisam de discussão, planejamento e muita criatividade.

Na sequência, são apresentados os aspectos que precisam ser considerados para o correto planejamento das áreas verdes. Para facilitar sua aplicação, são divididos em etapas do planejamento.

Conhecer o local. Nada pode gerar mais transtorno ao planejamento do que não conhecer o local de trabalho. Não basta obter mapas, pranchas e arquivos digitais, é preciso ir até a área, checar e conferir as informações representadas, bem como atualizá-las. As dimensões do espaço a ser trabalhado são a primeira variável essencial, e é necessário conferir tais medições.

É comum as cidades terem informações desatualizadas sobre seu cadastramento estrutural. Muitas não têm sequer informação sobre quantas e quais são suas áreas verdes, localização e espacialização. Assim, um bom planejamento deve garantir a confiabilidade da sua base de dados.

Identificar a vegetação existente. Durante muitos anos, no processo de urbanização, era removida toda a cobertura vegetal existente em um espaço para implantar elementos construídos, normalmente impermeáveis, que suprissem as necessidades da população. Com o passar do tempo, a sociedade constatou que os elementos naturais, como as árvores, eram necessários e passou a incorporá-los novamente ao espaço. Dessa forma, hoje se torna inaceitável remover a vegetação para depois inseri-la novamente. Assim, em toda e qualquer área, é preciso verificar a existência de plantas já estabelecidas para incorporá-las ao novo projeto.

Seja na implantação de novas áreas verdes, seja nas reformas das já existentes, deve-se ter esse cuidado. Incorporar esse elemento ao projeto dando melhores condições e destaque garante um planejamento mais adequado, pois o benefício proporcionado por uma árvore adulta não se compara ao proporcionado por dez mudas arbóreas, no presente. Para tomar a decisão de mantê-la no local, torna-se fundamental a identificação botânica da espécie para um melhor conhecimento através de uma pesquisa bibliográfica. Com isso, é possível prever o espaço que ainda se pode ocupar, as características estéticas que podem agregar e os possíveis problemas que podem ser gerados. Independentemente da espécie ser exótica ou nativa, a permanência do indivíduo arbóreo no local vai depender dos benefícios que são proporcionados nos âmbitos ambiental, estético e social.

A identificação da vegetação existente pode ainda auxiliar na compreensão das condições ambientais, pois algumas plantas são consideradas indicadoras, fornecendo subsídio para compreender as condições físicas e químicas do solo e a disponibilidade de umidade.

Avaliar os elementos de composição. Um espaço qualquer a ser planejado pode já abrigar determinadas estruturas antigas ou vegetação estabelecida. Tais elementos de composição antes de serem mantidos precisam passar por um processo de avaliação que permita determinar se a sua manutenção é adequada e segura. As árvores adultas, de médio e grande porte, que serão mantidas próximo às áreas de grande fluxo de pessoas devem passar por avaliação que permita inferir sobre seu risco de queda. Se constatado perigo que justifique sua remoção, é mais plausível realizar isso antes de implantar ou reformar a área. Atenção deve ser dada também para garantir a manutenção do nível do solo ao qual o exemplar está acostumado. Não se deve aterrar parte do tronco ou expor as raízes.

Não só as árvores, mas qualquer componente mantido na área precisa ser avaliado, e o novo planejador passa a se responsabilizar pela existência de qualquer componente prévio, uma vez que optou por mantê-lo.

Conhecer as necessidades da população. Embora o foco prioritário das áreas verdes enfatize o aspecto ecológico, este não será alcançado se a comunidade não fizer uso do espaço; logo, será um aspecto de abandono e conseqüentemente não será objeto de manutenção. É preciso dar condições ao uso, com estrutura mínima para tal, com bancos, iluminação, lixeiras, via de acesso e segurança, itens essenciais a qualquer área verde.

Conhecer as necessidades da população do entorno das áreas verdes é fundamental para tornar a área apropriada à demanda local. Caso contrário, corre-se o risco de planejar uma área verde sem uso, que com o tempo ficará abandonada, perdendo sua função social.

A demanda da comunidade pode ser para diversos fins, como: área de lazer e recreação infantil, juvenil ou da terceira idade; prática de atividades físicas; local de contemplação da paisagem; área de relaxamento; melhoria estética; sombreamento; ou convívio social.

Definir a função do espaço. Mesmo que haja inúmeras demandas da população, é evidente que nem todas podem ser atendidas em uma única área verde. Por isso, é preciso estabelecer qual será a função apropriada para aquele espaço. Algumas das funções para as áreas verdes são:

- a. Proporcionar espaço para lazer, recreação e convívio social para diferentes públicos;
- b. Conservar remanescentes florestais;
- c. Amenizar um problema ambiental pontual, como calor e poluição;
- d. Conter enchentes e proteger as margens dos corpos d'água;
- e. Aumentar o índice de áreas verdes por habitantes da cidade;
- f. Melhorar o aspecto estético do local;
- g. Tornar efetivo o uso público de um espaço;
- h. Atender a costumes e anseios novos da população que surgem com o tempo;
- i. Auxiliar na manutenção de tradições étnicas e laços culturais da população;
- j. Estabelecer atrativo turístico para a cidade.

E somente após a definição da função do espaço que é possível pensar quais espécies serão plantadas, pois cada uma poderá desempenhar diversas funções.

Seleção das espécies. No país com a maior biodiversidade de plantas, escolher uma espécie a princípio não parece ser uma tarefa difícil, devido à quantidade de opções. No entanto, não se deve esquecer que o comportamento das espécies no ambiente urbano pode ser diferente do apresentado no ambiente natural, o que merece atenção para o uso de novas espécies.

Deve-se evitar o uso das mesmas espécies utilizadas na arborização de ruas para não deixar as áreas verdes sem atratividade visual e ecológica, evitando também a homogeneidade arbórea, sem esquecer a otimização do benefício ecológico, evitando plantio de espécies de pequeno porte nesses locais.

Elaboração do projeto gráfico. Com o surgimento das ferramentas computacionais, ficou muito mais simples e fácil elaborar um bom projeto gráfico que permita especializar e exemplificar a proposta, inclusive com *softwares* gratuitos. O projeto gráfico permite transmitir as ideias para os gestores e a sociedade como um todo, de forma mais clara.

Muitas vezes tem ocorrido a preocupação em fazer uma representação impactante e bonita, mas não funcional. A utilização de vistas em perspectivas do espaço nos programas 3D, com a renderização, facilita muito o entendimento, mas essa ilustração não é um projeto gráfico. Projeto gráfico precisa ter escala e legenda dos elementos de composição, especializados e pontuados corretamente, de forma a permitir sua implantação. No mínimo, precisa ser entregue uma prancha colorida que ilustrará melhor a realidade, e uma em preto e branco, denominada de executiva, com as cotas e informações de metragem necessárias para a implantação correta.

Cronograma de implantação e manutenção. Para o planejamento adequado, as atividades não se encerram na elaboração do projeto gráfico, é preciso planejar também o processo de execução (implantação) e manutenção. É necessário prever o tempo de duração das atividades, a época mais adequada para a realização, os insumos, a mão de obra necessária, bem como o custo e a forma de obter esse recurso.

Tais informações muitas vezes são descritas apenas para a execução do projeto, mas é preciso elaborar também um documento com as especificações técnicas necessárias para a manutenção da área, com cronograma mensal e anual das atividades, de modo a organizar o serviço e obter os recursos necessários. Algumas ações que devem ser previstas para a manutenção das áreas verdes são: adubação da vegetação (periódica ou sintomática); tratamentos fitossanitários; podas de árvores; podas de limpeza na vegetação baixa; cortes de grama; limpeza ou dragagem de lagos e rios; limpeza das vias de acesso; reforma de canteiros; irrigação; reparos nos equipamentos de recreação; reparos nos caminhos e trilhas; monitoramento da flora e fauna; restauração de árvores, entre outros.

5.2. Onde é preciso recuperar a vegetação nativa. O novo Código Florestal fez surgir a demanda por recuperação de áreas degradadas em ambiente urbano, devido à necessidade de recompor algumas Áreas de Preservação Permanente nos municípios. A necessidade de restabelecer ambientes florestais nas cidades, constituídos por áreas amplas, com dossel arbóreo, diferentes estratos de vegetação e sub-bosque estabelecido é crescente. Tais espaços, no entanto, precisam inicialmente ser criados para posteriormente servir de desfrute à população, pois restabelecer um ecossistema não é uma tarefa simples e rápida.

Para atender à legislação que determina o restabelecimento de fragmentos florestais, é preciso fazer uso de técnicas tradicionais aplicadas à recuperação de áreas degradadas, uma vez que a legislação obriga o uso prioritário de espécies nativas, bem como o emprego de técnicas específicas. Assim, o conjunto de procedimentos ligados à ciência, que objetiva a recuperação de uma área, deve ser pautado em quatro ações principais:

- a. Definir a escala de trabalho: pontual, média ou ampla;
- b. Estabelecer os objetivos: restauração florestal, controle de invasoras, recuperação da diversidade de flora, recuperação da diversidade de fauna, entre outros;
- c. Conhecer as características do zoneamento ambiental: identificação e delimitação das situações ambientais, como características do solo, relevo, clima, fauna e flora;
- d. Determinar técnicas de implantação: definidas com base na situação ambiental da área, priorizando a eficiência ecológica, o uso racional dos recursos e a amenização do custo do projeto.

A definição das técnicas de implantação é o procedimento mais delicado, pois diversos fatores acabam influenciando na escolha do modelo adequado, como as informações sobre condições ecológicas da área, o estado de degradação, os aspectos da paisagem regional, a disponibilidade de mudas e sementes e o nível de conhecimento ecológico e silvicultural das espécies a serem utilizadas. Porém, é importante destacar que o Código Florestal prevê para essas áreas apenas o uso da condução de regeneração natural de espécies nativas, o plantio de espécies nativas e o plantio de espécies nativas conjugadas à regeneração natural, ressaltando o plantio em curva de nível quando for o caso (MARTINS, 2014).

A regeneração natural consiste na recuperação natural da vegetação existente em áreas remanescentes desmatadas ou de baixa degradação, que ainda mantêm as características originais. Isso é possível quando o banco de sementes do solo não foi perdido ou quando existem fontes de sementes próximas. Assim, conduzir a regeneração natural significa aplicar métodos mecânicos que visem eliminar ou controlar o desenvolvimento de espécies vegetais indesejadas ao mesmo tempo em que se favoreça o desenvolvimento de espécies nativas de interesse (NBL; TNC, 2013).

A condução da regeneração natural, portanto, é feita por meio do coroamento periódico dos indivíduos regenerantes (remoção da cobertura do solo no raio de 50 cm a 1 m da plântula) ou pelo controle das gramíneas por toda a área. Por aproveitar os indivíduos jovens preexistentes na área a ser restaurada, a condução da regeneração contribui bastante para a redução de custos, pois cada muda oriunda da regeneração natural é uma muda a menos a ser comprada, possibilitando ainda a preservação do patrimônio genético regional (ANDRADE NETTO, 2015). Outra técnica possível de ser aplicada na condução da regeneração natural é a abertura de pequenos sulcos no solo (com 3 a 5 cm de profundidade) para estimular a germinação do banco de sementes do solo (MARTINS, 2014).

O plantio de espécies nativas pode ser feito de diversas formas. O procedimento técnico mais antigo para isso é denominado plantio aleatório. O plantio aleatório baseia-se no fato de que a natureza não obedece a nenhum tipo de espaçamento predeterminado; assim, é feita a distribuição das espécies ao acaso e sem espaçamento definido (MARTINS, 2014). Porém, ressalta-se que o simples plantio ao acaso não garante que todas as espécies encontrem condições ótimas para a sua sobrevivência e crescimento na área a ser recuperada.

Atualmente, os projetos de recuperação têm focado na técnica para plantio de mudas denominada de plantio total, em que se fazem presente os conhecimentos de ecologia, respeitando os grupos sucessionais da floresta: espécies pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climáticas. A ideia é compor unidades sucessionais que resultam em uma gradual substituição de espécies dos diferentes grupos ecológicos no tempo, caracterizando o processo de sucessão. Para isso, são realizadas combinações das espécies em dois grupos funcionais: grupo de recobrimento e grupo de diversidade.

O grupo de recobrimento é constituído por espécies que possuem rápido crescimento e boa cobertura de copa (copa densa e ampla), proporcionando o rápido fechamento da área plantada. Criam um ambiente favorável ao desenvolvimento dos indivíduos do grupo de diversidade e desfavorecem o desenvolvimento de espécies competidoras (gramíneas e lianas agressivas), além de possuírem florescimento e produção precoce de sementes. Compõem esse grupo as pioneiras (P) e secundárias iniciais (SI). O grupo de diversidade é formado por todas as demais espécies regionais não pertencentes ao grupo de preenchimento, inclusive espécies de outras formas de vida que não a arbórea (NBL; TNC, 2013).

Para o plantio total, metade das mudas utilizadas deve conter no mínimo 10 (dez) espécies do grupo de recobrimento, e a outra metade das mudas deve conter no mínimo 70 (setenta) espécies do grupo da diversidade. Além disso, o número de mudas por espécie deve ser o mais igualmente distribuído para evitar o plantio de muitas mudas de poucas espécies, bem como é preciso evitar que mudas da mesma espécie não sejam plantadas lado a lado ou muito próximas umas das outras, nem muito distantes a ponto de proporcionar o isolamento reprodutivo delas (ANDRADE NETTO, 2015).

Outras técnicas de implantação podem ser aplicadas, como o isolamento da área, o plantio por semente ou a semeadura a lanço e a nucleação. Contudo, essas técnicas terão um papel de auxiliar e acelerar o processo de recuperação e não podem ser aplicadas isoladamente, por não atenderem à recomendação legal para APPs. Além disso, destaca-se que no ambiente urbano há uma necessidade maior de atenção para evitar a influência antrópica (vandalismo) sobre o projeto, tornando-se prioritária a adoção de medidas para conter possíveis intervenções desse tipo.

5.3. Para a arborização de ruas. As árvores que compõem a arborização de ruas são expostas às condições mais restritivas e prejudiciais ao seu desenvolvimento do que outras tipologias. Nesses locais é que ocorrem os principais problemas de planejamento e por isso merecem atenção redobrada na hora de planejar.

A arborização bem planejada é importante independentemente do porte da cidade, pois é muito mais fácil implantar quando se tem um planejamento; caso contrário, passa a ter um caráter de remediação, à medida que se tenta encaixar dentro das condições já existentes e solucionar problemas de toda ordem (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

Na escolha de espécies para uma rua, é necessário pensar sobre a composição geral das espécies no espaço. Em qualquer composição, para não diluir o efeito estético, principalmente da floração, recomenda-se que seja usada uma única espécie na mesma quadra. Como uma rua geralmente é formada por inúmeras quadras, cada quadra poderia ser arborizada com diferentes espécies. Porém, como as atividades de manejo são realizadas pelos órgãos públicos e por ainda não existir um protocolo de ações satisfatório na maioria das cidades, sistematizar as ações por rua acaba sendo mais adequado, facilitando as ações de manejo. Dessa forma, o técnico recebe orientações sobre o que deve ser feito na rua toda e não precisa gastar tempo procurando os indivíduos que necessitam de alguma intervenção, o que gera certa confusão e acarreta erros mais frequentes.

A solução mais aplicável é diversificar as espécies por rua. Cada rua pode ter uma espécie diferente, e não uma rua com várias espécies, o que inclusive pode gerar uma identidade para a população. A rua pode passar a ser conhecida pelo nome das árvores, como a rua dos ipês, a rua das palmeiras ou a rua dos manacás. Também tem sido usual o plantio de espécies diferentes em cada lado da rua. Por exemplo, o lado par arborizado com uma fileira de tipuanas, e o ímpar com uma fileira de resedás. Esse cenário pode ser ideal dependendo do objetivo da arborização, principalmente para amenizar conflitos com a rede aérea, que geralmente passa por um único lado da rua (onde se plantam espécies de pequeno porte), mas proporciona menor impacto visual.

O conflito das árvores com as redes de serviços é um dos principais problemas atuais da arborização de ruas, ao lado do conflito com as calçadas. As árvores podem interferir nas redes de serviços públicos, criando riscos à segurança e interrupções nos serviços básicos, o que acarreta aumento dos custos de manutenção e impõe dificuldades para

o manejo adequado da vegetação. Assim, as empresas prestadoras de serviço são forçadas a podar as árvores para que as copas se adequem ao espaço e não prejudiquem o fornecimento do serviço. Essa prática remove muitas folhas ativas, deixa deformações, pode causar danos fisiológicos, perturba a estrutura natural e estressa as árvores, tornando-as esteticamente desagradáveis e propensas ao ataque de pragas e doenças.

Para melhor compatibilizar a existência das árvores e a manutenção adequada dos serviços urbanos básicos, diversos fatores precisam ser previstos no processo de planejamento, viabilizando uma estrutura física adequada das ruas para comportar a presença harmônica desses elementos. Os fatores que precisam ser previstos são: largura das ruas e das calçadas, rede aérea e subterrânea, poste de iluminação, área de canteiro e volume de solo.

Largura das ruas. Não se recomenda arborizar as ruas estreitas, ou seja, aquelas com menos de 7 m de largura². Quando estas forem largas, é preciso considerar ainda se a largura das calçadas permite o plantio, bem como definir o porte da árvore a ser utilizada. Outro fator que deve ser considerado refere-se à existência de recuo frontal das casas, que pode permitir ou não o desenvolvimento livre da copa.

Caso as ruas apresentem canteiro central, estes podem ser arborizados de acordo com a largura, relacionando essa dimensão com o tamanho de projeção da copa da espécie selecionada, certificando-se de que essa espécie cabe no local.

Largura das calçadas e passeios. Entende-se como calçada a estrutura entre o meio-fio e o limite dos lotes, que pode ser completamente impermeabilizado, completamente gramado ou, o mais recomendável, intercalar área pavimentada com área impermeável (recoberta com grama). O passeio nada mais é do que a área restrita, com pavimentação adequada, destinada à passagem das pessoas. Portanto, na situação recomendável, tem-se uma área de passeio na área de calçada. Quando a calçada é toda pavimentada, tem-se uma área de passeio igual à área de calçada.

² Parte-se da visão do perfil transversal da rua, em que se entende como largura da rua não só a largura da pista de rolamento, por onde os carros passam, mas sim a distância de todo o perfil, do muro da casa de um lado até o muro do outro lado da pista de rolamento (muro a muro).

Para a realidade brasileira, não é recomendável o plantio de árvores em calçadas com menos de 2 m de largura, se não existir recuo frontal. As calçadas são destinadas ao livre tráfego das pessoas, é uma estrutura que permite o deslocamento nas cidades e, portanto, não pode ter sua funcionalidade impedida. A largura mínima de passeio que uma calçada precisa ter é de 1,20 m (ABNT, 2015), ou seja, nessa faixa não pode haver qualquer obstáculo, sobrando apenas 80 cm para manutenção da permeabilidade e plantio de árvores, o que já não é o ideal. Mesmo assim, nessas situações, o plantio de árvores de pequeno porte pode ser realizado. Não deve ser plantada árvore em uma calçada com menos de 1,70 m.

A estrutura padrão recomendada para a construção das calçadas informada pela ABNT e o Conselho Federal de Engenharia apresenta-se conforme a ilustração da Figura 5.

Destaca-se que, para esse padrão, não é ideal uma largura de faixa livre com apenas 70 cm para o plantio de árvores de médio e grande porte. Essa conformação permite apenas espécies de pequeno porte. Além disso, fazer o alinhamento das árvores junto com os demais equipamentos urbanos, como rede de energia e água ou esgoto, gera conflito em algum momento.

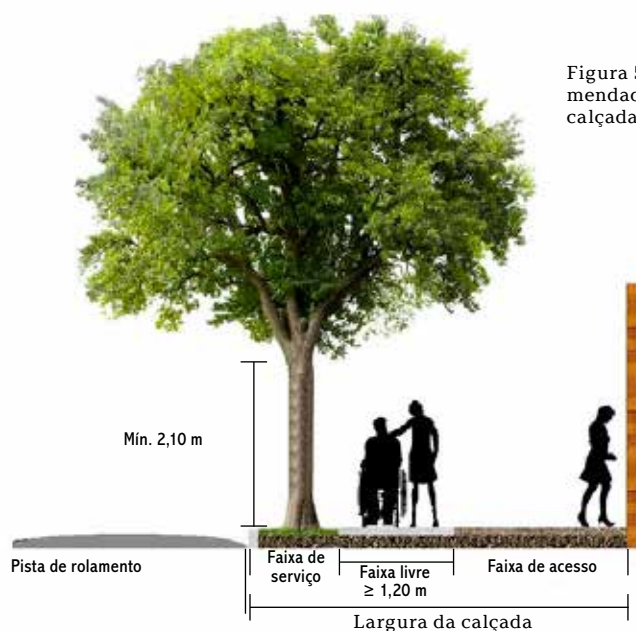


Figura 5 - Estrutura padrão recomendada para a construção das calçadas (ABNT, 2015).

A indicação do porte das árvores baseado na largura das ruas e calçadas é apresentada no Quadro 10, a seguir (MIRANDA, 1970):

Quadro 10 - Indicação do porte das árvores baseado na largura das ruas e calçadas

Praças e Áreas de Confluência entre Ruas			
Largura da rua	Largura da calçada	Recuo frontal	Porte das árvores
Rua estreita (< 7m)	< 3m	Ausente	Nenhum porte é compatível
		Presente	Pequeno
Rua larga (> 7m)	< 3m	Ausente	Pequeno
		Presente	Médio
	> 3 m	Ausente	Médio
		Presente	Grande

Outra recomendação fundamental é o alerta referente às reformas de calçadas. Muitas vezes, é nesse momento que se pode viabilizar um convívio harmonioso entre os equipamentos e as árvores urbanas. Assim, deve-se buscar proporcionar melhores condições ao seu desenvolvimento, e não o contrário. Por isso, em hipótese alguma é admitido o corte ou a remoção de raízes estruturais para implantar novo calçamento. Entendem-se como raízes estruturais aquelas com mais de 5 cm de diâmetro, localizadas no raio de 1 m da base das árvores de pequeno porte, de 3 m para árvores de médio porte, e de 5 m para árvores de grande porte.

Rede aérea e subterrânea. A presença de redes de serviços urbanos inseridas na parte aérea ou subterrânea das ruas é um dos fatores mais importantes no planejamento. A rede aérea de energia pode ser composta pela rede elétrica primária (média tensão), que opera com tensões trifásicas de 13,8 kV a 34,5 kV, e a rede elétrica secundária (baixa tensão), que opera tensões de 110 V e 220 V (CEMIG, 2011). Além da rede elétrica, existem ainda os sistemas de rede telefônica e TV a cabo (Quadro 11).

Quadro 11 - Principais alturas das redes aéreas de distribuição de energia encontradas nas cidades

Equipamento urbano	Altura (m)
Poste	9 a 12
Rede de baixa tensão	7,20
Rede de média tensão	8,20 a 9,40
Rede telefônica e de TV a cabo	5,40

Portanto, considerar as dimensões desses componentes é fundamental para garantir que a dimensão da árvore selecionada seja implantada no local definido.

O Manual de Arborização da Cemig (2011) traz informações sobre os tipos de redes de distribuição de energia, destacando as opções que facilitam a convivência com a Arborização Urbana:

- a. Rede convencional ou nua: caracterizada por condutores nus, ou seja, sem proteção, dispostos horizontalmente nos circuitos de média tensão e verticalmente naqueles de baixa tensão;
- b. Rede isolada ou multiplexada: rede isolada de média ou baixa tensão constituída por cabos isolados e multiplexados em torno de um cabo mensageiro de sustentação;
- c. Rede protegida ou compacta: é constituída por um cabo mensageiro de aço que sustenta espaçadores losangulares feitos em polietileno de alta densidade, instalados a cada 8 a 10 m, que sustentam os três condutores de fases cobertos com polietileno de baixa densidade. Essa rede permite o contato eventual de galhos sem que ocorra a interrupção do fornecimento de energia, substituindo a necessidade de podas de maior intensidade por serviços mais simples de retirada de galhos que estejam em contato direto com a rede. Essas redes oferecem maior confiabilidade e qualidade no fornecimento de energia, reduzindo a duração das interrupções. São mais seguras para o público, convivem melhor com o ambiente, custam menos e requerem menor número de intervenções, o que favorece o programa de manutenção;
- d. Rede subterrânea: rede semelhante à isolada, porém distribuída sob o solo. Esse tipo de rede evita conflitos com as copas das árvores, mas está sujeita a conflito com raízes. Além disso, seus custos muitas vezes se tornam inviáveis.

O simples contato da árvore com a rede convencional sem cobertura protetora pode provocar distúrbios no sistema, causando interrupção do circuito elétrico. Se o contato for permanente, pode até ocorrer o rompimento do condutor (CEMIG, 2011).

Nas redes aéreas de energia elétrica protegidas ou isoladas, a proteção é assegurada por um revestimento que permite o contato simples da árvore com a rede energizada. No entanto, o contato permanente

com a árvore pode causar a deterioração do revestimento, tornando a rede desprotegida. Nos casos de rompimento do condutor, a reconstrução dos condutores protegidos é mais complexa e demorada que em redes convencionais, o que acarreta maior tempo de restabelecimento do serviço de distribuição de energia (CEMIG, 2011).

A arborização pode ser feita com árvores maiores no lado oposto à fiação, e, no lado da fiação, recomendam-se árvores de pequeno porte. Essa opção é a mais fácil de ser aplicada; contudo, não é a única. O plantio de árvores de grande porte sob rede é possível e compatível, desde que a partir do seu plantio sejam realizadas podas para compatibilizar tais elementos, fazendo com que a copa se desenvolva acima da rede. O que nunca deve ser feito é o plantio de espécies de médio porte, pois a rede sempre estará no meio da copa da árvore.

A convivência de árvores de grande porte no lado da fiação com fios encapados também não é problema, desde que a rede venha após o estabelecimento da árvore adulta. Nunca se devem plantar palmeiras sob rede cuja altura da espécie adulta seja superior ao da fiação, pois palmeira não admite poda.

Quanto à rede subterrânea, que pode ser de energia elétrica, internet, água ou esgoto, a arborização pode ser a uma distância mínima de 2 m para evitar problemas, pois as raízes podem obstruir canalizações, e as canalizações podem interferir no desenvolvimento das raízes.

Postes de iluminação. É preciso conhecer a localização da fonte de luz, tanto em relação à altura quanto a sua distância. As árvores devem ficar a pelo menos 4 m de distância dos postes de iluminação.

O Manual da Cemig (2011) também apresenta soluções que podem garantir uma boa convivência com as árvores, que vão desde a utilização de materiais desenvolvidos especificamente para áreas arborizadas, como o braço longo, até projetos especiais de compatibilização, como a iluminação em segundo nível e postes ornamentais:

- a. Braço longo: o braço longo para área arborizada possui uma projeção horizontal cinco vezes maior que o braço tradicional, de forma a manter a luminária fora da copa das árvores;
- b. Luminária em segundo nível: essa instalação utiliza luminárias nos postes da rede de energia abaixo da copa das árvores, para garantir iluminação aos pedestres.

- c. Postes ornamentais: os postes ornamentais são postes exclusivos de iluminação pública e são instalados com projetos de rede subterrânea. Sua altura não passa de 4 m.

Essas soluções normalmente são aplicadas quando a árvore já está gerando conflito. No entanto, o processo inverso pode ser adotado.

Área de canteiro. A área de canteiro disponível para o plantio das árvores refere-se ao espaço permeável existente, que precisa ser considerado e é um fator limitante para a escolha das espécies. Dimensões mínimas dos canteiros para garantir o desenvolvimento do sistema radicular devem seguir a recomendação:

- a. Árvores de grande porte: canteiros quadrados de 2,5 x 2,5 m; circulares com 1,4 m de raio; ou faixa contínua de no mínimo 1,8 m de largura;
- b. Árvores de médio porte: canteiros quadrados de 1,8 x 1,8 m; circulares com 1 m de raio; ou faixa contínua de no mínimo 1,2 m de largura;
- c. Árvores de pequeno porte: canteiros quadrados de 1,2 x 1,2 m; circulares com 0,6 m de raio; ou faixa contínua de no mínimo 0,7 m de largura.

Existem alternativas para garantir o bom desenvolvimento das raízes, como a criação de calçadas suspensas ou o uso de células de enraizamento sob as calçadas, mas não são técnicas comuns no Brasil. O uso de grelhas sobre as áreas de canteiro, na base das árvores, serve para áreas de fluxo intenso de pedestres e quando não há uma alternativa econômica.

A cobertura do solo dessa área de canteiro é necessária para evitar compactação e perda de solo pela chuva; assim, o plantio de grama tornou-se uma excelente opção, mas deve ser dada atenção aos quesitos de irrigação, para evitar excesso de água na base da árvore, pois muitas pessoas têm o hábito de molhar excessivamente o gramado.

Outras espécies de plantas também são possíveis, principalmente em canteiros sombreados, onde a grama não resiste. Para esses locais, espécies de forração são ideais, tais como: vedélia (*Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski), trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida* (Rose) D.R.Hunt), pileia (*Pilea cadierei* Gagnep. & Guillaumin), maranta (*Calathea* sp. G.

Mey), gazânia (*Gazania rigens* (L.) Gaertn.) e clorofito (*Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques). Outras maneiras de forrar o canteiro se dão utilizando argila expandida, casca de pinus ou pedrisco.

Volume de solo. Diferentemente da área de canteiro, que é visualmente projetada, o volume de solo disponível é uma variável que precisa ser considerada e trabalhada. A quantidade de solo disponível determina boa parte do tamanho máximo que a árvore poderá alcançar durante sua vida útil. Por isso, pensar sobre o local que proporciona condições mais adequadas quanto ao volume de solo torna-se fundamental.

Espaços como a superfície abaixo da pista de rolamento geralmente não podem ser quantificados como espaço enraizável, pois no processo de construção utilizam-se procedimentos para compactação extrema do solo que oferecem resistência ao crescimento das raízes. Promover o desenvolvimento de técnicas da construção civil que possibilitem o estabelecimento de calçadas acessíveis sem gerar alta compactação também é uma estratégia importante para o futuro.

Para determinar o volume de solo necessário para cada árvore, devem-se levar em conta as características das espécies (Figura 6).

O exemplo ilustrado mostra que, para um diâmetro de tronco de 40 cm, são necessários 28 m³ de solo. Isso não se refere ao tamanho de abertura da cova, mas sim à área total necessária para que a árvore possa se desenvolver.

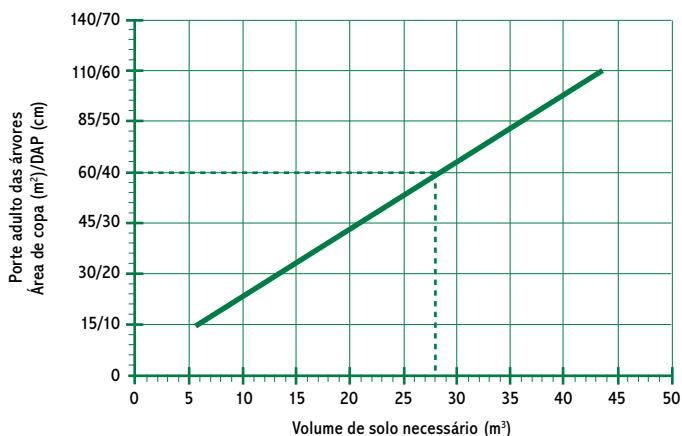


Figura 6 - Relação entre o porte da árvore adulta e o volume de solo necessário ao desenvolvimento do seu sistema radicular. Fonte: Adaptado de Urban (2008).

Uma pesquisa desenvolvida por Lindsey e Bassuk (1991) aponta para uma estimativa de 0,06 m³ (seis centímetros cúbicos) de solo para cada 0,09 m² (nove centímetros quadrados) de projeção da copa. Contudo, os autores destacam que isso varia muito conforme as estratégias de uso de água pelas espécies, a heterogeneidade das características do solo e as peculiaridades do microclima local. Afirmam ainda que uma definição real das necessidades de volume de solo por árvore é uma tarefa altamente complexa.

A maioria das árvores de rua tem cerca de 1,4 m³ de solo disponível e requer pelo menos 11,3 m³ (URBAN, 1999). Sabe-se, dessa forma, que volumes limitados podem confinar raízes, restringir o crescimento, reduzir a ancoragem e fornecer quantidade inadequada de umidade e nutrientes (VCE, 2002).

Ao adotar tais recomendações no processo de planejamento da arborização de ruas, será possível resguardar a correta funcionalidade do ambiente urbano em conjunto com a intensificação dos benefícios proporcionados pelas árvores.

6. Plano Diretor de Arborização Urbana

O plano diretor é um instrumento legal que visa ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana mediante diversas diretrizes, tendo como base os interesses coletivos e particulares dos habitantes (BRASIL, 2001). Esse instrumento é regido pela Lei Federal nº 10.257, de 2001, que obriga sua elaboração para cidades com mais de 20 mil habitantes ou que estejam em áreas metropolitanas ou de especial interesse turístico. Dessa forma, por compor a estrutura urbana, as árvores têm influência direta das ações impostas por ele, o que fez surgir a necessidade de elaborar um documento específico para esse cuidado, denominado de Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU).

Além do termo PDAU, outras denominações são aplicadas a esse material, como: Plano Municipal de Arborização Urbana; Plano Municipal Integrado de Arborização Urbana; Plano de Arborização Urbana; Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável (PDDUS); Master Plano da Arborização Urbana, entre outros.

O PDAU é, portanto, um documento que reúne um conjunto de medidas a serem adotadas no presente e no futuro, com respaldo legislativo, a fim de direcionar o gerenciamento da arborização. Resulta de um planejamento minucioso, contendo as diretrizes, metas, ações e normas

para a realização de objetivos de curto e longo prazo (horizonte de 20 anos, por exemplo), contemplando os aspectos de produção, plantio, preservação, conservação, manejo e expansão da arborização na cidade. É um documento para compilar e sintetizar todas as ações referentes à arborização (ARAÚJO; ARAÚJO, 2016).

Embora a legislação federal não obrigue claramente a existência de um Plano Diretor de Arborização Urbana atrelado ao plano diretor da cidade, essa prática é cada vez mais comum e bem vista pelos administradores, como forma de gerir melhor seus recursos naturais. No Paraná, inclusive, o Ministério Público tem dedicado esforços, por meio de um comitê de trabalho interinstitucional, para auxiliar os municípios a elaborarem seus planos, o que resultou na publicação de um “Manual para Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana”, que atualmente está na segunda edição.

O Plano Diretor de Arborização Urbana deve conter uma série de itens, e um deles, indispensável e essencial, é o diagnóstico da arborização do município, pois não é possível saber aonde se quer chegar sem conhecer a realidade atual. O diagnóstico possibilita conhecer o cenário de trabalho, por meio das respostas obtidas do inventário florestal urbano. Nele, é importante aplicar a abordagem correta, separando a arborização em suas diferentes tipologias. As tipologias da arborização, particulares, devem ser conhecidas e monitoradas por meio de geotecnologias, a fim de garantir sua existência futura, mas o foco prioritário dos planos diretores é planejar e tratar da parte pública. Nesse sentido, no processo de diagnóstico, também é preciso distinguir as áreas verdes da arborização de ruas.

As árvores que compõem a arborização de ruas são mais expostas às condições desfavoráveis e agressivas ao seu pleno desenvolvimento, por isso merecem maior atenção e cuidado. Para a arborização de ruas, faz-se necessário conhecer e apresentar no plano diretor os seguintes aspectos das árvores: listagem das espécies encontradas; diversidade; homogeneidade; proporção de nativas e exóticas; porcentagem de espécies invasoras e/ou tóxicas; principais problemas encontrados; análises dendrométricas; panorama geral da situação do sistema radicular; condição física e fitossanitária das árvores; e necessidade de tratamento. Atualmente, também está sendo comum a aplicação da análise dos índices ecológicos e espaciais. Além das características das árvores, alguns fatores físicos do meio precisam ser determinados, como: largura da calçada, da via e do passeio de pedestres; distância e presença de rede aérea ou subterrânea; e área livre do canteiro disponível à planta.

As áreas verdes apresentam menos obstáculos ao desenvolvimento das árvores, e, por isso, a realização de inventários florestais nem sempre se faz necessária em escala geral, pois conhecer a composição arbórea de um único parque (dependendo do tamanho) pode ser uma tarefa onerosa e demorada. O essencial para as cidades em termos de áreas verdes é conhecer e quantificar as tipologias existentes, bem como mapear sua localização. Outras variáveis com aplicação prática, mas importantes, são: análise da distribuição espacial desses locais, extensão desses espaços, condição de acessibilidade, porcentagem de área permeável, função social que desempenham e manutenção necessária aos componentes artificiais e naturais. Somente após o conhecimento desses fatores é que é possível direcionar esforços para aplicação de um inventário florestal nas áreas verdes, a menos que já se tenha estabelecido um interesse específico que justifique tal ação.

Além do diagnóstico da arborização de ruas, primeiro item (e indispensável) do documento, já detalhado acima, o PDAU deve apresentar os seguintes itens (MP-PR, 2018):

- a. Considerações gerais sobre o planejamento: devem ser informados os critérios para a escolha de espécies, a definição da diversidade de espécies e a estrutura de idades desejada, listar o elenco de espécies recomendadas e não recomendadas, os critérios para definição dos locais de plantio, o espaçamento recomendado e as distâncias mínimas de segurança entre árvores e equipamentos urbanos;
- b. Plano de plantio: neste item, é preciso definir as características desejáveis das mudas, os procedimentos de produção ou aquisição de mudas (viveiro próprio ou licitação por demanda de compra), os procedimentos de plantio e replantio, as recomendações técnicas sobre abertura de cova, o tutoramento e a época do plantio e, por fim, a maneira de informar e conscientizar a população frente a essa nova ação;
- c. Plano de manutenção: neste item, é preciso detalhar os procedimentos de poda, quais as técnicas e os tipos de poda adequados serão praticados e outras práticas de manutenção necessárias, como adubação, irrigação, tratamentos fitossanitários, limpeza das folhas, corte de grama, entre outros, e é preciso incluir também a destinação adequada dos resíduos;

- d. Plano de remoção e substituição: aqui, os critérios de decisão a serem adotados frente a uma solicitação de corte devem ser estabelecidos, sem deixar de prever ações compensatórias a tal remoção; além disso, os procedimentos para a avaliação de risco realizada pelos técnicos precisam ser definidos e seguidos;
- e. Plano de monitoramento: neste item, é preciso estabelecer qual será a forma de acompanhar o desenvolvimento das árvores existentes e das mudas plantadas, observando e registrando todas as alterações ocorridas, a fim de fazer novo planejamento, bem como procedimentos avaliativos e constantes do próprio plano vigente;
- f. Programa de informação e educação ambiental: estabelecer medidas e ações para transmitir à comunidade a informação de que um profissional habilitado está trabalhando no assunto, apresentando o objetivo a ser alcançado em cada etapa relevante, pois um projeto para ser bem-sucedido precisa do apoio da comunidade;
- g. Plano de gestão de pessoas: aqui, é a oportunidade de indicar e regradar a estrutura necessária, bem como as áreas e a qualificação dos profissionais que serão responsáveis pela execução de todas as etapas do Plano de Arborização Urbana.

O detalhamento das ações necessárias ao cuidado com a Arborização Urbana promove um instrumento eficiente de gestão municipal cuja aplicação resulta invariavelmente na melhoria da qualidade de vida dos habitantes. Isso ocorre devido à aplicação responsável dos recursos públicos disponíveis, pois representa uma economia em longo prazo, uma vez que reduz eventuais indenizações por queda de árvores e galhos, reduz os custos de manutenção de arruamentos e calçamento, reduz os custos com iluminação pública e energia elétrica em prédios públicos, entre inúmeros outros benefícios valoráveis e não valoráveis economicamente (MP-PR, 2018).

7. Recursos e Fontes de Financiamento

Independentemente do que se pretende planejar, um dos fatores limitantes para a aprovação de qualquer projeto é o financeiro. O orçamento da proposta muitas vezes é decisivo para a tomada de decisão e, ao tratar de árvores, é importante lembrar que essa questão não se aplica apenas ao processo de implantação, diz respeito a todas as ações de manutenção e manejo necessárias até o fim do ciclo de vida da árvore.

Um detalhe para o qual os gestores precisam se atentar é que um gasto menor na implantação pode acarretar custos mais elevados de manutenção. A escolha de uma espécie porque a muda é mais barata pode levar à necessidade de poda mais intensa e periódica; ao contrário, uma muda mais cara talvez não exija essa demanda de manutenção.

Essa prática se estende para a aprovação de projetos de áreas verdes. A escolha pelo projeto de uma praça, por exemplo, não deve levar em conta apenas o menor orçamento de implantação, mas sim todo o gasto empregado ao longo dos anos para mantê-la em condições favoráveis. É preciso apresentar junto com o orçamento de implantação uma estimativa de custo anual referente à manutenção de cada proposta, para possibilitar comparar realmente qual projeto sairá mais em conta.

A disponibilidade de recursos precisa ser prevista pelos gestores, mas é importante destacar que a fonte de financiamento não precisa ser provida exclusivamente pelas próprias prefeituras. Embora na grande maioria dos casos isso tenha acontecido, exemplos de recursos da iniciativa privada injetados para a criação ou melhoria de áreas verdes são comuns no Brasil e se intensificaram nos últimos anos.

Qualquer área abandonada na cidade acaba virando um local de uso inadequado, como prática de ações criminosas e uso de substâncias ilícitas. Se o dono de um estabelecimento do entorno da área verde entender isso como um possível prejuízo ao seu negócio, pode ser que queira reverter a situação daquele espaço, aplicando algum recurso para melhorar o local. Isso pode resultar em um bom investimento em longo prazo para o empresário e para o local. Além disso, outros empreendimentos impactantes ambientalmente, quando chegam ao município, têm uma repercussão social ruim e, como forma de buscar reverter essa má impressão, investem quantias significativas em obras de melhoria social, como criação e recuperação de áreas verdes. Ambas as ações têm sido realizadas por algumas empresas no Brasil.

A parceria entre prefeituras e empresas privadas tem funcionado em inúmeras cidades. Tornou-se comum o incentivo das prefeituras

pela adoção das áreas verdes, ação pela qual a prefeitura transfere ao adotante a responsabilidade de manter as áreas limpas e em perfeitas condições de uso para a comunidade, durante um período. Essa ação evita gastos do orçamento da prefeitura. Em troca, permite-se a colocação de placas de divulgação da parceria, valorizando a marca da empresa, que se beneficia do *marketing* de responsabilidade ambiental.

Outra fonte de financiamento que pode ser aplicada para a Arborização Urbana advém da compensação ambiental. Em todo empreendimento com potencial de degradação que precise passar pelo processo de licenciamento ambiental, pode ser exigida a adoção de medidas compensatórias, como forma de repor (compensar) o dano existente. Essa compensação é cada vez mais comum, e aplicá-la na melhoria do ambiente urbano é uma excelente estratégia. Sem esquecer, ainda, as ações voluntárias desempenhadas por diversas pessoas, com diferentes focos de engajamento nas causas ambientais. Tais ações também contribuem no orçamento municipal.

Por fim, para essa questão, é preciso destacar o mais recente avanço da legislação federal: a Lei 13.731, de 2018, que prevê que parte da arrecadação com multas por crime, infração penal ou infração administrativa decorrentes de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente seja destinada à Arborização Urbana e à recuperação de áreas degradadas. Um décimo do valor das multas arrecadadas pelos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) é destinado à arborização e à recuperação de áreas, aplicando os recursos no município onde ocorreu a infração ou o crime ambiental. Outro destaque da lei é que a cobrança de taxas para autorização de poda e de corte de árvores também pode ter essa mesma finalidade.

8. Considerações Finais

A Arborização Urbana é um assunto que vem se popularizando nos últimos tempos, principalmente devido à demanda por qualidade de vida e sustentabilidade no ambiente urbano. Tais motivos acarretam uma demanda acentuada pela inserção de mais árvores, intensificando significativamente as ações de plantio, muitas vezes realizado às pressas para preencher qualquer espaço “vazio”. Por outro lado, é crescente também a ocorrência de acidentes provocados por quedas de árvores e outros transtornos advindos da sua incompatibilidade com a estrutura urbana, o que intensifica a sensação de insegurança para pessoas que veem uma árvore como problema ou uma ameaça.

Há um grande misticismo e ato de nobreza no plantio de uma árvore. É um momento único de interação e interdependência construída com outro ser vivo, mas não se imagina o que pode acontecer depois de quarenta ou cinquenta anos. Dependendo do local onde foi plantada, poderá ser a causa de uma tragédia, como a morte de uma pessoa. É fácil dizer que a culpa é da árvore, que estava muito velha, mas na verdade a culpa é do gestor que não monitorou adequadamente a árvore na sua senescência. Por isso, é fundamental que existam profissionais qualificados responsáveis por gerir e nortear todas as ações essenciais à sobrevivência das árvores no ambiente urbano, de modo a otimizar seus benefícios à população. Tais ações são garantidas por meio do planejamento.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050/2015**. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, v.9, n. 1, p. 71 - 90, 2010.
- ANDRADE NETTO, D. S. de. (coord.) **Manual de restauração florestal de áreas de preservação permanente**, Alto Teles Pires, MT. São Paulo: The Nature Conservancy, 2015. 128 p.
- ARAUJO, M. N.; ARAUJO, A. J. **Arborização Urbana**. CREA-PR - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná, Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. 2016. 44p.
- BEHR, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 32-42, 2008.
- BIONDI, D. Floresta urbana: conceitos e terminologias. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: A autora, 2015a. p. 11-28.
- BIONDI, D. Fragmentos Florestais e Áreas Protegidas Urbanas. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: A autora, 2015b. p. 29-48.
- BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. Distribuição espacial e toponímia das praças de Curitiba – PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 3, p. 31-43, 2012.
- BOBROWSKI, R. A Floresta Urbana e a Arborização de Ruas. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: A autora, 2015. p. 83-110.
- BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, 2001.
- BRASIL. **Lei nº 10.257**, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.
- BRASIL. **Lei nº 13.731**, de 08 de novembro de 2018. Dispõe sobre mecanismos de financiamento para a Arborização Urbana e a recuperação de áreas degradadas. Brasília, 2018.
- BROWN, R. D.; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 138, p. 118-131, 2015.

- CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de Arborização**. Belo Horizonte: Cemig / Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.
- CENTER FOR URBAN FOREST RESEARCH. **The Large Tree Argument**: The case for Large-Stature Tree vs. Small-Stature Tree. Washington: Forest Service, 2004.
- CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 7. ed. São Paulo: Atual, 2011.
- CRAUL, P.J. **Urban soils: Applications and practices**. New York: John Wiley, 1999. 366p.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1986. 619p.
- GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Implantação da Arborização Urbana**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 53p.
- GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2.ed. New York: John Wiley, 1986. 299p.
- GRISE, M. M. A Floresta Urbana e a Paisagem. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: A autora, 2015. p. 49-81.
- HANSEN, R., RALL, E., CHAPMAN, E., ROLF, W., PAULEIT, S. (eds.) **Urban Green Infrastructure Planning**: A Guide for Practitioners. Copenhagen: Green Surge, 2017. 95p.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Mudança do Clima 2014 - Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**: sumário para tomadores de decisão. Tradução de: INICIATIVA VERDE. São Paulo: Iniciativa Verde, 2015. Título Original: **Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability**: Summary for Policymakers, 2014.
- ISA - INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Guia de Estudo para a Certificação do Arborista**. Chamoaign: ISA, 2015. 377p.
- KUMAR, S. R.; ARUMUGAM, T.; ANANDAKUMAR, C. R.; BALAKRISHNAN, S.; RAJAVEL, D. S. Use of Plant Species in Controlling Environmental Pollution- A Review. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, v. 2, n. 2, p. 52- 63, 2013.
- LIMA, W. P. **As florestas e a poluição do ar**. IPEF - Sér. Téc. Piracicaba v.1 n.1 p. 1 – 41 abr. 1980.
- LINDSEY, P., BASSUK, N. Specifying Soil Volumes to Meet the Water Needs of Mature Urban Street Trees and Trees in Containers. *Journal of Arboriculture*, New York, v. 17, p. 141-149, 1991.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Editora UFV, 2014.
- MIRANDA, M. A. L. **Arborização de vias públicas**. Campinas: CATI, 1970. 49 p. (Boletim Técnico SCR n. 64)
- MITCHELL, V. G.; MCMAHON, T.; MEIN, R. G. Components of the Total Water Balance of an Urban Catchment. *Environmental Management*, v. 32, n. 6, p.735-46, 2003.
- MP-PR - MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ. 2. ed. **Manual Para Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana**. Curitiba: MP-PR, 2018, 65p.
- NBL - Engenharia Ambiental Ltda., TNC - The Nature Conservancy. **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. Belém: The Nature Conservancy, 2013. 128 p.
- PEDROSO, A. N. V. **Poluentes Atmosféricos e Plantas Bioindicadoras**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2007.
- PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização urbana**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.
- ROBBA, F.; MACEDO, S. S. **Praças Brasileiras**. Coleção Quapá, 3.ed. São Paulo, 2010.
- SANTAMOUR JR., F.S. **Trees for urban planting**: diversity uniformity, and common sense. Washington: U.S. National Arboretum/Agriculture Research Service, 2002.
- SILVEIRA, L. M. **Introdução à Teoria da Cor**. 2. ed. Curitiba: Ed. UTFPR, 2015. 169 p.
- SOUZA, A. R. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; FERRAZ, R. C.; SCHWAB, N. T. SOUZA, G. R. C.; PINTO, L. M. Identificação das espécies ornamentais nocivas na Arborização Urbana de Santiago/RS. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v.6, n.2, p.44-56, 2011.
- URBAN, J. **Up by Roots**: Healthy Soils and Trees in the Built Environment. Atlanta: ISA Press, 2008. 479 p.
- URBAN, J. **Room to grow**. Treelink 11: p. 1-4. 1999.
- VCE - VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION. **Trees for problem landscape sites**. Blacksburg: Virginia Cooperative Extension, n. 430, 2002.
- VIEZZER, J. A Floresta Urbana e o Papel das Praças. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: A autora, 2015. p. 111-126.
- WEST VIRGINIA DIVISION OF FORESTRY. **Trees For Urban Landscapes**. Disponível em: <https://www.wvforestry.com/pdf/Trees%20for%20Urban%20Landscapes_RS.pdf>. Acesso em: 15 de dez. 2019.

Lecythis pisonis Cambess





Floresta Urbana e Sustentabilidade

Daniela Biondi
Angeline Martini

1. Introdução

O termo *sustentabilidade* pode ser aplicado em qualquer especialidade ou espaço do planeta. Independentemente dessas conotações, o princípio básico da sustentabilidade é que tudo no planeta Terra é “finito”, e, por isso, as intervenções humanas devem ser processadas cuidadosamente para não ferir os aspectos ambientais, econômicos e sociais, constituindo, dessa forma, o tripé que fundamenta a sustentabilidade.

Os locais do planeta que mais sofreram intervenções na história da humanidade foram as cidades. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), mais da metade da população mundial vive hoje em áreas urbanas, com a perspectiva desse percentual subir para dois terços até 2050, e 90% desse crescimento urbano ocorrerá em países de economia emergente e em desenvolvimento. Apesar de haver mais pessoas vivendo em áreas urbanas do que em áreas rurais, as cidades representam apenas 2% da superfície da Terra. Mesmo sendo pequena essa percentagem de áreas urbanas em relação ao planeta, o uso inadequado dos recursos naturais para atender às necessidades básicas (água, energia, transporte e habitação) das pessoas concentradas nessas áreas compromete não somente o provimento local, mas os seus efeitos podem reverberar para grandes extensões ainda não conhecidas e comprovadas. Conforme o Banco Mundial, as cidades consomem cerca de dois terços da energia mundial e são responsáveis por aproximadamente 70% das emissões globais de gases de efeito estufa – GEE (CERATTI, 2019).

Muitos problemas mundiais, como as mudanças climáticas no planeta, podem não ser consequência exclusiva das áreas urbanas, mas estas provavelmente contribuem para a aceleração de vários processos naturais envolvidos.

Em 1972, quando foi realizada a 1ª Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano, conhecida por Conferência de Estocolmo, foi constatado que o modelo tradicional de crescimento econômico levaria ao esgotamento completo dos recursos naturais, pondo em risco a vida do planeta, e, a partir dessa data, a sociedade civil juntamente com as organizações internacionais não pararam mais de se reunir para tentar buscar regras e metas para estabelecer um equilíbrio do ser humano com a natureza.

Em 2015, depois de 43 anos de muitas lutas, representantes dos 193 Estados-membros da ONU se reuniram em Nova York para publicar um documento chamado “Transformando o Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”. Tão importante quanto a Agenda 2030, no contexto do desenvolvimento sustentável, foi a aprovação do Acordo de Paris pelos 195 países parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (UNFCCC, na sigla inglesa), que objetivou reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), manter o aumento da temperatura média global no máximo 2°C acima dos níveis pré-industriais e tentar limitar o aumento da temperatura em 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (MMA, 2020). Essas metas parecem ser muito difíceis de serem atingidas, embora existam exemplos audaciosos e corajosos em cidades desenvolvidas, como Paris, que se comprometeu reduzir a zero suas emissões até 2050, estabelecendo 500 medidas nos diversos setores, entre eles construção civil, transportes, energia e alimentação. Além disso, foi estabelecido somente o uso de energias verdes (biomassa, eólica e solar) e a proibição do uso de



Figura 1 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Fonte: Plataforma Agenda 2030 (2020).

veículos a diesel até 2014 e de todos os veículos movidos a petróleo até 2030 (CERATTI, 2019).

A Agenda 2030 é um plano de ação que estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS (Figura 1) e 169 metas para erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta (PLATAFORMA AGENDA 2030, 2020).

Segundo Brandi (2018), as cidades são parte fundamental na transformação do mundo rumo à sustentabilidade e à implementação da Agenda 2030 e do Acordo de Paris, devido principalmente à escala e à velocidade do atual processo de urbanização. As cidades podem oferecer grande potencial de desenvolvimento sustentável, mas também podem representar diversos desafios na promoção desse processo. Para reforçar essa afirmação, há uma frase marcante que o ex-secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon, repetiu como um mantra, desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, Rio+20, em 2012: “Nossa luta pela sustentabilidade global será vencida ou perdida nas cidades” (ESTRATÉGIA ODS, 2017).

Para as cidades seguirem os princípios de um desenvolvimento sustentável, não precisam adotar metas drásticas difíceis de serem atingidas, mesmo em longo prazo. As medidas devem ser simples e atingíveis para que na geração dos objetivos alcançados os estímulos sejam fortalecidos para galgar novos desafios. Tudo isso deve ser feito de forma inclusiva, holística, estruturada e resiliente. A resiliência nos centros urbanos é alcançada, segundo Ceratti (2019), através do conhecimento e da criatividade, para enfrentar os novos e antigos problemas com menos perdas e maior capacidade de recuperação. Para as áreas urbanas, esse conceito é novo por ser uma especificidade no ramo da ecologia urbana, mas seus fundamentos não fogem dos processos básicos já conhecidos e aplicados em áreas rurais e urbanas, conhecidos como recuperação e restauração de áreas degradadas.

Para o século XXI, o conceito de sustentabilidade foi atrelado aos objetivos das cidades inteligentes, e, conseqüentemente, a definição de sustentabilidade aplicada às cidades assumiu uma visão holística, com ações coordenadas e integradas entre vários atores que interagem em diferentes esferas, como ambiente, saúde, transportes e educação, isso dentro de um ecossistema que utiliza as tecnologias da informação como um meio para tornar as cidades inteligentes e sustentáveis (CON-TARDI; RISTUCCIA; RACCICHINI, 2018).

Uma cidade inteligente possui ferramentas que podem otimizar a aplicação da sustentabilidade nos componentes ambientais ou mais especificamente nas florestas urbanas. Essa combinação pode proporcionar resultados mais rápidos e eficientes.

Na abertura do 1º Fórum Mundial sobre Florestas Urbanas em Mantova, na Itália, o diretor-geral adjunto do Departamento Florestal da FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), Hiroto Mitsugi, fez algumas afirmações que enaltecem a importância das florestas urbanas, tais como: as florestas e espaços verdes podem ajudar a criar cidades mais resilientes e sustentáveis para enfrentar os desafios de uma população urbana crescente; modelos mais sustentáveis de crescimento urbano são necessários urgentemente; as cidades que já existem e as futuras devem projetar espaços verdes e florestas urbanas para responder às diferentes necessidades (ONU NEWS, 2018).

Em vista do panorama apresentado, o objetivo deste capítulo é mostrar o papel desempenhado pelas árvores na história evolutiva das cidades e apresentar as possíveis alternativas no contexto sustentável que podem ser aplicadas nas florestas urbanas.

2. Histórico da Presença das Árvores na Evolução das Cidades

McBride (2017) traçou um histórico sobre a modificação da paisagem e a presença das árvores na evolução das cidades numa escala cronológica constituída basicamente em Pré-História, Idade Média, Renascimento, Século XIX e Século XX. Sendo assim, todas as informações contidas neste tópico são creditadas ao referido autor.

É importante conhecer alguns episódios desse histórico para compreender o que foi feito e o que pode ser melhorado para a introdução e manutenção das árvores nas cidades. Além disso, o conhecimento do histórico da presença das árvores na evolução das cidades serve de base para a implementação das ações de sustentabilidade nas áreas urbanas.

2.1. Pré-História. A evolução das cidades foi marcada pela modificação da paisagem e de sua vegetação, embora nos primórdios da história da humanidade a alteração das paisagens pelas pessoas não tenha sido relevante devido à pouca quantidade de pessoas, além de tecnologia restrita e limitada. Com o desenvolvimento de agricultura, pesca, indústrias líticas e economias baseadas no comércio no Período

Neolítico, tornou-se possível estabelecer e sustentar locais de vida comunitários permanentes. A modificação da paisagem foi mais intensa no Período Paleolítico, quando a vida em comunidade e em grupos de pessoas aumentou. Nesse período, foram aprimoradas as habilidades na fabricação de ferramentas da Era Neolítica, fornecendo às pessoas instrumentos mais eficientes para derrubar árvores e para a obtenção de estruturas para construções. Há evidências através de testes de radiocarbono de que as primeiras casas com essas estruturas datam cerca de 5.000 anos a.C., numa antiga vila agrícola próxima do centro da China. Com certeza, algumas árvores nos locais da vila foram removidas para fornecer espaço e materiais de construção para suas estruturas.

Na exploração europeia do hemisfério ocidental, constatou-se que as grandes áreas urbanas ocorreram no México, América Central e América do Sul, e a maior cidade era a metrópole asteca Tenochtitlán (atual Cidade do México). A vegetação urbana em Tenochtitlán estava contida em sete grandes jardins que ocupavam 6,5% da área da cidade, sendo estabelecida e mantida para o prazer da classe dominante e para o valor medicinal de certas plantas, indicando que o homem comum não tinha espaço para um jardim adjacente às casas.

Por meio de hieróglifos, encontrou-se a descrição mais antiga da vegetação urbana, no hemisfério oriental, no túmulo de Methen, governador do distrito do norte do delta do Nilo, no Egito, no século XXI a.C. Além das inscrições, a história da vegetação no antigo Egito foi pesquisada também através de análises em cascas, frutos e sementes encontrados principalmente próximo às construções. A vegetação servia para demonstrar abundância, poder, divindade, costumes e utilidades. Espécies comumente cultivadas eram: tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), palmeira-amarela (*Hyphaene thebaica* L.), persea (*Minusops laurifolia* (Forssk.) Friis), figueira-sicômoro (*Ficus sycomorus* L.), amendoeira (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb), romã (*Punica granatum* L.), figo-comum (*Ficus carica* L.), palmeira-argum (*Medemia argum* (Mart.) Württemb. ex H.Wendl.), oliveira (*Olea europaea* L.), cordia (*Cordia gharaf* (Forssk.) Ehren. ex Asch.), salgueiro (*Salix subserrata* Willd.), tamarix (*Tamarix aphylla* (L.) Karst.), incenso (*Boswellia carterii* Birdw) e mirra (*Commiphora myrrha* Engl.). A utilidade e as propriedades da vegetação, incluindo as árvores, simbolizavam a riqueza da realeza e o poder que ela tinha principalmente em adquiri-las. Com isso, as árvores foram incorporadas ao *design* dos templos no antigo Egito, não só para definir um espaço sagrado e proporcionar sombra ao local, como também para fornecer alimento para os religiosos.

No antigo Egito, as árvores nas áreas urbanas não estavam presentes nas ruas ou em parques públicos porque os espaços eram muito limitados e tinham diferentes funções para a população. A presença das árvores era restrita aos jardins do palácio e de outros nobres. A população dessas áreas tinha pouco espaço em torno de suas casas, e por isso a vegetação era quase inexistente. Já nos templos, a presença de árvores e de florestas urbanas primitivas era possível ser registrada.

As árvores encontradas nas cidades da Pérsia e da bacia do Mediterrâneo foram utilizadas de forma parecida com as encontradas no antigo Egito, até serem descobertos outros usos peculiares aos costumes da população. É o caso do aparecimento dos jardins do paraíso dos reis persas, que, luxuosos, expressavam grande riqueza, poder e extravagância, estendendo-se além das áreas urbanas. Tais jardins tiveram uma influência significativa na incorporação de árvores nas áreas urbanas do mundo antigo e, devido a sua diversidade, proporcionavam habitat para a fauna, no qual eram utilizados para a caça. O exemplo mais famoso da adaptação de um jardim paradisíaco em uma área urbana no mundo pré-grego e romano foi a construção dos Jardins Suspensos da Babilônia, que Nabucodonosor II (605-562 a.C.) construiu para sua esposa, retratando uma Floresta Decídua Mista das montanhas do atual Curdistão, com o uso das seguintes espécies de árvores: carvalhos (*Quercus persica* Jaub. & Spach, *Quercus infectoria* G. Olivier, *Quercus libani* G. Olivier), freixos (*Fraxinus rotundifolia* Mill., *Fraxinus syriaca* Boiss.), bordo (*Acer cinerascens* Boiss.), peras (*Pyrus syriaca* Boiss., *Pyrus glabra* Boiss.), pistache (*Pistacia atlântica* Desf.), sicômoro-oriental (*Platanus orientalis* L.), zimbro (*Juniperus excelsa* M.Bieb.), dentre outras.

As cidades gregas não tiveram a mesma composição do jardim real do Egito e jardim paradisíaco da Pérsia, devido ao regime político democrático que impedia que os líderes adquirissem grande riqueza ou poder necessário para a construção dos grandes jardins reais, como vistos em outras partes do mundo antigo durante os séculos V e IV a.C. Com isso, a jardinagem foi muito importante para os governantes e pessoas comuns, fazendo com que as cidades gregas fossem cercadas por cinturões verdes formados principalmente por hortas e pomares. Posteriormente, os governantes gregos admiraram os jardins de prazer que eles observaram em suas conquistas da Pérsia e tentaram copiá-los nas propriedades reais. Da mesma forma, aconteceu com os jardins romanos, estendendo suas conquistas de terras estrangeiras pelas vilas rurais, e, depois, com a expansão das cidades, as vilas suburbanas foram

absorvidas pelas áreas urbanas. Grandes áreas com árvores frutíferas eram comuns ao *design* da vila romana, além dos vinhedos e hortas que acompanhavam os pomares para fornecer uma unidade agrícola um tanto sustentável. Tanto na arquitetura grega como romana eram utilizadas passarelas sombreadas pelas ruas comerciais para proteger do sol do verão e da chuva de inverno. As ruas eram estreitas e não havia acomodações para as árvores; somente nas ágoras havia espaços para elas. Segundo Dicio (2020), *ágoras* eram praças públicas onde se realizavam as assembleias políticas na Grécia Antiga, servindo também como templo religioso, decoradas com pórticos, estátuas, colunas e pilares dos mercados. Nas antigas ágoras, eram plantadas árvores provenientes das paisagens naturais e agrícolas, tais como: azinheira (*Quercus ilex* L.), carvalho Kermes (*Quercus coccifera* L.) e azeitona (*Olea europaea* L.). As árvores também eram plantadas no entorno de novos templos, associadas aos deuses gregos: Zeus (carvalho), Apolo (louro) e Afrodite (murta).

A introdução de árvores nas antigas cidades do Egito, Babilônia, Pérsia, Grécia, Roma, China e México preconizaram um padrão de uso de árvores que foi copiado ou reinventado à medida que as cidades evoluíram. As árvores eram plantadas com as seguintes funções:

- a. Fornecer alimentos e medicamentos;
- b. Introduzir espécies exóticas, geralmente trazidas de distâncias consideráveis;
- c. Produzir sombra;
- d. Proporcionar prazer aos cidadãos urbanos;
- e. Marcar locais e templos sagrados;
- f. Criar jardins botânicos e arboretos;
- g. Manter bosques e pomares naturais em cinturões verdes urbanos.

Essas funções que as árvores exerciam em áreas urbanas não são diferentes das encontradas hoje em áreas metropolitanas em todo o mundo, porém muito do conhecimento do uso de árvores em áreas urbanas no mundo antigo foi perdido na Europa durante a Idade Média após a queda de Roma.

2.2. Idade Média na Europa. Na Idade Média, a Europa passou por um período de muitas invasões e revoltas por povos bárbaros (godos, visigodos, vândalos e hunos) a partir de 398 d.C. Muitas cidades eram frequentemente saqueadas e queimadas, obrigando a população urbana a utilizar árvores dos jardins públicos e privados como fonte de combustível. Era comum os invasores derrubarem e queimarem as árvores nos terrenos do palácio e em locais sagrados para demonstrarem poder aos sobrepujados, governantes e seus deuses. Nas cidades romanas, foram destruídos todos os recursos que mantinham os jardins particulares e as árvores nos locais públicos. E os espaços públicos foram utilizados para implementação de hortas para subsistência da população.

Nessa época, a população sofria muito com a fragilidade política, e tudo isso afetava não só o poder econômico das pessoas como também a permanência das árvores nas áreas urbanas. Tal situação provocou uma redução da população urbana, impactando as características das cidades, principalmente nas cidades romanas. A existência dos espaços públicos abertos era o que sustentava as árvores na área urbana. Com a utilização das ruas e dos espaços públicos para servir de barreira defensiva, muitas árvores eram cortadas para servir de combustível e feramentas de guerra.

Com o controle da Igreja Católica Romana em grande parte da Europa, os mosteiros e conventos nas áreas rurais funcionavam como pequenas cidades protegidas por muralhas e preservaram algumas características das vilas e jardins urbanos do Império Romano. Durante a Idade Média, todo esse material vegetal protegido nos mosteiros serviu para reintroduzir a vegetação urbana nas cidades. Os jardins monásticos eram na sua maioria utilitários, mas podiam conter em alguns locais o plantio de espécies ornamentais, como lírios, rosas e outras flores, para adornar santuários e guirlandas em serviços religiosos. E as árvores também poderiam estar presentes proporcionando sombra. A persistência dessas práticas de jardinagem nos mosteiros foi essencial para o estabelecimento e manutenção de árvores em áreas urbanas na Idade Média.

No final do século VIII d.C., com o domínio da Europa Ocidental por Carlos Magno, instaurou-se um breve período de estabilidade e segurança política, contribuindo para o revigoramento das cidades. O tribunal romano emitiu regulamentos para a administração de cidades dentro do Império contendo uma lista com 73 plantas e árvores frutíferas que deveriam ser plantadas para o bem público. Essas informações

foram obtidas dos mosteiros. Algumas dessas plantas recomendadas foram: macieira, pereira, castanheira, pessegueiro, marmeleiro, avelã, amendoeira, amoreira, louro, pinheiro, figueira, noz e cerejeira.

Durante a longa permanência da Idade Média, pode-se dizer que houve a quase extinção das árvores nas áreas urbanas, mas em compensação houve sua reintrodução nos jardins medievais dos nobres e jardins utilitários. O papel das árvores nessa época era o mesmo das cidades do mundo antigo, de forma utilitária, de conforto e espiritual, embora em escala bem reduzida e com muito menos espécies.

2.3. Renascimento. Foi no ambiente urbano e sofisticado dos intelectuais da sociedade medieval que surgiu o Renascimento. A criação do primeiro jardim renascentista foi fruto do renovado interesse em textos clássicos. Em meados do século XV, a tipologia do jardim renascentista italiano e sua vila associada haviam se estabelecido de acordo com as linhas sugeridas nos tratados do período romano. No entanto, duas características do projeto do jardim renascentista devem ser apontadas devido à sua influência na incorporação de árvores nas cidades: o bosque e o passeio arborizado. Os bosques eram geralmente plantados para representar as florestas nativas da área em que o jardim foi construído. Estavam frequentemente fora dos muros, definindo as porções mais formais do jardim renascentista. Bosques também foram usados para enquadrar as características da água no jardim e cercar uma peça de escultura ou fonte, a fim de obter uma sensação de descoberta ou surpresa por parte das pessoas que passavam pelo jardim. Em alguns jardins, os bosques também foram plantados em torno de pequenos gramados e podados em paredes semelhantes a sebes para criar “salas verdes” dentro do jardim maior. Os bosques tinham uma característica importante no jardim renascentista para a criação de microclimas confortáveis. Eles forneciam áreas sombreadas para proteção do sol do Mediterrâneo, bem como um refúgio do vento. Uma variedade de espécies de árvores foi usada nos bosques do jardim renascentista devido às diferenças climáticas que permitiram o uso de árvores mais sensíveis à geada no sul e no norte da Europa. As palmeiras podiam ser empregadas em climas mais quentes, enquanto os castanheiros serviam bem nas regiões mais frias.

As árvores de bosque mais comumente usadas nos jardins do Renascimento italiano nos séculos XV e XVI foram: castanheiro, cipreste, olmo, abeto, azevinho, azinheira, zimbro, louro, bordo, pinheiro e plátano. O jardim renascentista também era usado para exibir árvores exóti-

cas da mesma maneira que haviam sido exibidas nos jardins de prazer da Pérsia e nos jardins dos faraós, imperadores e reis do mundo antigo.

Os primeiros botânicos europeus, como John Tradescants, na Inglaterra, e Carolus Linnaeus, na Suécia, estimularam a exploração de plantas com o objetivo científico, mas muitos caçadores de plantas voltaram com árvores que se tornariam componentes importantes das florestas urbanas no fim do Renascimento.

Passeios arborizados eram comuns nos jardins renascentistas, as árvores ladeavam as várias passagens em fileiras simples ou duplas e também eram frequentemente plantadas nas sebes ao longo dos passeios. Sua presença serviu para reforçar as linhas de visão e criar microclimas mais agradáveis.

Embora as árvores tivessem sido usadas para alinhar a abordagem aos locais sagrados no Egito e, na Grécia, para proporcionar caminhadas sombreadas nas academias gregas, seu uso no jardim renascentista excedia muito os usos anteriores. Como o bosque renascentista serviu de modelo para bosques de árvores plantadas em parques urbanos nos séculos XVIII e XIX, também as avenidas arborizadas nesses jardins renascentistas forneceram um modelo para as avenidas arborizadas e ruas tão familiares nos dias de hoje.

A introdução de avenidas arborizadas na Europa ocorreu no Renascimento, como resultado da necessidade de construir novos muros defensivos que pudessem suportar o fogo de canhões e proteger as populações urbanas que cresciam além dos muros existentes em muitas cidades. Antigas muralhas da cidade que não eram mais de valor defensivo tornaram-se lugares populares para as pessoas passearem. Isso aconteceu em várias cidades, tais como Paris e Moscou, além de diversas cidades da China, Itália, Alemanha, entre outras.

Árvores também foram plantadas ao longo de canais na Holanda a partir do início do século XVII, levando-as para os centros das cidades holandesas e fazendo contraste com o plantio mais periférico de árvores nas antigas muralhas da cidade.

O plantio de árvores nas cidades renascentistas, especialmente em Paris, nas muralhas obsoletas da cidade, para dar sombra e criar elegantes passeios de carruagem, deram origem a uma nova terminologia urbana que referenciava passagens arborizadas. Alguns desses termos, como *allee* e *avenue*, foram adotados nos jardins renascentistas.

A prática de plantar árvores nas antigas muralhas da cidade deu origem, no século XVIII, ao termo *boulevard*, que significa ruas largas ou avenidas arborizadas.

Mudanças na forma das cidades ocorreram durante o Renascimento, e a expansão das cidades era necessária para acomodar populações crescentes. Além disso, a expansão das cidades era necessária para obter controle político e econômico sobre certas partes da Europa e acomodar a colonização do Novo Mundo. As populações urbanas na Europa cresceram rapidamente após meados do século XV.

Ao reconfigurar as cidades existentes e sua expansão, o sistema radial foi frequentemente empregado para a colocação de ruas. Os padrões radiais das ruas também foram empregados em algumas novas cidades italianas, mas não há evidências de planos existentes para novas cidades na Europa de que passeios, avenidas ou espaços públicos abertos seriam plantados com árvores. No entanto, os lotes residenciais teriam espaço suficiente para a implantação de jardins e pomares.

2.4. Século XIX. Foi no século XIX que o papel das árvores no meio urbano foi concretizado, graças ao desenvolvimento da Europa e dos Estados Unidos. Embora a maioria dos precedentes para a incorporação de árvores nas áreas urbanas seja anterior a esse século, foi no século XIX que ocorreu a Reforma de Paris, o estabelecimento de grandes parques públicos na Inglaterra e o desenvolvimento de subúrbios arborizados na Inglaterra e nos Estados Unidos. Os estados estimularam a incorporação de árvores em espaços públicos urbanos e jardins residenciais privados em uma escala anteriormente desconhecida. Esse século foi marcado pela procura de novas espécies para compor a floresta urbana. A transformação de Paris durante o reinado de Napoleão III codificou a avenida arborizada (*boulevard*) como um requisito essencial para o planejamento das cidades posterior aos séculos XIX e XX. A Reforma de Paris foi uma demonstração de poder, mas tinha também na sua essência a vontade de melhorar a cidade e a qualidade de vida da população urbana. A grande solução para essa melhoria foi o aumento da largura das novas vias, provisões para calçadas, pavimentação e drenagem adequadas e incorporação de árvores. As novas avenidas e ruas ampliadas foram plantadas principalmente com plátanos (*Platanus x hispânica* Mill. ex Münchh.), castanheira-da-índia (*Aesculus x carnea* Zeyh.), tília-grande (*Tilia platyphyllos* Scop.) e freixo (*Fraxinus Excelsior* L.). A escolha dessas quatro espécies se deu por causa do porte e da copa, que formava um arco ou túnel, fornecendo sombra para as calçadas e ruas. As avenidas arborizadas de Paris foram copiadas em numerosas cidades do mundo todo. Elas continuaram a servir como

modelo do planejamento urbano na segunda metade do século XX em novas cidades como Brasília (Brasil) e na expansão urbana das cidades em muitas partes do mundo.

Durante o século XIX, foram creditados dois fatores responsáveis pela evolução dos grandes parques urbanos: impedimento do acesso público às praças residenciais e a certeza de que os grandes parques urbanos podiam melhorar tanto a saúde quanto o comportamento das pessoas de classes mais baixas. Em 1833, em Londres, foi instituído o Comitê de Passeios Públicos para analisar a criação de novos parques. Assim, em várias cidades inglesas foram criados grandes parques que serviram de modelo em outras cidades, como Nova York, com a criação do Central Park.

O rompimento com os desenhos formais do jardim renascentista e a criação de mosaicos de árvores, prados e massas de água podem ser vistos nos desenhos dos grandes parques públicos do século XIX. O desejo de imitar o caráter natural da paisagem resultou em maior riqueza de espécies arbóreas nos grandes parques públicos em comparação com pouca diversidade de árvores usadas nos bosques dos jardins renascentistas italianos.

É possível que as árvores das ruas sejam uma invenção americana baseada na escassez de árvores nas cidades e vilas mais antigas da Europa. O plantio de árvores na rua em cidades e vilas americanas após a virada do século XIX pode ter prosseguido com o plantio de árvores de rua no subúrbio europeu, que se desenvolveu no final do século XIX. Os subúrbios americanos e europeus serviram de modelo para a incorporação de árvores nas áreas urbanas e não estão vinculados apenas ao uso de ruas arborizadas, mas ao uso de espaços de jardim de propriedade privada para árvores.

2.5. Século XX. Foi no início do século XX que o Movimento das Belas Cidades incentivou o plantio em vias públicas e o estabelecimento de novos parques em muitas cidades dos Estados Unidos. Esse movimento não forneceu nenhuma inovação específica em termos de uso de árvores nas cidades, mas concentrou uma atenção considerável no valor das árvores na melhoria dos ambientes urbanos. Inicialmente, esse movimento se preocupava com o manejo de florestas e outras áreas selvagens, abrangendo também ambientes urbanos. Os ambientalistas incentivaram a melhoria do ambiente urbano através da restauração de parques, do aumento do plantio de árvores, do uso de espécies arbóreas

nativas e do estabelecimento de programas de árvores patrimoniais. Surgiram vários grupos para desenvolver programas comunitários de plantio de árvores, manutenção e o gerenciamento de vários parques da cidade, como também para desenvolver financiamento para projetos de restauração, como o Central Park Conservancy.

Embora o Movimento das Belas Cidades e do meio ambiente tenham melhorado as áreas urbanas americanas através do plantio, a densidade das árvores e a cobertura das copas declinaram durante a última metade do século XX. Parte desse declínio pode ser atribuída a diversas causas: a) projetos de ampliação de ruas e instalação e gerenciamento de linhas de serviços públicos; b) doença holandesa do olmo no século XX, que reduziu as populações de árvores de rua e a cobertura de copas de árvores em muitas cidades no nordeste e centro-oeste dos Estados Unidos; c) orçamentos urbanos insuficientes para o manejo de populações envelhecidas de árvores de rua, que resultaram em uma falha no replantio de todas as árvores que deviam ser removidas por razões de saúde e para a segurança humana.

Pode ser que o exemplo dos Estados Unidos não seja igual para outras partes do mundo. O plantio de árvores ocorreu em muitas cidades asiáticas, pois os projetos de renovação urbana criaram novos espaços verdes. É difícil identificar novas maneiras pelas quais as árvores foram incorporadas às áreas urbanas no século XX, além do uso das árvores de rua, de árvores em parques e jardins privados.

É possível considerar alguns exemplos de cinturões verdes como inovação nas áreas urbanas no século XX: a) cinturões verdes urbanos holandeses *woonerf* (rua arborizada e compartilhada com pedestres) e as *bioswales* (canais lineares projetados para concentrar e transmitir o escoamento das águas pluviais e remover os detritos e poluição) são inovações urbanas envolvendo árvores; b) áreas de floresta natural reservadas como cinturões verdes durante o crescimento de cidades como Estocolmo; c) cinturões verdes florestados nas margens de cidades como Pequim.

Esses cinturões verdes florestais foram estabelecidos para atender a vários objetivos: estética, redução da poluição do ar, habitat da vida selvagem, recreação, controle de erosão e limitação do crescimento urbano. As árvores foram essenciais para o *design* do *woonerf* porque ajudaram a criar a atmosfera de jardim e serviram como barreira física ao tráfego.

Enfim, é possível observar que, ao longo da evolução das cidades, o uso das árvores no meio urbano foi se tornando cada vez mais com-

plexo devido às grandes alterações que a paisagem sofreu para atender às necessidades humanas. Atualmente, o uso de árvores no meio urbano não é tão simples como na Idade Antiga, quando eram utilizadas por sua beleza, simbolismo e serventia. Agora, são exigidas das árvores muito mais funções para compor o meio. Por outro lado, as condições de sobrevivência das florestas urbanas são muito menores, não estando associadas apenas com as condições ecológicas do meio, mas sim às fortes influências da gestão das cidades. Tudo isso demonstra o quanto a árvore e a floresta são importantes no meio urbano, tornando-se quase impossível atualmente a permanência do ser humano nesse local sem as árvores. Para o futuro, serão exigidos grandes desafios. Nas atividades de planejamento e manutenção, as florestas urbanas precisarão do apoio de pesquisas científicas para a compreensão da complexidade do meio urbano cada vez mais alterado e das reações específicas das árvores a esses ambientes e ao manejo realizado pelos gestores. Esse conhecimento funcionará como ferramenta para as práticas de sustentabilidade nas cidades.

3. Floresta Urbana e Sustentabilidade

Segundo Salbitano et al. (2017), todas as cidades compartilham uma estrutura física semelhante, que inclui a infraestrutura Cinza, a infraestrutura Azul e a infraestrutura Verde (Figura 2). A infraestrutura Verde de uma cidade compreende uma rede estrategicamente planejada de áreas de alta qualidade em terras seminaturais e cultivadas, projetadas e gerenciadas para fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos e proteger a biodiversidade em ambientes urbanos e periurbanos.

As florestas urbanas podem ser definidas como redes ou sistemas que compreendem todas as florestas (povoamentos), grupos de árvores, e árvores individuais localizadas em áreas urbanas e periurbanas. Podem, portanto, ser florestas, árvores nas ruas, árvores nos parques, em jardins públicos e privados. As florestas urbanas são a espinha dorsal da infraestrutura Verde, que conecta as áreas urbanas às rurais e melhora a pegada ecológica das cidades (SALBITANO et al., 2017).

Seguindo esses mesmos preceitos, Biondi (2015) classifica a floresta urbana quanto à gestão (pública ou privada) e quanto às tipologias (floresta urbana particular – bosques e jardins particulares; floresta urbana pública – arborização de ruas e áreas verdes), como demonstrado na Figura 3.



Figura 2 - Estrutura física de cidades. Fonte: Adaptado de Salbitano et al. (2017).

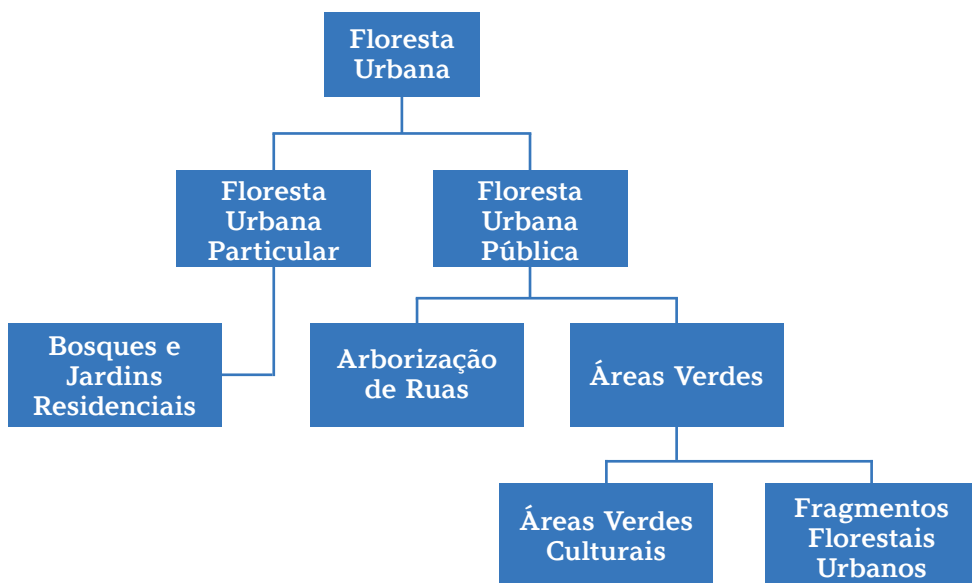


Figura 3 - Classificação da Floresta Urbana. Fonte: Biondi (2015).

Para compreender essa classificação, é necessário definir cada tipologia:

- a. Floresta Urbana Particular: composta de áreas particulares com espécies arbóreas e diversos tipos de vegetação, que incluem desde arboretos a jardins residenciais ou condomínios;
- b. Floresta Urbana Pública: composta de áreas públicas com diferentes tipos de vegetação, inclusive espécies arbóreas, administradas geralmente pelas prefeituras de cidades;
- c. Arborização de Ruas: utiliza-se exclusivamente da vegetação arbórea com plantios lineares em ambientes com alto grau de antropização, principalmente com a presença de calçadas, asfalto, construções e população urbana;
- d. Área Verde: é produto de um processo paisagístico que pode apresentar diferentes graus de antropização ou níveis de influência humana. O processo ou tratamento paisagístico inclui também as ações preservacionistas e/ou conservacionistas. Podem ser divididas em: (1) áreas verdes culturais: são ambientes que apresentam diversos tipos de vegetação, inclusive espécies arbóreas, mas demonstram ter um tratamento paisagístico para atender às necessidades sociais, estéticas e/ou ecológicas. Exemplo: praças, largos, jardins públicos, etc.; (2) fragmentos florestais urbanos: são remanescentes de florestas alteradas devido à expansão das cidades que se encontram tanto no perímetro urbano como em ambientes de interface urbano-rural. Geralmente são áreas com cobertura arbórea juntamente com outros tipos de vegetação ou áreas urbanas protegidas, tais como: parques naturais, municipais, áreas de preservação, Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM), etc. Essa tipologia de área verde atende tanto às necessidades sociais e estéticas como às necessidades de conservação e/ou preservação local (BIONDI, 2015).

Os diversos tipos de floresta urbana, bem como sua gestão, têm importantes implicações para o desenvolvimento sustentável, o que será abordado a seguir.

3.1. Sustentabilidade em floresta urbana particular. A aplicação das práticas sustentáveis em locais particulares nas áreas urbanas não é uma tarefa fácil, porque vai depender das iniciativas dos gestores das cidades e da boa vontade ou consciência ambiental da população urbana. Para essa tipologia de floresta urbana, são sugeridas algumas intervenções que podem fazer parte das grandes ações que contribuem para a sustentabilidade no meio urbano.

3.1.1. O uso da Legislação Municipal. A municipalidade pode criar leis que restrinjam a impermeabilização dos lotes residenciais urbanos para evitar o grande fluxo do escoamento superficial que contribui para as frequentes inundações nas cidades. Com a obrigatoriedade de áreas permeáveis nos lotes residenciais, haverá maior possibilidade de aumentar a cobertura vegetal e consequentemente maior infiltração das águas pluviais nas cidades. Essa ação sustentável estimula o aumento de área verde por habitante e minimiza os desastres ambientais.

Um exemplo dessa medida pode ser visto em Curitiba-PR, onde, para a construção, reforma, ampliação e até demolição de uma residência, há uma legislação específica baseada nas características da zona a que pertence o lote, conforme a Lei nº 15.511, de 10 de outubro de 2019, sobre zoneamento, uso e ocupação do solo (Figura 4) (CURITIBA, 2019).

A iniciativa de aproveitamento dos recursos naturais dos lotes residenciais para o aumento e a conservação das áreas verdes em Curitiba teve impulso em 1986, com a Lei nº 6.819, que autoriza a criação de estímulos à preservação e formação de áreas verdes e dispõe sobre o setor especial de áreas verdes (CURITIBA, 1986).



Figura 4 - Um exemplo da taxa de permeabilização de um lote na ZR-2 (Zona Residencial 2) no município de Curitiba-PR. Fonte: Curitiba (2020).

Por outro lado, o município também pode legislar em favor daqueles residentes que preservam e conservam seus lotes com espécies nativas da região local, proporcionando incentivo e benefícios aos proprietários. Dependendo do tamanho do lote e dos recursos preservados, a legislação pode criar diversas tipologias de áreas verdes e unidades de conservação municipal. Com isso, a sustentabilidade está dirigida à conservação de espécies nativas e endêmicas *in situ*, além de aumentar o percentual de floresta urbana pública.

Um exemplo aplicado utilizando essa ação sustentável e resiliente é a criação de RPPNs (Reservas Particulares do Patrimônio Natural) nos municípios do Brasil. Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000), a RPPN é uma categoria de Unidade de Conservação que visa preservar a diversidade biológica existente em áreas particulares, além de permitir que se desenvolvam atividades educacionais, de pesquisa científica e turismo recreativo dentro de seus limites (BRASIL, 2000). Conforme a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem (2018), em Curitiba a lei de RPPN Municipal foi instituída no ano de 2006 e atualmente existem 21 Unidades de Conservação particulares que estão distribuídas pelo município. A instituição alega que essa estratégia é essencial num município em que 75% das áreas naturais estão localizadas em propriedades particulares. Vale salientar que a criação de uma RPPN é um ato voluntário de proprietários que decidem pela conservação do patrimônio natural de áreas particulares, sem perder o direito de propriedade, favorecendo o aumento da conservação da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos. Para haver maior estímulo à utilização dessa ferramenta, é fundamental que seja divulgado o retorno que os proprietários vão ter. Por exemplo, os proprietários das reservas naturais em Curitiba recebem benefícios financeiros como a isenção do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), a possibilidade de transferência do potencial construtivo da área, o acesso a mecanismos inovadores e pioneiros no Brasil de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Observa-se que as referidas intervenções são pontuais, mas são resilientes e podem contribuir muito no conjunto de ações sustentáveis de uma cidade.

3.1.2. Monitoramento dos jardins particulares. Os gestores de cidades podem criar projetos para monitorar os jardins particulares, utilizando parcerias com empresas privadas e universidades para realizar o levantamento das espécies cultivadas nos lotes particulares. O mo-

monitoramento pode gerar informações sobre a diversidade de espécies, número de espécies nativas e exóticas e a relação com o tamanho do lote. Esse tipo de monitoramento deve ser caracterizado como pesquisa-ação porque, à medida que se desenvolve a pesquisa, o proprietário do lote recebe informações para melhoria de sua performance e sua contribuição para a conservação do ecossistema local. Como forma de incentivo, o projeto de monitoramento pode estabelecer um indicador de performance (tamanho do lote/número de espécies nativas), isentando uma porcentagem do imposto predial. Com isso, ambas as partes, município e proprietários, são beneficiadas.

Para Biondi e Pedrosa-Macedo (2008), a população urbana tem uma grande parcela de responsabilidade pela introdução de espécies exóticas invasoras, por isso a administração pública deve investir em práticas educativas com a população em campanhas elucidativas formais e não formais.

Essa ação sustentável e resiliente promove uma competição saudável entre os proprietários dos lotes urbanos, resultando na melhoria da educação ambiental da população, na estética dos lotes nas ruas e na conservação de espécies nativas.

3.1.3. Incentivo à eliminação de espécies indesejáveis no meio urbano. No planeta Terra, todas as plantas são importantes e possuem funções benéficas para a natureza e para o ser humano. Nenhuma planta é totalmente maléfica, isso depende do local onde se encontra e de suas relações com o meio e com outras plantas. Em ambientes diferentes do seu local de origem, uma planta pode desenvolver mecanismos que considerados de defesa ou de ameaça à espécie, tais como: resistência a ambientes, superpopulação pela facilidade de propagação, alelopatia, entre outros. Esse comportamento tem sido interpretado como plantas que geram distúrbios aos ambientes urbanos e rurais, conhecidas por plantas invasoras.

No meio urbano, há uma grande preocupação com as plantas exóticas invasoras, devido às limitações do ambiente para o desenvolvimento das plantas locais. Seu cultivo em locais residenciais pode ameaçar outras tipologias de áreas verdes. A legislação pode também dar suporte para a sua proibição em áreas urbanas e rurais com o fornecimento de uma lista com as espécies, como é o caso do estado do Paraná, que emitiu a portaria do IAP nº 095/2007, na qual estão listadas as plantas invasoras no estado (PARANÁ, 2007), e no município de Curitiba,

com o Decreto nº 473/2008 (CURITIBA, 2008). Outra preocupação com espécies indesejáveis é o caso das ervas-de-passarinho, cuja maioria prejudica as árvores que compõem a arborização de ruas. O controle dessas plantas no meio urbano só pode ser feito mecanicamente sem o uso de produtos químicos. E mesmo que se tenha um relativo controle dessas plantas na floresta urbana pública (arborização de ruas e áreas verdes), os proprietários dos lotes residenciais precisam cooperar com a manutenção desse controle para a conservação das espécies arbóreas.

A ação sustentável seria uma campanha educativa para os munícipes ajudarem a cidade, evitando a invasão dessas espécies em seus lotes residenciais. Isso teria um efeito benéfico para a conservação das áreas verdes e a arborização de ruas, além da diminuição dos custos com a manutenção dessas árvores.

3.1.4. Implementação de Programas de Educação Ambiental. Quando a população é esclarecida através de uma educação dirigida aos problemas ambientais, ela passa a enxergar mais claramente o que ocorre no seu entorno, exercendo sua cidadania em defesa dos recursos naturais. Além disso, o conhecimento adquirido pela Educação Ambiental prepara o cidadão para exigir melhores serviços municipais, fazendo com que ele se torne um zelador do bem público.

Em uma pesquisa que analisou a percepção da população em relação ao vandalismo nas mudas plantadas nas vias públicas de Curitiba-PR, entre os anos de 2008 e 2010, constatou-se que a maioria (77,78%) tem conhecimento sobre os benefícios da Arborização Urbana e 45,58% colaboram com a manutenção das mudas nas ruas. Foi apontado que a principal causa do vandalismo é a falta de consciência ambiental e a falta de Educação Ambiental. Esses resultados evidenciaram a necessidade de desenvolver uma maior sensibilização da população, buscando o comprometimento dela para evidenciar e divulgar a importância da arborização no meio urbano (ZEM; BIONDI, 2014).

Para a sustentabilidade, a implementação de programas de Educação Ambiental de maneira formal e não formal fortalece o sentimento de pertencimento da população em relação à sua cidade. Com isso, mais pessoas vão conhecer a importância e a função das árvores ou das florestas urbanas e consequentemente não serão mais coniventes com os frequentes atos de vandalismo que ocorrem nas cidades.

3.2. Sustentabilidade em Áreas Verdes. A área verde é uma tipologia da floresta urbana que pode proporcionar uma série de alternativas

para otimizar a sustentabilidade nas cidades, principalmente por oferecer melhores condições ao desenvolvimento da vegetação e hábitat para fauna. Muitas vezes, as ações sustentáveis para as áreas urbanas são muito genéricas e abrangentes, necessitando de especificidade e aplicação direta.

3.2.1. Planejamento de Áreas Verdes. Quando o gestor de uma cidade planeja a quantidade e a qualidade de suas áreas verdes, deve utilizar ferramentas ou critérios baseados no que se pretende alcançar no presente e no futuro de sua gestão. A inclusão de medidas sustentáveis não fere nenhum critério adotado anteriormente, elas só reforçam as existentes, podendo ainda estabelecer prazos e indicadores de desempenho.

As ações sustentáveis para a criação de novas áreas verdes numa cidade podem ser relacionadas com as seguintes situações/problemas locais: a) zonas com maior adensamento de pessoas com desconforto térmico; b) áreas prioritárias para conservação de espécies da fauna e flora; c) áreas de risco ou vulnerabilidade ambiental (encostas e rios); d) áreas com poluição hídrica, atmosférica, sonora e do solo; e) áreas com construções embargadas ou em litígio com o Poder Público (Quadro 1).

Quadro 1 - Produtos das ações sustentáveis no planejamento de áreas verdes

Ações Sustentáveis no Planejamento de Áreas Verdes	
Situações / Problemas das áreas	Produto / Sustentabilidade
Com maior adensamento de pessoas	• Aumento do índice de área verde por habitante • Melhoria da qualidade de vida da população • Diminuição da criminalidade • Mais conforto térmico • Maior oportunidade de lazer e recreação
Prioritárias para conservação de espécies	• Proteção de plantas e animais endêmicos • Aumento de áreas para o lazer e pesquisas • Reforço na educação ambiental da população
De risco ou vulnerabilidade ambiental	• Prevenção dos desastres naturais • Melhoria na segurança da população • Recuperação da cobertura vegetal das encostas • Reabilitação das margens dos rios
Com poluição hídrica, atmosférica, sonora e do solo	• Melhoria da qualidade de vida da população • Redução de doenças físicas e psíquicas • Melhor condição para fauna e flora • Oportunidade de lazer e recreação
Abandonadas ou em litígio com o Poder Público	• Recuperação de uma área degradada • Aumento da segurança • Oportunidade de lazer e recreação • Melhoria estética local pelo paisagismo

O Serviço Florestal dos Estados Unidos, por meio de pesquisas em algumas cidades do país, constatou que, à medida que se acrescentam espaços verdes às zonas atingidas pela criminalidade, os crimes diminuem consideravelmente. Na Filadélfia, depois da implantação da arborização ao longo das estradas, verificou-se que a posse de drogas nos locais com vegetação diminuiu de 18% a 27%. E, em Ohio, a pesquisa detectou que a redução da criminalidade era diferente de acordo com o tipo de espaço verde desenvolvido (ALVES, 2016).

Araújo et al. (1999) utilizaram como ferramenta para o planejamento urbano, incluindo a sistematização das áreas verdes em Natal-RN, as características meteorológicas da cidade e outros aspectos físicos como: uso do solo, altura das edificações, pavimentação, áreas verdes existentes e topografia.

Reis et al. (2019), pesquisando a distribuição potencial da *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. no município de Curitiba, espécie arbórea com risco de extinção pela dificuldade de se adequar ao ambiente urbano, constataram que sua maior distribuição está situada em áreas verdes protegidas. Esse estudo tem como recomendação a criação de novas áreas protegidas no município para a conservação dessa espécie.



Figura 5 - Vista do Parque *High Line* - Nova York. Fonte: Biondi (2019).

Um dos exemplos mais atuais do uso de áreas abandonadas para criação de áreas verdes urbanas é o *High Line*, parque linear de aproximadamente 2,5 km construído em 2009 sobre uma via férrea elevada de Nova York (Figura 5). A área verde foi construída para reciclar uma linha de trem antiga e abandonada que corta três bairros ocupados por indústrias e empresas de transportes. O parque é formado por diversos jardins equipados com bancos para leitura, descanso ou contemplação do Rio Hudson e do ritmo de vida urbana dos nova-iorquinos (NOVA YORK, 2020).

3.2.2. Sustentabilidade cultural. A criação de áreas verdes deve também sugerir um estímulo aos aspectos culturais da população. Ela não só deve aguçar a relação do ser humano com os fatores ecológicos, mas também deve buscar a relação daquele local com a memória afetiva do cidadão, provocando uma união de coexistência. Essa relação é conhecida por *Topofilia*, segundo Tuan (2012).

Dentre as tipologias de áreas verdes mais próximas ou acessíveis à população, destacam-se as áreas verdes culturais, que, segundo Biondi (2015), são ambientes com tratamento paisagístico que podem conter ou não diversos tipos de vegetação, inclusive espécies arbóreas para atender necessidades sociais, estéticas e/ou ecológicas. Um exemplo conhecido universalmente dessa tipologia é a praça, área verde presente em cidades de qualquer porte, desde os primórdios da humanidade.

As ações sustentáveis dirigidas à criação de mais praças nas cidades aproximam as pessoas para um ambiente ao ar livre (*outdoor*), estimulando-as para as atividades de lazer (ação contemplativa) e recreação (ação desportiva), geralmente próximas às suas casas, alimentando um bom convívio com os vizinhos, podendo até, a depender da proximidade, ser considerada uma extensão de suas casas. Essa alternativa de sustentabilidade (aumento do número de praças) traz benefícios diretos para a população, aumenta o índice de área verde por habitante e, devido à proximidade, evita que as pessoas se desloquem de suas casas para os grandes parques utilizando transporte, reduzindo a poluição atmosférica e sonora. Para reforçar a relação “pessoas-áreas verdes”, é importante também atribuir nomes sugestivos e comoventes às praças para que o seu uso seja ainda mais atrativo para a população.

Biondi e Lima Neto (2012), pesquisando as praças de Curitiba, constataram que existe pouca informação sobre a participação quantitativa e espacial das praças na malha urbana. Isso provavelmente auxiliaria

no planejamento de novas áreas verdes com ênfase em praças. Para conseguir tais informações, foram obtidos dados sobre as regionais administrativas, bairros, áreas das praças, nomes das praças, e foram calculados os seguintes índices: IAPH (índice de áreas de praças nas regionais por habitante), IAPR (índice de área de praça por regional), NPR (número de praças por regional), IAPH (índice de área de praça por habitante) e IAPB (índice de área de praça por bairro). Os resultados obtidos evidenciaram tanto a falta de uso e abandono de praças como a carência de praças em determinados locais e/ou solicitação de áreas verdes pelos munícipes. Quanto aos nomes, a grande maioria das praças apresentou topônimos denominados de antropotoponímicos referentes aos nomes de pessoas.

3.2.3. Utilização da tecnologia nas áreas verdes. O maior problema que restringe o uso das áreas verdes, principalmente nas cidades brasileiras, é a falta de segurança nesses locais. Atualmente, o celular é uma tecnologia que, independentemente da classe social, proporciona mais segurança por possibilitar que a pessoa esteja constantemente em contato com órgãos públicos, familiares e amigos. Se a área verde oferece essas conexões através de *Wi-Fi* grátis (gerenciador de redes que ajuda a se conectar gratuitamente a milhares de pontos da rede), provavelmente as pessoas vão se sentir um pouco mais seguras para aproveitar melhor o local, além de poder trocar informações com outras pessoas.

Os frequentadores do Parque Ibirapuera, região central de São Paulo, podem acessar a internet de graça via *Wi-Fi* através de dez pontos de acesso espalhados pelo parque. A iniciativa faz parte do programa *WiFi Livre SP*, da prefeitura da capital (ÁREAS VERDES DAS CIDADES, 2019).

Segundo o levantamento do aplicativo *Instabridge*, considerado a maior comunidade de compartilhamento de *Wi-Fi* público no mundo, com base em 1 milhão de pontos de internet móvel públicos no Brasil compartilhados por seus usuários, Curitiba e região estão entre as cinco melhores regiões metropolitanas brasileiras em conexão de *Wi-Fi* pública (Figura 6). Os pontos de conexão por *Wi-Fi* estão em todas as partes: praças, parques, escolas, prédios, *shoppings* e até mesmo em algumas linhas de ônibus. No *ranking*, a melhor avaliação é de Recife, que tem 41,31% do total de redes disponíveis na região (20 mil) com maior probabilidade de conexão pelo usuário; em seguida, estão Campinas (38,40%), Fortaleza (38,22%), Curitiba (38,08%) e Salvador (36,54%) (BEM PARANÁ, 2018).

Outra tecnologia que as áreas verdes e outros locais da cidade podem disponibilizar para a população é a tecnologia *QR Code* (tecnologia de compartilhamento de informações utilizada de forma global). Nas áreas verdes, essa tecnologia pode complementar e enriquecer as

Figura 6 - Ponto de conexão por Wi-Fi grátis no Parque Barigui - Curitiba. Fonte: (BEM PARANÁ, 2018).





Figura 7 - Tecnologia QR Code aplicada em áreas verdes. Fonte: G1 Santarém-PA (2018) / Instituto Florestal (2007).

informações sobre qualquer componente do local, auxiliando não só as pessoas residentes como também os turistas (Figura 7). Uma cidade que utiliza várias tecnologias em favor do ambiente e da população é considerada uma cidade inteligente.

A tecnologia para a sustentabilidade nas áreas verdes só traz benefícios ao ecossistema e à população urbana porque facilita o meio de comunicação e contribui para a construção de uma cidade inteligente.

3.2.4. Divulgação de boas práticas ambientais. As áreas verdes podem ser uma vitrine para a difusão das boas práticas ambientais de uma cidade, demonstrando a preocupação do município com o meio urbano e a redução dos gastos públicos. Planejar uma área verde sustentável é gerir todo o local com recursos renováveis próprios, tais como: a) geração de energia, por meio da utilização de painéis solares, usinas hidroelétricas ou eólicas; b) armazenamento e captação de água da chuva, através de telhados verdes; c) manutenção de grandes áreas de gramado utilizando animais de pastoreio, como ovelhas; c) planejamento, execução e manutenção com o engajamento de voluntários.

Um exemplo que reúne o que há de mais moderno em sustentabilidade ambiental é a estrutura do Jardim Botânico *Gardens by the Bay*, na capital de Singapura. Embora a cidade-estado seja um dos lugares mais bem planejados, seguros e limpos do planeta, o jardim botânico foi construído para aumentar a qualidade de vida da população e reduzir as ilhas de calor da cidade. Foi inaugurado em 2012, está localizado



Figura 8 - Jardim Botânico Gardens by the Bay - Singapura. Fonte: Super Interessante (2014).

no Complexo Marina *Bay Sands*, com 101 hectares, possui três jardins à beira-mar e um complexo de estufas mantidas por recursos naturais renováveis do próprio local. A maior atração do Jardim Botânico são os jardins verticais distribuídos em 20 estruturas com forma de árvores artificiais (*Supertree Grove*) de 50 metros de altura, onde se encontram montados painéis com mais de 163 mil mudas de 200 espécies (Figura 8). Essas estruturas captam água da chuva para reaproveitá-la no sistema de água que abastece as estufas, que são equipadas com painéis fotovoltaicos para fornecer energia para a iluminação (SUPER INTERESSANTE, 2014).

Outro exemplo de ações sustentáveis no Brasil pode ser visto no Parque Barigui em Curitiba, onde se obtém a geração de energia limpa e renovável por meio de uma miniusina hidroelétrica (Figura 9). Segundo a prefeitura da cidade, esse investimento visa economizar dinheiro e iluminar as pistas do parque com a eletricidade grátis do Rio Barigui, que verte em direção ao Rio Iguaçu, afirmando, ainda, que a turbina da miniusina é um símbolo para gerar consciência no Brasil (BEM PARANÁ, 2019).

Nesse mesmo parque, a iluminação é sustentada por energia solar em postes com *design* especial, que acumulam energia durante o dia para fornecer luz no período da noite (Figura 10). A Secretaria Municipal de Obras Públicas instalou no parque seis postes com sistema fotovoltaico, que capta a energia do sol durante o dia e a converte em energia elétrica para ser usada à noite (LANDI, 2010).



Figura 9 - A construção de uma miniusina hidroelétrica no Parque Barigui - Curitiba. Fonte: Biondi (2019).

Figura 10 - Iluminação por energia solar - sistema fotovoltaico. Fonte: Landi (2010).

Figura 11 - Manutenção de grama nos parques municipais de Curitiba com ovelhas. Fonte: Biondi (2001).

Ainda na mesma cidade, foi adotada uma medida sustentável nos parques municipais para a manutenção dos extensos gramados sem gerar o barulho das máquinas de cortar grama e sem produzir resíduos: a utilização de rebanho de ovelhas (Figura 11). Essa medida foi uma solução encontrada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente para conservar os espaços públicos e que acabou virando uma atração turística. Essa medida foi adotada desde o final da década de 1980 e é aplicada atualmente em três parques. Em cada parque, há pastores que acompanham as ovelhas diariamente, que são soltas duas vezes por dia (manhã e tarde) e depois ficam recolhidas em abrigos onde recebem suplementação alimentar e vacinas (ÚLTIMO SEGUNDO, 2009).

3.3. Sustentabilidade em arborização de ruas. A arborização de ruas é a tipologia de floresta urbana pública mais restritiva devido às condições ambientais onde se concentram as áreas mais impermeáveis (calçadas, asfalto e construções) e a população urbana. Ao contrário das áreas verdes, as árvores são plantadas linearmente e isoladas, em clima adverso, umidade restrita, geralmente a pleno sol, em contato com a poluição atmosférica e sujeitas a atos de vandalismo. Devido a essas condições, todas as ações de sustentabilidade sugeridas não são obtidas em curto prazo, e muitas delas são medidas que devem ser aplicadas a partir do planejamento da arborização. A sustentabilidade aplicada nessa tipologia é expressa pela diversidade, tentando se aproximar da natureza das florestas.

3.3.1. Cronograma de plantio da arborização de ruas. Quando se adota o termo *floresta urbana*, todas as tipologias devem seguir o mesmo princípio de uma floresta natural onde são encontradas plantas com diferentes idades. É o mesmo princípio de uma empresa florestal com florestas plantadas para obter um rendimento sustentável. Nesse caso, o ciclo está atrelado à idade de corte para os diversos objetivos da produção florestal. Com a floresta urbana, mais especificamente na arborização de ruas, a idade das árvores precisa seguir uma distribuição normal (teoria Gaussiana), ou seja, deve apresentar uma distribuição descrita pela média e desvio padrão de todas as idades. Por exemplo, uma cidade que implanta a arborização de ruas de uma só vez corre o risco de no futuro ter só árvores senescentes, com menor desempenho, mais risco de queda e maior necessidade de manutenção. Para obter uma sustentabilidade na arborização de ruas, é preciso estabelecer um cronograma de plantio com diversas etapas, podendo também estar associado com os padrões de crescimento de cada espécie selecionada.

3.3.2. Crescimento e porte das espécies na arborização de ruas.

Para o padrão de crescimento e o porte das espécies na arborização de ruas, deve ser seguido o mesmo princípio: a diversidade. Numa cidade, podem existir ruas com árvores de crescimento rápido, moderado e lento, assim como acontece em uma floresta. O uso de cada padrão vai depender do objetivo da arborização e do grau de conscientização da população. Embora as espécies de crescimento moderado agreguem as melhores características das árvores, numa cidade não deve ser utilizado apenas esse padrão porque nas florestas não existe só um padrão de árvores. As espécies de crescimento rápido devem ser usadas em ruas que tenham urgência na necessidade de obter os seguintes benefícios: o aumento de cobertura arbórea e a amenização do microclima (diminuição da temperatura, aumento da umidade do ar e redução do vento). Apesar das características das espécies de rápido crescimento serem de baixa longevidade e de estrutura de madeira mais frágil, vale a pena sua utilização pela rapidez na obtenção dos resultados. Por outro lado, as espécies de crescimento lento possuem alta longevidade e boa estrutura da madeira e, nesse caso, podem ser plantadas em ruas em que a população seja conscientizada da importância ecológica e cultural delas e estejam dispostas a acompanhar seu lento desenvolvimento e defendê-las do vandalismo.

Quanto ao porte das árvores nas ruas, a adoção da mistura dos três padrões (pequeno, médio e grande) está relacionada com a disponibilidade de espaço nas calçadas, recuo das casas e a presença da rede de distribuição de energia elétrica. Embora não haja muitas alternativas, o uso da criatividade para a distribuição das espécies pode surtir bons resultados, desde que não sejam plantadas árvores no mesmo alinhamento do poste e da rede de energia elétrica ou no meio do passeio (espaço destinado aos pedestres).

3.3.3. Flores e frutos das espécies na arborização de ruas. Para atender os princípios da sustentabilidade, as árvores que compõem a arborização de ruas precisam, dentro do contexto ecológico, demonstrar que são a base para a existência de outros organismos, criando um microecossistema em cada árvore. Caso contrário, a arborização de ruas terá uma aparência desértica formada por árvores estéreis.

O valor das flores e frutos das espécies na arborização de ruas para a sustentabilidade é muito maior do que somente pelo uso ornamental ou estético das cores das flores e o tamanho e as características dos frutos. Apesar de as árvores da arborização de ruas estarem localizadas

em ambiente desfavorável, muitas das espécies precisam de organismos polinizadores e dispersores para o desenvolvimento de seus processos fisiológicos e a sua permanência no meio urbano.

Na natureza, as flores podem ser polinizadas pelo vento (anemofilia), por besouros (cantarofilia), por borboletas (psicofilia), por mariposas (falenofilia), por aves (ornitofilia), através da água (hidrofilia), pelo ser humano (artificial) e pelos morcegos (quiropterofilia), entre outros. A especificidade dos polinizadores vai depender das características das flores, tais como forma, tamanho, cor, cheiro e quantidade de pólen.

Quanto aos dispersores (disseminação dos frutos e sementes), podem ser através de animais (zoocoria), vento (anemocoria), por autodispersão (autocoria) e pela ação gravitacional (barocoria). Assim como as flores, a dispersão vai depender das características dos frutos e sementes.

Assim, é muito importante que, na seleção de espécies para a arborização de ruas, sejam levados em consideração os tipos de polinizadores e dispersores, a fim de facilitar o desenvolvimento das espécies no meio urbano.

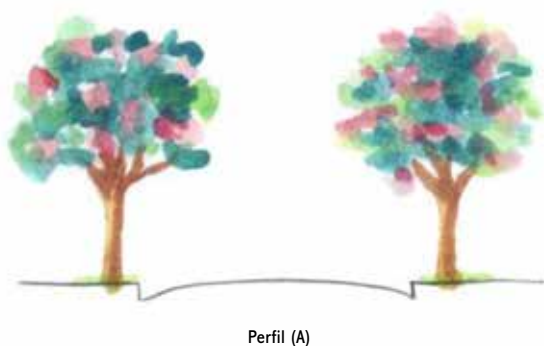
3.3.4. Diversidade de espécies na arborização de ruas. Há algumas décadas, era um absurdo falar em diversidade de espécies na arborização de ruas, porque era preconizada, independentemente do tamanho da cidade, a utilização de apenas dez espécies, medida adotada em Paris e Londres naquela época. A limitação do número de espécies foi atrelada à facilidade de produzir mudas e de manutenção das árvores com poucas variedades de espécies. Atualmente, com o crescimento das cidades, limitar o número de espécies torna-se arriscado porque gera uma homogeneização de espécies, aspecto favorável a grandes perdas de árvores pelo ataque de pragas e doenças. Fato dessa natureza foi relatado por McBride (2017), ocorrido pela primeira vez no século XX, com a doença holandesa do olmo (*Dutch Elm Disease*), provocada pelo fungo *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Melin & Nannf., que reduziu as populações de árvores de rua com *Ulmus* sp. L. em muitas cidades dos Estados Unidos.

A diversidade na arborização de ruas pode ser obtida levando em consideração todos os aspectos sustentáveis abordados anteriormente com a aplicação dos princípios de composição paisagística (dominância, contraste, equilíbrio, escala, proporção, repetição, sequência e ritmo). Para assumir a diversidade, é preciso quebrar alguns preceitos guardados na memória das pessoas de que uma rua só é bonita quando tem as mesmas espécies vistas no perfil da rua (Figura 12-A).

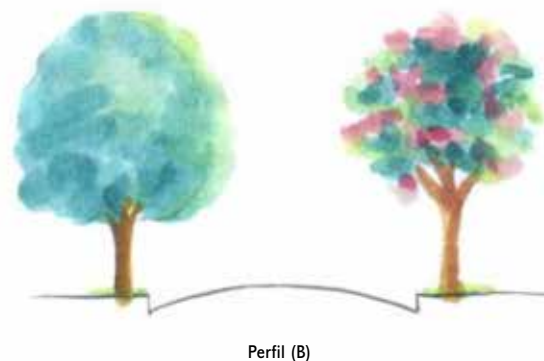
Isso não quer dizer que o perfil de rua B da Figura 12 não seja bonito. É uma questão cultural. Geralmente, as pessoas sempre optam por figuras ou cenários simétricos. É preciso rever ou trabalhar esses conceitos pensando na forma da natureza, porque ela está longe de ser simétrica. É óbvio que, em uma rua só com uma espécie, na época da floração das árvores o impacto visual é muito maior.

Por outro lado, se for utilizada uma mistura de espécies, utilizando os princípios de composição paisagística e épocas de floração alternadas, o efeito pode ser menos impactante visualmente, mas pode ser mais prolongado (Figura 12-B). Com pesquisa e cuidado, é possível planejar que a floração das árvores ocorra durante todo o ano ou quatro vezes por ano, correspondendo às estações do ano.

Não só o critério da floração pode ser usado no planejamento. Pode ser também utilizada uma mistura de outros critérios como: portes, espécies decíduas e perenes, formas de copas, texturas e cores das copas e épocas de floração.



Perfil (A)



Perfil (B)

Figura 12 - Perfis de ruas com o arranjo de uma espécie (A) e com arranjo de espécies diferentes (B).
Fonte: Biondi (2011).

Grey e Deneke (1986) ilustram um cenário de uma rua arborizada mostrando a diversidade e utilizando três espécies com diferentes portes (pequeno, médio e grande) e mesma forma de copa (globosa). Para harmonizar as três espécies de diferentes portes, foi aplicada a “sequência” como princípio de composição paisagística, que também serviu para sinalizar as esquinas das ruas (Figura 13).

Dessa forma, observa-se claramente uma tentativa de diversificar o arranjo das árvores na arborização de ruas, apesar de o ambiente na maioria das cidades não oferecer condições para o desenvolvimento da criatividade e a aplicação dos princípios de composição, responsáveis pela harmonia do ambiente. No futuro, com a eliminação de regras rígidas do conceito de beleza e com o conhecimento da inserção das árvores na evolução das cidades, é possível que haja maior facilidade para atingir a sustentabilidade no meio urbano.

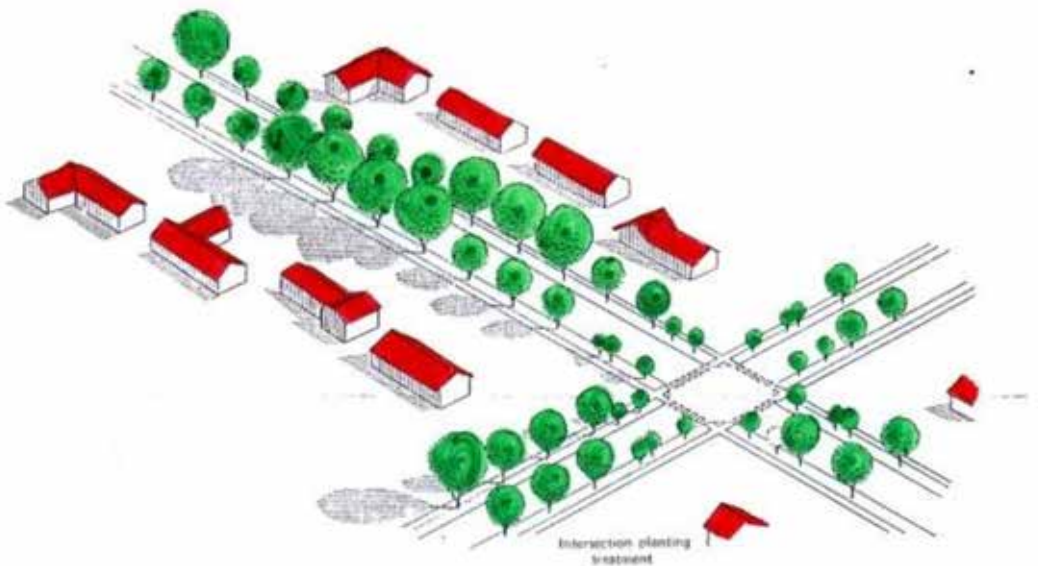


Figura 13 - Diversidade de uma rua arborizada com três espécies de diferentes portes. Fonte: Grey e Deneke (1986).

4. Considerações Finais

Como mencionado no início deste capítulo, a sustentabilidade se baseia no fato de que tudo no planeta Terra é finito, e, portanto, todas as intervenções humanas devem ser realizadas levando-se em conta esse princípio. Ao longo dessas páginas, procurou-se apresentar as alternativas que podem ser adotadas para a sustentabilidade da floresta urbana nas cidades.

Desde os primórdios da humanidade, o ser humano sempre buscou contato com a vegetação para suprir suas necessidades básicas, como abrigo e alimentação, e também para atender seus anseios mais profundos, como conectar-se com as divindades, demonstrar abundância e poder, entre outros. Observou-se, no histórico das árvores, que, quanto menos alteração o meio apresentava, mais os usos das árvores eram intimamente ligados às pessoas, alimentando o espírito através do simbolismo das crenças e o corpo com a utilização de plantas na alimentação. Era tudo simples porque o ambiente não apresentava consertos, não precisava ser reparado, demonstrando estar em equilíbrio.

À medida que os ambientes foram sendo modificados, devido principalmente ao crescente número de pessoas, esse equilíbrio foi alterado, transformando o papel das árvores em solucionadoras de problemas ambientais. A relação das pessoas com as árvores foi cada vez mais materialista e imediatista, estando geralmente associada à solução de problemas como mudanças climáticas, degradação dos rios, acúmulo de lixo ou lixões, inundações, poluição atmosférica, hídrica e sonora, entre outros, criados pelo afastamento da natureza e das árvores.

Atualmente, para o meio urbano se aproximar da sustentabilidade através de um equilíbrio ambiental, é preciso investir em quantidade e qualidade da vegetação. Toda vegetação presente nesses ambientes, conhecida como floresta urbana, precisa primeiro sobreviver ou tolerar as condições adversas para desempenhar os benefícios esperados.

Devido ao avanço da ciência, inúmeras soluções vão surgir para resolver os problemas ou consequências do mau uso do ambiente. E já que as áreas urbanas estão cada vez mais consolidadas, é preciso atrelar a modernidade e a tecnologia desenvolvidas na conservação da floresta urbana, aplicando os processos de planejamento, execução e manutenção das árvores.

A sustentabilidade ambiental nada mais é que um retorno ao equilíbrio inicial, perdido pelas atitudes e comportamento das pessoas que se afastaram do ambiente natural.

Referências

ALVES, S. **Espaços verdes podem ser ferramenta no combate ao crime**. SustentArqui. Publicado em 09/05/2016. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/espacos-verdes-combate-aos-crimes/>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

ARAÚJO, V. M. D., VIDAL, R. D. M., ARAÚJO, E. H. S., COSTA, A. D. L. Estudos do Clima Urbano de Natal – RN como ferramentas para o planejamento urbano e edificações. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: UFCE, 1999.

ÁREAS VERDES DAS CIDADES. **O Parque Ibirapuera tem internet wifi grátis**. Publicado em: 20/05/2019. Disponível em: <<https://www.areas-verdesdascidades.com.br/2019/05/parque-ibirapuera-tem-internet-wi-fi-gratis.html>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BEM PARANÁ. **Curitiba tem 16 mil pontos de conexão de WiFi públicos**. Publicado em 16/05/2018. Disponível em: <<https://www.bem-parana.com.br/img/marca-bem-parana.svg>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

BEM PARANÁ. **Parque Barigui terá mini usina hidrelétrica para gerar a própria energia**. Publicado em 10/05/2019. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/parque-barigui-tera-mini-usina-hidreletrica-para-gerar-a-propria-energia#.Xi8bXmhKhPY>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

BIONDI, D. **Floresta urbana: conceitos e terminologias**. In: Floresta Urbana. Curitiba: A autora, 2015. p. 11-27.

BIONDI, D.; LIMA NETO, E.M. Distribuição espacial e toponímia das praças de Curitiba-PR. **REVISTA VSB**, Piracicaba, v.7, n.3, p.31-43, 2012.

BIONDI, D.; PEDROSA-MACEDO, J.H. Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 129-144, 2008.

BRANDI, C. O papel das cidades: implementação da agenda 2030 e do acordo de Paris. **Cadernos FGV Projetos** - Cidades sustentáveis, São Paulo, n.32, p. 56-84, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/legislacaoambientalvolumel.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

CERATTI, M. K. **As cidades de todo querem ser resilientes. Mas o que isso significa?** 2019. El País. Publicado em 16/10/2019. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2019/10/14/economia/1571081100_985548.html>. Acesso em: 23 jan. 2020.

CONTARDI, M.; RISTUCCIA, M. S.; RACCICHI-NI, A. Cidades inteligentes e sustentáveis: inovações para transformação urbana no Brasil. **Cadernos FGV Projetos** - Cidades sustentáveis, São Paulo, n.32, p. 186-222, 2018.

CURITIBA (PR). **Lei nº 6819, de 13 de janeiro de 1986**. Autoriza a criação de estímulos à preservação e formação de áreas verdes, dispõe sobre o setor especial de áreas verdes, revoga a lei nº 4857/74, e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/1986/681/6819/lei-ordinaria-n-6819-1986-autoriza-a-criacao-de-estimulos-a-preservacao-e-formacao-de-areas-verdes-dispoe-sobre-o-setor-especial-de-areas-verdes-revoga-a-lei-n-4857-74-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

CURITIBA (PR). **Decreto nº 473, de 29 de março de 2008**. Estabelece a Lista Oficial de Espécies Florestais Exóticas Invasoras para o Município de Curitiba e dá outras providências. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/download/marcos_legais/DECRETO_N_473_2008-PM_Curitiba.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2020.

CURITIBA (PR). **Vai construir ou reformar a casa?** Primeiro consulte a Guia Amarela. Publicado em 31/07/2019. Disponível em: <<https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/vai-construir-ou-reformar-a-casa-primeiro-consulte-a-guia-amarela/51769>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

ESTRATÉGIA ODS. **A evolução dos ODS: o relatório 2018 dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.estrategiaods.org.br/a-evolucao-dos-ods-o-relatorio-2018-dos-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-parte-1/>>. Acesso em 15 jan. 2020.

G1 Santarém - PA. **Árvores do Parque da Cidade ganham placas de identificação com QR Code**. Publicado em 12/03/2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/arvores-do-parque-da-cidade-ganham-placas-de-identificacao-com-qr-code.ghtml>>. Acesso em: 16 jan. 2020.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2.ed. New York: John Wiley, 1986. 299p.

INSTITUTO FLORESTAL. **Arboreto 500 anos é destaque no circuito dos bosques do horto florestal**. Publicado em 24/03/2007. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2017/03/arboreto-500-anos-e-destaque-no-circuito-dos-bosques-do-horto-florestal/>>. Acesso em 16 jan. 2020.

LANDI, V. **Blog Urban Policy and quality of life** - Curitiba, a capital número um do Brasil em Urbanismo. Publicado em 28/07/2010. Disponível em: <<https://engvagnerlandi.com/2010/07/28/curitiba-capital-numero-um-do-brasil-em-urbanismo/>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

McBRIDE, J.R. **The World's Urban Forests History, Composition, Design, Function and Management**. Switzerland: Springer, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Acordo de Paris**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

NOVA YORK. COM. **High Line**. Disponível em: <<https://novayork.com/high-line>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

ONU NEWS. **Florestas urbanas podem ajudar a criar cidades mais sustentáveis**. Publicado em 29/11/2018. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2018/11/1649481>>. Acesso em: 25 jan. 2020

PARANÁ. **Portaria IAP nº 095, de 22 de maio de 2007**. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o Estado do Paraná, estabelece normas de controle, revoga Portaria IAP nº074/2007 e dá outras providências. 2007. Disponível em: < http://celepar7.pr.gov.br/sia/atos-normativos/form_cons_atol.asp?Codigo=1956 >. Acesso em: 24 jan. 2020.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **Cidades do futuro investem na revitalização de espaços urbanos**. Publicado em 11/01/2017. Disponível em: <<http://www.estrategiaods.org.br/cidades-do-futuro-investem-na-revitalizacao-de-espacos-urbanos/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

REIS, A.R.N.; BIONDI, D.; KOVALSYKI, B.; VIEZZER, J.; OLIVEIRA, J.D. Adequação ambiental para *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na floresta urbana de Curitiba, Paraná, Brasil. **Adv. For. Sci., Cuiabá**, v.6, n.3, p.743-748, 2019.

SALBITANO, F.; BORELLI, S.; CONIGLIARO, M.; CHEN, Y. **Directrices para la silvicultura urbana y periurbana**. Estudio FAO: Montes N° 178, Roma, FAO, 2017.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM (SPVS). **Pela primeira vez no Brasil, um dia é oficialmente dedicado a comemorar a criação das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN)**. Publicado em 01/02/2028. Disponível em: <<http://www.spvs.org.br/pela-primeira-vez-no-brasil-um-dia-e-oficialmente-dedicado-a-comemorar-a-criacao-das-reservas-particulares-do-patrimonio-natural-rppn/>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SUPERINTERESSANTE. **Planeta Sustentável - Jardim botânico sustentável aumenta qualidade de vida em Singapura**. Publicado em 17/01/2014. Disponível em: < <https://super.abril.com.br/blog/planeta/jardim-botanico-sustentavel-aumenta-qualidade-de-vida-em-singapura/>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

TUAN, Yi-Fu. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. Trad. Livia de Oliveira. São Paulo: Difel, 2012.

ÚLTIMO SEGUNDO-iG. **Ovelhas aparam grama de parques de Curitiba e se tornam atração turística**. Publicado em 06/08/2009. Disponível em: <<https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/ovelhas-aparam-grama-de-parques-de-curitiba-e-se-tornam-atracao-turistica/n1237625359152.html>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

ZEM, L.M.; BIONDI, D. Análise da percepção da população em relação ao vandalismo na arborização viária de Curitiba – PR. **REVSBAU**, Piracicaba, v.9, n.3, p 86-107, 2014.

Paubrasilia echinata (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis





Seleção de Espécies Arbóreas para as Cidades Brasileiras

Altamir Fernandes de Oliveira

Gabriel de Assis Pereira

Pedro Henrique Riboldi Monteiro

1. Introdução

A seleção de espécies arbóreas para o contexto urbano é um desafio, já que o próprio conceito *selecionar* enseja no âmago de seu significado “segregar”, “separar” e “escolher”. Há variáveis que nos levam a debates extensos, quase que como novas teorias, como é o caso da utilização de espécies nativas e exóticas; a compactação massiva dos solos nas cidades, dada a expansão e as novas necessidades da modernidade; a falta de planejamento e gestão do ambiente urbano pelo Poder Público; a presença das estruturas dos serviços públicos, como eletricidade, internet, TV a cabo e encanamentos pluviais, fluviais e de esgoto; e a dificuldade na formação e valorização dos profissionais que possam lidar com o tema de uma forma profícua/satisfatória. O conceito de *seleção* parte do princípio de que há um conjunto a ser analisado, e, em se tratando da floresta urbana, o indivíduo arbóreo seria o elemento principal. Nesse sentido, a intenção do presente capítulo foi realizar uma análise técnica e generalista do conjunto de possibilidades para a seleção de tais indivíduos em um dado município, evitando adentrar grandes debates. Ao final, são apresentadas sugestões gerais, com base em uma pesquisa básica de trabalhos científicos e manuais técnicos desenvolvidos em cada capital brasileira.

2. Seleção de Espécies: Algumas Impressões de Pesquisadores nos Quatro Cantos do Brasil

Uma primeira abordagem é feita mediante a análise da realização de uma busca no Google Acadêmico de apenas um trabalho científico (o mais recente, o que de alguma forma realizou um levantamento da arborização ou o que trouxe indagações úteis ao tema) cuja prioridade era a realização de um inventário ou até mesmo a seleção de espécies. Ressalta-se aqui a impossibilidade de considerar todos os trabalhos científicos, manuais, cartilhas, etc., de profissionais que têm o devido *know-how* nessa área do conhecimento. A ideia não é, jamais, desconsiderar nenhum deles, trata-se tão somente de uma metodologia que busca reunir informações que estão sendo replicadas em suas generalidades, que é o propósito deste texto. Foram utilizadas as palavras-chave “arborização”, “seleção” e “espécies”, juntamente com o nome da capital pesquisada. As características da seleção sugerida, as recomendações dos autores, bem como as observações importantes destacadas foram compiladas, e o resultado pode ser conferido no Quadro 1.



Quadro 1 - Algumas observações acerca da Arborização Urbana coletadas de trabalhos científicos publicados em revistas especializadas da área em todas as capitais brasileiras

UF	Município	Autor(es)/ano	Característica da seleção sugerida/recomendações/observações importantes
REGIÃO NORTE			
AC	Rio Branco	Paiva et al. (2010)	- Arborização insatisfatória no município; - Maioria das espécies exóticas (78,57%), mesmo em uma região com grande potencial e diversidade; - Recomendaram a elaboração de plano de arborização com referências técnicas na escolha das árvores, manejo, bem como educação ambiental e treinamento de podadores para o serviço público e concessionárias.
AP	Macapá	Gomes et al. (2016)	- Grande quantidade de indivíduos de origem exótica, mesmo que a maioria das espécies fosse nativa; - Sugeriram que metas fossem estipuladas para arborização após inventário; - Relataram defeitos provenientes de podas mal conduzidas; - Discutiram que o investimento em arborização deve ser focado nos benefícios ambientais; - Sugeriram priorizar a distribuição regular de espécies/diversidade.
AM	Manaus	Lins Neto et al. (2016)	- Em estudo de percepção de moradores, verificou-se que apenas 41% consideram a arborização da cidade muito ruim e que 25% se preocupam com o risco de tombamento das árvores; - Quanto à ampliação e manutenção das áreas verdes, 71% dizem que não há investimentos públicos suficientes; - Mais da metade dos moradores reconheceram a importância do conforto térmico e o sombreamento proporcionado pela arborização.
PA	Belém	Silva, Batista e Batista (2018)	- Em análise da arborização com <i>Mangifera indica</i> na cidade, verificou-se que 70% dos entrevistados perceberam no mínimo dois danos físicos ocasionados pelas árvores; - Sugeriram a melhoria do ambiente urbano mediante podas bem executadas e regulares, promovendo qualidade de vida à população.
RO	Porto Velho	Santos Júnior, Lacerda e Gomes (2013)	- Falta de planejamento da arborização como ponto principal do artigo; - Aproximadamente 44% das espécies verificadas eram frutíferas, e estima-se que a cada 50 metros exista uma árvore nos locais pesquisados; - Mensuraram os benefícios do sombreamento e verificaram que certas espécies podem contribuir mais para o arrefecimento da superfície, chegando até a 7°C, o que também é uma informação importante para o planejamento urbano.
RR	Boa Vista	Lima Neto et al. (2016)	- Em levantamento censitário das ruas da cidade, contabilizaram-se 6.907 indivíduos distribuídos em 91 espécies, sendo 54% exóticas e 46% nativas brasileiras, com predominância de três espécies; - Uma das conclusões é que, para a gestão urbana, o cadastro e a subdivisão da cidade em zonas são a melhor estratégia; - Recomendaram plantios assertivos das espécies menos frequentes e que sejam bem adaptadas à cidade, melhorando a diversidade.
TO	Palmas	Pinheiro, Marcelino e Moura (2018)	- Estudaram como o paisagismo influencia a riqueza, composição e distribuição de árvores, verificando que os canteiros com tratamento paisagístico possuem menos indivíduos arbóreos, porém com maior riqueza e diversidade; - Amostraram 3.970 indivíduos pertencentes a 112 espécies; - Nos canteiros sem intervenção paisagística e nos canteiros desmatados, estavam presentes espécies autóctones típicas do cerrado local; - Ressaltaram que o entendimento de tais padrões é vital para a tomada de decisão, manutenção ecológica e qualidade ambiental; além disso, voltam ao assunto da necessidade de enfatizar espécies nativas.

REGIÃO NORDESTE			
AL	Maceió	Barbosa (2005)	- Falta de registros e catalogações de áreas de vegetação urbana; - Ocupação sistemática do território urbano por loteamentos clandestinos, os quais desrespeitam o limite mínimo legal destinado às áreas verdes; - Distribuição desuniforme das áreas verdes na área urbana; - Citou a responsabilidade dos empreendedores imobiliários para a implantação e a consolidação da urbanização das áreas verdes.
BA	Salvador	Góes e Oliveira (2011)	- Foram catalogadas 84 espécies arbóreas nas ruas e praças, com o predomínio de espécies exóticas; - Apenas 17,1% dos indivíduos eram nativos da Mata Atlântica Baiana; - Relataram a concentração dos indivíduos arbóreos em poucas espécies e a presença de espécies invasoras e tóxicas na população; - Levantaram a discussão da utilização de espécies nativas regionais em planos de arborização.
CE	Fortaleza	Freire, Silva e Tavares Júnior (2012)	- Foi realizado o inventário da arborização viária de dois bairros urbanos; - Vinte e quatro espécies foram identificadas, sendo dezessete de exóticas; - A arborização viária dos bairros apresentou incompatibilidade com espaço físico, em que 40,4% dos indivíduos estavam interferindo na rede elétrica; - Os problemas gerados pelo manejo inadequado da arborização refletiram na qualidade e na prestação dos benefícios ambientais.
MA	São Luís	Aguiar, Rocha e Araújo (2018)	- Realizaram o inventário da arborização do Centro Histórico, catalogando 36 espécies, sendo que apenas 9 eram nativas; - Enfatizaram a grande proporção dos indivíduos de origem exótica, perfazendo 77% da população inventariada. Foi feita a crítica da contradição dessa condição no país de grande diversidade arbórea que é o Brasil; - A compatibilização dos indivíduos arbóreos com a rede elétrica foi analisada, sendo que 33% da população necessitava ser podada.
PB	João Pessoa	Gomes, Barbosa e Quirino (2019)	- Arborização central da cidade desde 1950; - Inventário das 12 vias mais arborizadas da cidade, sendo encontrados 527 indivíduos, distribuídos em 32 espécies; 39% das árvores são de grande porte, as quais atrapalham o fluxo, para o que sugeriram um melhor planejamento da urbanização, mediante inventário futuro.
PE	Recife	Melo e Meunier (2017)	- Em trabalho sobre arborização de calçadas de cinco bairros da cidade, realizaram um comparativo em relação a outro trabalho datado de 1985, encontrando evidências de redução na quantidade de árvores em três dos bairros; - Houve um aumento do número de espécies, porém com alta concentração da abundância em poucas espécies; - Concluíram que a arborização da cidade não teve grandes melhorias no período, sendo mais deficiente qualitativa e quantitativamente.
PI	Teresina	Martins, Carvalho e Brito (2007)	- Em avaliação sobre os conflitos com os equipamentos urbanos, verificaram que não existiu nenhum planejamento sobre o crescimento e a intervenção que poderiam ocorrer no futuro; - Muitas espécies são inadequadas por causa do grande porte. As dificuldades também são relacionadas por conta do trânsito, tráfego e segurança.
RN	Natal	Santos, Lisboa e Carvalho (2012)	- Em um levantamento quali-quantitativo da arborização viária de um bairro, foram catalogados 206 indivíduos em 38 espécies botânicas; - Foi observado o alto índice de exotificação da comunidade vegetal, ao representar 68,5% do número total de indivíduos; - O desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao uso de espécies nativas regionais na arborização viária foi discutido, a fim de colaborar na conservação das espécies; - Interações ecológicas entre as árvores e outros organismos foram constatadas, tais como formigas, musgos, fungos, entre outros.
SE	Aracaju	Matos et al. (2019)	- Em levantamento de 1.075 árvores no centro da cidade, observaram 65 espécies, com a maior parte exótica (64%); - Organismos estavam associados às árvores, dentre eles cupins, formigas, briófitas, epífitas e ervas-de-passarinho; - A arborização é homogênea, porém com baixa riqueza de espécies; - Uma espécie exótica possui grande associação com organismos, o que deve ser considerado quando do planejamento da substituição por nativas.

REGIÃO CENTRO-OESTE			
GO	Goiânia	Weirich et al. (2015)	- Em levantamento sobre influência climática e bem-estar humano, verificaram em alguns setores da cidade que as áreas sombreadas pelas copas das árvores favorecem o microclima, com redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar; - As áreas arborizadas possuem menor intensidade luminosa e velocidade do vento, em comparação às ausentes de arborização; - É conhecida como capital verde e possui um índice de 0,79 árvore por habitante. Possui 950 mil árvores e 328 espécies, com abundância de espécies exóticas.
MT	Cuiabá	Gallo e Logsdon (2017)	- A partir de um levantamento da arborização de um bairro de interesse social, encontraram uma média de 69 árvores por quilômetro, alta frequência da espécie <i>Licania tomentosa</i> (61,22%), com uma grande quantidade de árvores de pequeno porte; - Reiteraram que o plantio de uma espécie por quarteirão não é o recomendado do ponto de vista biológico e alastramento de pragas; - Sugeriram maior diversificação em novos trabalhos e ações com espécies nativas do Cerrado.
MS	Campo Grande	Pestana, Alves e Sartori (2019)	- Em uma avaliação das árvores no centro da cidade, identificaram 61 espécies, sendo 30 nativas; - A identificação das espécies e a Educação Ambiental foi fator-chave no estudo, levando o conhecimento da Arborização Urbana e diversidade aos cidadãos.
DF	Brasília	Lima (2009)	- Analisaram a similaridade florística nos anos de 1960, 70, 80 e 90, confirmando identidade florística em cada período e mostrando mudanças nas estratégias de plantio ao longo do tempo; - Não ficou evidente que houve a ideia de substituição de espécies exóticas por nativas no período avaliado.
REGIÃO SUDESTE			
ES	Vitória	Souza, Silva e Santos (2011)	- Em mapeamento por meio de Sistema de Informações Geográficas, foram feitas quantificações e foi verificada a distribuição da arborização viária na cidade; - Encontraram 139,53 hectares de arborização, o que representa 1,5% da área da cidade; - Verificou-se que os bairros com melhores infraestruturas possuem maior densidade de arborização, sendo então uma população privilegiada quanto aos benefícios da arborização, em contraponto com a população mais carente, que não possui o usufruto do benefício ambiental.
MG	Belo Horizonte	Oliveira et al. (2016)	- Em inventário censo da região Oeste da cidade, perceberam 10.337 árvores com potencial conflito com a rede elétrica e que 52,76% delas pertencem a 10 espécies; - Sugeriram que as instituições priorizem as espécies que não compõem a maioria dos problemas, diminuindo custos e facilitando a gestão pública.
RJ	Rio de Janeiro	Guimarães e Cardoso Júnior (2019)	- Em inventário com foco em conflitos urbanos realizado no bairro Grajaú, inventariaram 2.733 indivíduos, correspondentes a 56 espécies; - Amendoeira e Oiti foram as espécies mais frequentes, perfazendo 15% e 11%, respectivamente; - O conflito com as fachadas, telhados, vias e redes elétricas foram os mais expressivos, com destaque para as fachadas, com 789 indivíduos; - Concluíram que o levantamento é importante para a priorização da solução das interferências mais relevantes.
SP	São Paulo	Arantes (2017)	- Em inventário realizado na cidade, demonstraram que nem sempre as regiões que possuem melhor cobertura arbórea fornecem serviços ecossistêmicos; - Nem sempre os bairros que possuem melhor IDHM possuem maiores copas por metro quadrado; - Sugeriram outros estudos com indicadores sociais e econômicos que possam explicar melhor a relação com os benefícios ambientais; - Sugeriram que o levantamento da copa arbórea e relvado podem ser boas ferramentas para a gestão pública no combate à poluição.

REGIÃO SUL			
PR	Curitiba	Lima Neto (2010)	• Em censo das árvores do centro da cidade, identificaram 1.537 indivíduos, sendo que <i>Ligustrum lucidum</i> foi a mais frequente, com raízes causando quebra de calçadas; • As calçadas do estilo paralelepípedo, as quais dificultam o acesso das pessoas, corresponderam a 70,33%; • A área de passeio com largura de 1,20 metro correspondeu a 95,25%, considerada adequada; • O melhor planejamento deveria contar com seleção de espécies com raiz pivotante e que permite um manejo adequado ao público das ruas.
RS	Porto Alegre	Boeni e Silveira (2019)	• Em amostragem de 4.318 indivíduos na cidade, verificaram 122 espécies, sendo 45 nativas e 77 exóticas; • Perceberam que 80% dos indivíduos estão em bom estado fitossanitário, porém, devido ao grande porte, estão em conflito com as estruturas urbanas; • Finalizaram sugerindo a substituição de espécies exóticas ou de indivíduos que estavam em estado fitossanitário precário por espécies nativas.
SC	Florianópolis	Báez (2007)	• Em levantamento da arborização do centro da cidade, foram avaliados dois atributos, que são os contextos espacial e ambiental; • A qualidade ambiental foi tida como inadequada, com possibilidades de inserção de árvores de forma pontual, e a infraestrutura provê condições para tal.

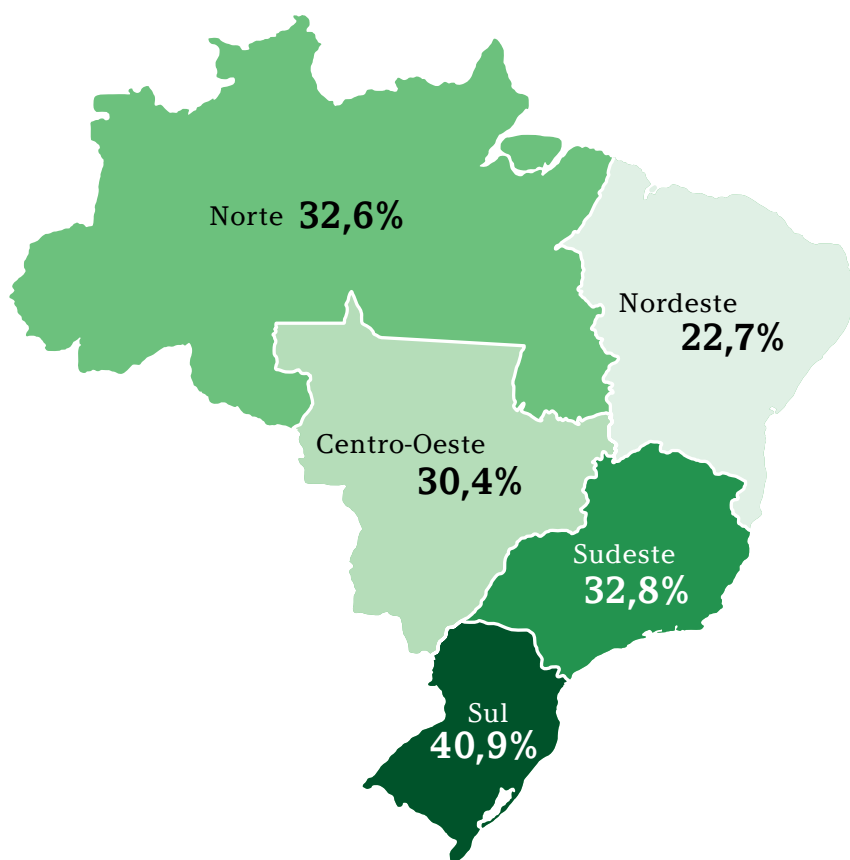
Como perceptível nesse levantamento, não há nenhum estudo efetivo que inclua características definidas para a seleção de espécies que possam ser alocadas devidamente nos mais diversos ambientes urbanos. As conclusões dos autores versam desde a correta gestão das árvores pelo responsável público, passando pela seleção dos indivíduos que possam maximizar os benefícios ambientais e dando preferência às espécies nativas em detrimento das exóticas (que não adentraremos no debate), até a indicação de inventários que possam ser úteis a quaisquer ações urbanas, não só relativas ao contexto arbóreo.

As informações reunidas nesse levantamento corroboram a pesquisa realizada por Pereira (2015), que avaliou inventários florísticos da arborização viária de 93 cidades brasileiras. Os dados apontam que em todas as regiões a proporção de espécies exóticas é superior às nativas do domínio fitogeográfico em que as cidades se inserem (Figura 1). Nesse mesmo estudo, foram catalogadas 638 espécies arbóreo-arbustivas utilizadas na arborização viária brasileira, porém apenas seis espécies concentram metade dos indivíduos, que são a Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (DC.) L.P.Queiroz), o Ficus (*Ficus benjamina* L.), o Oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch.), o Alfeneiro (*Ligustrum lucidum* W.T.Aiton), o Ipê-rosa (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) e a Escumilha-resedá (*Lagerstroemia indica* L.).

O acúmulo dos indivíduos em poucas espécies não é uma prática aconselhável; logo, para a manutenção da diversidade nos plantios urbanos, recomendações acerca da frequência relativa máxima dos tá-

xons (espécies, gêneros e famílias) devem ser discutidas. Uma regra comumente adotada é de utilizar no máximo 10% dos indivíduos em uma única espécie, 20% em um gênero e contabilizar 30% para as famílias. Esses valores são propostos por Miller e Miller (1991), Santamour (1990) e Smiley, Kielbaso e Proffer (1986). Tais valores foram definidos por estudos realizados em áreas urbanas nos Estados Unidos e que tiveram como objetivo reduzir a disseminação de doenças e pragas nas árvores presentes na Arborização Urbana. Um dos exemplos é a doença “*Dutch elm.*”, causada pelo fungo *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf., que devastou a arborização viária de cidades americanas (MILLER; MILLER, 1991).

Figura 1 - Mapa representativo do uso de espécies nativas do domínio fitogeográfico, na arborização viária, por região brasileira. (Adaptado de Pereira, 2015).





Assim, uma indagação nos vem à mente: diante de tantas possibilidades e desafios, diante de tantos relatos de má gestão Brasil afora, como proceder quanto à seleção de espécies? Não tem jeito, a orientação de maior bom senso e mais objetiva dita até hoje é a de que a seleção deve contar com a “árvore certa no lugar certo” (ISA, 2010). A Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA – *International Society of Arboriculture*) promove treinamentos e fomenta as pesquisas em todo o mundo, e, no Brasil, ainda é incipiente a valorização do tema, a ser visto pela pouquíssima quantidade de profissionais afiliados e certificados em algum de seus programas.

Logo, para a realidade brasileira, uma das respostas pode vir da construção e, consequentemente, evolução do *estado da arte* e do contínuo aperfeiçoamento técnico e científico, algo evidente por meio de uma simples busca nos meios de divulgação *online*.

Os municípios mais avançados na gestão da arborização já possuem seus Manuais ou Planos Diretores, documentos com orientações provenientes de estudos detalhados que só foram possíveis mediante um inventário. Administrar a *urbe* necessariamente é administrar uma cidade, o que não está dissociado da política. Logo, por mais que haja a manifestação da vontade social, dos órgãos ambientais, das associações, das organizações sem fins lucrativos, dos profissionais da área e dos pesquisadores, se não houver incentivo por parte do Poder Público, seja financeiro, de recursos humanos e materiais e equipamentos, estaremos longe de atingir uma gestão eficiente.

Os Planos Diretores e Manuais de Arborização Urbana são elaborados com o objetivo de determinar um planejamento padrão, que deve ser cumprido durante o processo de expansão urbana. O ambiente urbano é a interação dos fatores ambientais, biológicos e socioeconômicos inseridos nas edificações e infraestruturas que pelo ser humano são construídas sobre o meio físico, acarretando profundas alterações no micro/mesoclima e consequentemente afetando a qualidade de vida dos seres que sobrevivem nesse meio (BRUN et al., 2008). No Brasil, não há um modelo padronizado de Plano Diretor ou Manual de Arborização a ser seguido. Isso resulta em uma grande variação de metodologias.

Os fatores considerados como critérios-chaves na análise final para a seleção de espécies para Arborização Urbana são os aspectos biológicos, como tipo de vegetação e determinação do porte (altura total ou diâmetro de copa), e físicos, como homogeneidade ou heterogeneidade de espécies no plantio de vias públicas, distâncias entre as árvores em

relação a constituintes do passeio público e mobiliários, se os frutos devem atender aos seres humanos ou à fauna, entre outros.

Os Quadros 2 e 3 apresentam levantamentos das indicações para a seleção de espécies em algumas cidades brasileiras.

Quadro 2 - Aspectos biológicos determinados nos Manuais/
Guias de Arborização Urbana de uma capital de cada região do Brasil

Cidade	Tipo de vegetação	Determinação de Porte		
		Altura total (m)	Diâmetro da Copa (m)	
Belém (Norte)	Preferencialmente nativas sem desconsiderar exóticas adaptáveis	AA - ≤ 3,0 PP - > 3,0 a 6,0 MP - > 6,0 a 12,0 GP - > 12,0 a 24,0 MG - > 24,0	AA - ≤ 2,0 PP - > 2,0 a 8,0 MP - > 8,0 a 16,0 GP - > 16,0 a 24,0 MG - > 24,0 Aceitar, porém não exigir, poda frequente; definir o formato de copa conforme classificação própria.	
Natal (Nordeste)	Espécies nativas	PP - > 5,00 MP - 5,00 a 10,00 GP - > 10,00		
Campo Grande (Centro-Oeste)	Preferencialmente nativas sem desconsiderar exóticas adaptáveis	PP - > 4,00 a 6,00 MP - > 6,00 a 12,00 GP - > 10,00 a 12,00	Recomendações somente envolvendo manejo (poda)	
Porto Alegre (Sul)	Preferencialmente espécies nativas regionais, respeitando o percentual mínimo de 70%, com possibilidade de uso de espécies exóticas em até 30%, como forma de promover a biodiversidade			
São Paulo (Sudeste)	- Espécies nativas presentes na Portaria nº 61/ SVMA/2011, que é a Lista de Espécies Nativas do Município de São Paulo; - Espécies nativas de outros biomas brasileiros que não a Floresta Ombrófila Densa paulistana; - Espécies de fora do Brasil.	A determinação do porte das espécies leva em consideração o desenvolvimento das espécies, sem um valor definido para espécies de pequeno, médio e grande porte.	O diâmetro de copa não foi tratado como um aspecto de grande interesse, porém, quanto à copa, o fator mais importante considerado foi a arquitetura, tanto para questões perante as vias e mobiliários até o manejo (poda).	

Nota: Simbologia (m - metros; AA - Arbusto ou arvoreta; PP - Pequeno Porte; MP - Médio Porte; GP - Grande Porte).

	Recomendações sobre a espécie	Aspectos de interesse geral	Distância entre árvores
	• Não produzir frutos grandes ou comestíveis pelo ser humano e sim pequenos e apreciados por pássaros; • Não atrair insetos prejudiciais ao ser humano; • Não possuir espinhos ou produzir substâncias tóxicas; • Não é permitido o plantio de palmeiras sob rede aérea, pois a altura da espécie quando adulta é igual ou superior ao da fiação; espécies com formato de copa colunar ou cônica também não poderão ser plantadas sob a fiação. • Espécies com formato de copa colunar ou cônica também não poderão ser plantadas sob a fiação.	• Crescimento inicial rápido; • Ser tolerante a pragas e doenças; • Possuir folhas persistentes ou semicaducas, pequenas e membranáceas; • Possuir sistema radicular pivotante ou axial profundo; • Possuir caule do tipo tronco, ereto e resistente; • Possuir floração vistosa; • Projetos específicos recebem tratamento diferenciado em áreas restritas, que envolvem o plantio de espécies de frutos comestíveis pelo ser humano e a introdução de novas espécies ou daquelas que estiverem em fase de experimentação. • Recomenda-se que a frequência de cada espécie no total da arborização não ultrapasse 15%.	As árvores devem ser alinhadas, com distâncias entre elas igual ao diâmetro da copa, considerando a maior extensão.
			PP - 5,00 m MP - 8,00 m GP - 12,00 m
	Espécies sem princípios fitotóxicos e que não apresentem espinhos, frutos e folhas de tamanho considerado grande.		PP - 5,00 m MP - 8,00 m GP - 10,00 m
	Proibido o plantio de espécies exóticas invasoras.	Buscar na seleção de espécies e estabelecer programas de atração da fauna na arborização de logradouros que constituem corredores de ligação com áreas verdes.	De 3 a 6 metros, de acordo com o porte das árvores. Obs.: Nos locais onde o rebaixamento de meios-fios for contínuo, deverá ser plantada uma árvore a cada 7 metros.
	Não utilizar espécies exóticas invasoras e tóxicas.	• Considerar o diâmetro total e máximo do caule que pode ser alcançado pelas espécies e com ele determinar as dimensões de passeio e canteiro. • Ainda a lista de espécies selecionadas traz informações quanto à coloração das flores, presença ou ausência de espinho e látex, épocas de floração e frutificação, se apresentam desrama natural e as condições adequadas de umidade de solo, se são atrativas a polinizadores e avifauna.	PP - 5,00 m MP - 8,00 m GP - 12,00 m Quando as espécies arbóreas apresentam portes distintos, deve ser adotada a média aritmética das distâncias. Obs.: Tabela adaptada do Manual Técnico de Arborização Urbana (Portaria Intersecretarial 05/ SMMA-SIS/02)

Quadro 3 - Aspectos físicos determinados nos Manuais/Guias de Arborização Urbana de uma capital de cada região do Brasil

Cidade	Distância entre árvores em função do porte e os elementos constituintes do passeio público (m)				Distância da árvore para o mobiliário urbano em função do porte (m)			
	Elemento	Pequeno Porte	Médio Porte	Grande Porte	Mobiliário	Pequeno Porte	Médio Porte	Grande Porte
Belém (Norte)	Esquina	5,0	5,0	5,0	Caixas de inspeção, hidrante, caixa coletora de lixo	2,0	2,0	2,0
	Meio-fio	0,30	6,0	6,0	Sinalização semafórica e indicativa	5,0	5,0	5,0
	Rampa de acesso a veículos	0,60	1,0	1,0	Telefone público e caixa de correio	1,0	1,0	1,0
	Redes subterrâneas	1,0	2,0	2,0	Postes, ponto de ônibus/táxi, banca de jornal/revista	≥ 2,0	≥ 4,0	≥ 4,0
					Relógios digitais e quiosques	≥ 4,0	≥ 4,0	≥ 4,0
					Redes aéreas		0,50	1,0
Natal (Nordeste)	Esquina	5,0	7,0	7,0	Bancas, cabines, guaritas, telefones	3,0	4,0	5,0
	Redes ou instalações subterrâneas	1,0	2,0	2,0	Caixas de inspeção, boca de lobo, bueiros	3,0	4,0	5,0
					Equipamentos de segurança (hidrantes)	2,0	3,0	4,0
					Iluminação pública, postes (redes aéreas)	4,0	7,0	10,0
					Placas de identificação e sinalizações	7,0	7,0	7,0
					Transformadores	5,0	8,0	12,0
Campo Grande (Centro-Oeste)	Esquina	7,0	7,0	7,0	Iluminação pública, postes (redes aéreas)	5,0	6,0	7,0
	Redes ou instalações subterrâneas	1,0	>2,0	>2,0	Bancas, cabines, guaritas, telefones	2,0	2,0	2,0
	Galerias	1,0	1,0	1,0	Caixas de inspeção, boca de lobo, bueiros	2,0	2,0	2,0
	Fachadas de edificação	2,4	2,4	2,4	Transformadores	5,0	8,0	10,0
	Rampa de acesso a veículos	1,0	1,0	1,0				

Cidade	Elemento	Pequeno Porte	Médio Porte	Grande Porte	Mobiliário	Pequeno Porte	Médio Porte	Grande Porte
Porto Alegre (Sul)	Confluência do alinhamento predial da esquina	5,0	5,0	5,0	Sinalização semafórica e indicativa	6,0	6,0	6,0
	Rampa de acesso a veículos	2,0	2,0	2,0	Caixas de inspeção, boca de lobo, bueiros	2,0	2,0	2,0
	Meio-fio viário, exceto canteiros centrais	0,6	0,6	0,6	Postes e transformadores	4,0	4,0	4,0
					Equipamentos de segurança (hidrantes)	3,0	3,0	3,0
					Cruzamentos de vias sinalizados semaforicamente ou que possam vir a ser sinalizados	10,0	10,0	10,0
São Paulo (Sudeste)	Esquina	5,0	5,0	5,0	Postes	2,0	3,0	3,0
	Redes ou instalações subterrâneas	1,0	2,0	2,0	Placas de sinalizações	Sem valores de distância, só não podem obstruir a visão da sinalização		
	Galerias	1,0	1,0	1,0	Equipamentos de segurança (hidrantes)	1,0	2,0	3,0
	Guia rebaixada, gárgula, borda de faixa de pedestre, acesso de pedestre à edificação	1,0	2,0	2,0	Mobiliário urbano (bancas, cabines, guaritas, telefones)	2,0	2,0	3,0
	Edificações	2,00	4,00	7,00	Caixas de inspeção (boca de lobo, de leão, poço de visita, bueiros, caixas de passagem)	2,0	2,0	2,0
	Muro ou gradil	1,00	2,00	3,00	Transformadores	3,0	4,0	5,0

Ao comparar algumas capitais brasileiras, é possível constatar que não existe, realmente, um padrão metodológico que pode ser seguido em todo o país. Porém, ao compilar as informações obtidas em Planos e Manuais de Arborização Urbana das cinco regiões, assim como unidades fitogeográficas distintas, é possível destacar e determinar algumas características consideradas como potencialmente necessárias para a realização da seleção de espécies florestais no contexto da Arborização Urbana (Quadro 4).

Quadro 4 - Proposta generalista para seleção de espécies

Características desejadas para seleção das espécies para Arborização Urbana		
Arquitetura de raízes	Preferência por espécies com raízes pivotantes.	
Tipologia vegetal	Preferencialmente nativas regionais sem desconsiderar as nativas brasileiras ou exóticas adaptadas à região, passíveis de diferenciação na proporção.	
Porte	Considerar o crescimento em altura da espécie em ambiente isolado; determinar os valores quanto ao diâmetro de copa, considerando o crescimento individual da espécie, ou seja, há uma necessidade de estudo da arquitetura considerando a relação entre o diâmetro e a copa das espécies.	
Espécies não recomendadas	Espécies com princípios fitotóxicos ou que apresentem espinhos, frutos e folhas de tamanho considerado grande; não é permitido o plantio de palmeiras sob rede aérea, pois a altura da espécie quando adulta é igual ou superior ao da fiação.	
Distância entre árvores	Com distâncias predeterminadas pelo porte das espécies na região onde serão implantadas ou até mesmo pela média aritmética do diâmetro das copas em evidência; quando os plantios apresentarem na composição espécies diferentes, que promovam a diversidade, utilizar as distâncias considerando o tamanho do diâmetro de copa.	
Fitossanidade	Apresentar resistência natural a pragas e doenças e implementar medidas de monitoramento sobre a qualidade de vida das árvores submetidas a avaliações e manejo fitossanitário.	
Velocidade de crescimento	A característica atrai os organizadores de projetos de Arborização Urbana, porém a escolha de espécies de crescimento rápido limita o uso de espécies secundárias tardias ou climax, que são as que compõem as espécies ameaçadas de extinção.	
Fuste	Do tipo tronco ereto e resistente.	
Floração	Vistosa, coloridas e atrativas a polinizadores, a exemplo das melíferas.	
Frutificação	Projeto para vias públicas.	O plantio de espécies com frutos de atração da fauna.
	Projetos de áreas verdes, sem vias de veículos de transporte, passeio, etc.	O plantio de espécies de frutos comestíveis pelo ser humano.
Diversificação de espécies	Analisar e determinar qual frequência de cada espécie é adequada para compor o projeto final ou total da arborização; na arborização de logradouros, recomenda-se que sejam utilizadas espécies que formam corredores de ligação com áreas verdes (manejo ecológico).	
Introdução de espécies	Realizar um estudo de experimentação.	
Desrama	A preferência por espécies que apresentam essa característica reduz o número de intervenções de manejo (poda) a serem realizados.	
Diâmetro do Caule	Considerar o diâmetro total e máximo que o caule pode alcançar por espécie e com ele determinar as dimensões de passeio e canteiro.	

*Considerar como desenvolvimento das espécies o crescimento tanto em altura total e o diâmetro de copa quanto em profundidade de raízes nas regiões em que as espécies selecionadas serão implantadas, ou seja, é necessário realizar um estudo frente ao desenvolvimento da espécie, observando o crescimento vegetativo e reprodutivo.

A forma de compreender as informações presentes nos quadros anteriores e considerar tais características potenciais que devem ser atendidas nos Planos de Arborização Urbana complementa o processo evolutivo da arborização no país.

As cidades consolidadas antes do Período Imperial cresciam de forma espontânea, sem planejamento e em desordem, o que tornava a arborização um “empecilho”. Nesse período, o apreço era pela ciência e pelas artes, tanto é que os moldes franceses foram importados e incluídos no processo de revitalização das cidades (BRUN, 2019).

Os moldes franceses traziam consigo uma estética de embelezamento e elitização das praças e passeios públicos. O padrão era a homogeneidade, tanto é que a composição era de baixa diversidade. Isso se manteve com o início do Brasil República, em que mesmo sob influência estrangeira (não somente de franceses, mas de ingleses e americanos) alguns elementos que remetem ao nacionalismo foram absorvidos, em especial a adoção de espécies nativas no processo de arborização (BRUN, 2019).

O processo de modernização que o país experimentou durante o século XX, em que grandes nomes da cultura promoveram um movimento Pró-Modernismo, influenciou diversas áreas, dentre elas literatura, música, artes, arquitetura e paisagismo e arborização. O paisagista Burle Marx, junto a grandes nomes desse movimento, criou vários trabalhos em que quebra o paradigma de homogeneidade nos projetos de Arborização Urbana, promovendo a heterogeneidade, ou seja, implementando o processo de diversificação natural, sempre buscando inserir a maior quantidade de espécies nos projetos (SIQUEIRA, 2017). Além disso, almejou atender à diversificação cultural, interligando-a com a natural, o que resultava na maior interação entre o ser humano e os elementos da natureza, consequentemente em melhoria na qualidade de vida (BRUN, 2019).

Brun et al. (2008) destacam a limitação de alguns municípios do Rio Grande do Sul frente a programas educativos na Arborização Urbana. Os autores destacam a importância da inclusão da Arborização Urbana no estatuto das cidades, partindo do âmbito federal. Dessa forma, os requisitos legais municipais podem ter uma base e futuramente adotar em seus Guias ou Manuais de planejamento urbano essas medidas educativas e/ou sociais.

O fator jurídico é importante para estabelecer normas e outros institutos legais, sem os quais as administrações não têm como fazer gestão frente aos bens e serviços sob sua responsabilidade. A legislação sobre a Arborização Urbana é uma preocupação antiga, embora existam muitos municípios sem uma legislação adequada ou mesmo sem nenhuma (PAIVA; GONÇALVES, 2002 apud BRUN et al., 2008).

O reposicionamento do status político das florestas urbanas precisa ser seguido por ações de apoio e planejamento de longo prazo. Além disso, a coordenação profissional interdisciplinar e a participação da comunidade local devem gerar uma sistemática das estruturas verdes urbanas, capaz de criar e desenvolver ambientes potenciais de arborização em todas as regiões da cidade, inclusive periferias (WOLF, 2005 apud BRUN et al., 2008).

A falta de uma legislação específica sobre a Arborização Urbana nos permite criar novas recomendações sobre as questões de apelo ambiental e sustentável, que deveriam ser abordadas em propostas futuras, como:

- a. Utilizar espécies ameaçadas de extinção de forma prioritária nos Guias de Arborização, principalmente as que estão presentes no bioma natural;
- b. Fazer cumprir a obrigatoriedade determinada pelo Código Florestal vigente, conservando as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as Reservas Legais (RLs) por meio do emprego ou da implementação desses locais em parques ecológicos ou quintais ecológicos particulares. Esse exemplo pode ser visualizado na cidade de Porto Alegre-RS, em que os proprietários são responsáveis pela arborização das áreas privativas e devem atender às legislações específicas, que determinam a diversificação de espécies como forma de assegurar a estabilidade e a preservação da floresta urbana;
- c. Criar um padrão de seleção de espécies que permita a interação e a ligação entre os parques ecológicos e quintais ecológicos particulares por meio de um novo conceito de corredores ecológicos, definidos como corredores ecológicos urbanos. O estado de São Paulo apresenta em seu Guia de Arborização Urbana uma metodologia baseada em uma chave sistemática semelhante à classificação botânica, entomológica, de solos, entre outras, em

que a seleção de espécies é realizada sob a avaliação de 58 características diferentes, que variam desde largura da calçada, presença ou ausência de rede elétrica, tipo de sistema viário, imóveis com ou sem recuo, etc. Esse trabalho facilita a determinação do tipo e porte que a espécie deve possuir para o local indicado para plantio.

A união dessas propostas atinge pontos estratégicos da conservação ecológica, pois garante a preservação de espécies nativas ameaçadas ou em risco de extinção, mantendo o fluxo gênico entre as populações dessas espécies e até promovendo a disseminação delas por pequenos animais que estariam nas áreas de remanescentes.

Finalmente, seria possível desenvolver metodologias padronizadas para a Arborização Urbana nacional em que seriam consideradas as espécies brasileiras e a interação delas com os elementos físicos e naturais dos centros urbanos, excluindo as limitações resultantes de metodologias estrangeiras na seleção e no planejamento da floresta urbana, resgatando a identidade da população e favorecendo a conscientização/educação ambiental.

Referências

- AGUIAR, L. S.; ROCHA, A. E.; ARAÚJO, E. P. Árvores patrimônio da humanidade: Centro Histórico de São Luís - MA. In: *Arborização Urbana: centro histórico e praças de São Luís, Maranhão / organizadora, Ariadne Enes Rocha; autores, Ana Paula Coelho Duarte ... [et al.]*. - São Luís: Eduema, 2018. 245p.
- ARANTES, B. L. *Arborização Urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo*. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- BÁEZ, M. T. C. *Arborização Urbana no centro de Florianópolis - Santa Catarina*. 2007. s.f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- BARBOSA, R.V.R. Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudos em microclimas de Maceió (AL). 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- BATISTA, D. B. et al. Avaliação qualitativa da arborização com *Mangifera indica* nas ruas de Belém-PA. *Acta Biológica Catarinense*, v. 5, n. 1, p. 34-45, 2018.
- BOENI, B.; SILVEIRA, D. Diagnóstico da Arborização Urbana em bairros do município de Porto Alegre, RS, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 189-206, 2019.
- BRUN, F. G. K.; FUCHS, R. H.; BRUN, E. J.; ARAÚJO, L. D. Legislações Municipais do Rio Grande do Sul referentes à Arborização Urbana-estudo de casos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, n. 3, v. 3, p. 44-64, 2008.
- BRUN, F. G. K. Evolução urbanização e arborização no Brasil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Dois Vizinhos. 2019.
- FREIRE, R. L. S.; SILVA, A.C.; TAVARES JÚNIOR, J.M. Avaliação da qualidade ambiental da arborização de ruas nos bairros Aldeota e Messejana, Fortaleza/CE. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 116-127, 2012.
- GALLO, D. L. L.; LOGSDON, L. Arborização de acompanhamento viário em conjuntos habitacionais de Cuiabá-MT. *E&S Engineering and Science*, v. 6, n. 1, p. 38-50, 2017.
- GÓES, G.S.; OLIVEIRA, M.Z.A. Arborização de ruas e praças em Salvador, Bahia. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 22-43, 2011.
- GOMES, E. M. C. et al. Análise quali-quantitativa da arborização de uma praça urbana do Norte do Brasil. *Nativa*, Sinop, v. 4, n. 3, p. 179-186, maio/jun. 2016.
- GOMES, S. E. M.; BARBOSA, M. R. V.; QUIRINO, Z. G. M. Inventário Arbóreo das vias públicas do Centro de João Pessoa, Paraíba. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 1, p. 351-362, 2019.
- GUIMARÃES, M. G.; CARDOSO JÚNIOR, R. A. F. Diagnóstico e análise dos conflitos da Arborização Urbana: estudo de caso do bairro do Grajaú (Rio de Janeiro). *Revista Internacional de Ciências*, v. 9, n. 1, p. 92-104, 2019.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. *Arborists certification study guide*. Champaign, 2010. 352 p.
- LIMA, R. M. C. *Avaliação da Arborização Urbana do Plano Piloto*. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- LIMA NETO, E. M. et al. Análise da composição florística de Boa Vista-RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 11, n. 1, p. 58-72, 2016.
- LIMA NETO, E.M. et al. Arborização de ruas e acessibilidade no bairro centro de Curitiba-PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 40-56, 2010.
- LINS NETO, N. F. A. et al. Avaliação da Arborização Urbana da Cidade de Manaus por seus residentes. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 162-173, 2016.
- MATOS, E. C. A. et al. Arborização do bairro Centro da cidade de Aracaju, Sergipe, e seus organismos associados. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 22-39, 2019.
- MARTINS, L.M.; CARVALHO, J.; BRITO, J.S. Os conflitos existentes entre a arborização e os equipamentos urbanos no Centro de Teresina-PI. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB - 2007.
- MELO, L. L.; MEUNIER, I. M. J. Evolução da arborização de acompanhamento viário em cinco bairros de Recife-PE. *Revista de Geografia*, Recife, v. 34, n. 2, 2017.
- MILLER, R. H.; MILLER, R. W. Planting survival of selected street tree taxa. *Journal of Arboriculture*, v. 17, n. 7, p. 185-191, 1991.
- OLIVEIRA, A. F. et al. Arborização viária conflituosa com a rede elétrica na região Oeste de Belo Horizonte-MG. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 27-44, 2016.

- PAIVA, A.V. Inventário e diagnóstico da Arborização Urbana viária de Rio Branco, AC. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 144-159, 2010.
- PESTANA, L. T. C.; ALVES, F. M.; SARTORI, Â. L. B. Espécies arbóreas da Arborização Urbana do centro do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 01-21, 2019.
- PEREIRA, G. A. **Diagnóstico florístico da Arborização Urbana no Brasil e no município de Lavras - MG**. 2015. 204 f. Dissertação. Mestrado em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R. Diversidade de espécies arbóreas em canteiros artificiais e naturais de uma cidade planejada. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 236-258, jul./set. 2018.
- PORTO, L. P. M. P.; BRASIL, H. M. S. **Manual de orientação técnica de Arborização Urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos**. Universidade Federal Rural da Amazônia, p. 108, 2013.
- SANTOS T.O.B.; LISBOA, C.M.C.A.; CARVALHO, F.G. Análise da arborização viária do bairro Petrópolis, Natal, RN: Uma abordagem para diagnóstico e planejamento da flora urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 4, p. 106-112, 2019.
- SANTOS JUNIOR, A.; SILVA, L.E.; GOMES, W.O. A arborização pública e a eficiência do sombreamento da superfície urbana em bairros residenciais de Porto Velho, RO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 3, p. 108-117, 2019.
- SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Plano Diretor de Arborização de Porto Alegre. **Cartilha da Arborização Urbana**. Porto Alegre, RS, p. 29, 2002.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Guia de Arborização Urbana de Campo Grande**, MS. Campo Grande - MS, p. 29, 2010.
- SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE E URBANISMO (SEMURB). **Manual de Arborização Urbana de Natal**. Natal, RN, p. 28, 2009.
- SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. **Manual técnico de Arborização Urbana**. São Paulo, SP, p. 122, 2005.
- SIQUEIRA, V. B. Permanência e diversidade: valores modernos nos jardins de Burle Marx. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, v. 25, n. 3, p. 83-102, 2017.
- SOUZA, S. M.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R. Mapeamento e análise da arborização viária da cidade de Vitória-ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2011, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos, 2011. p. 1-4.
- WEIRICH, R. A. et al. Arborização Urbana para mitigação das condições microclimáticas em Goiânia, Goiás. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 3, n. 2, p. 48-58, 2015.



Hura crepitans L.



Identificação Botânica de Árvores

Edinilson dos Santos

Aderbal Gomes da Silva

Roberto da Silva Ramalho (in memoriam)

1. Introdução

A busca pela determinação do nome correto das árvores merece especial atenção quando se considera o Brasil, um país majoritariamente tropical, com imensa diversidade de espécies. Isso traz dificuldades àqueles que procuram seu reconhecimento rápido e preciso, de preferência ainda no campo.

Um dos principais objetivos dos estudos dendrológicos é justamente indicar meios que organizem as informações sobre espécimes arbóreos de modo a facilitar sua identificação. Os temas discutidos neste texto têm caráter prático e na sua essência procuram fornecer uma base para iniciar o manejo racional da Arborização Urbana. Essa base é caracterizada pela homogeneização da terminologia empregada e pelas diretrizes indicadas para obtenção e catalogação adequada das informações botânicas a respeito das árvores.

2. Conceito de Dendrologia

Etimologicamente, *dendrologia* é uma palavra de origem grega que significa “tratado (ou estudo) da árvore” – *dendron*: árvore; e *logos*: tratado. Num conceito mais simples, Dendrologia seria uma especialização da Botânica dedicada ao estudo de vegetais de porte arbóreo. Uma definição mais completa trata a Dendrologia como a ciência que se utiliza de taxonomia, nomenclatura, morfologia, anatomia, fenologia, distribuição geográfica e significado econômico de essências florestais para caracterizar as árvores e identificá-las (MARCHIORI, 1995).

A Dendrologia transita entre a Botânica e a Ciência Florestal e tem por objetivo caracterizar e reconhecer as árvores, essencialmente em seu hábitat natural. Em uma conotação mais ampla, Dendrologia abrange a identificação e a classificação das árvores, a confecção de coleções de amostras botânicas e de madeiras, a indicação da distribuição e dispersão geográfica, a ecologia e a descrição, principalmente das características vegetativas das plantas, além de indicar os possíveis empregos delas (KLEIN, s.d.).

3. A Dendrologia e a Taxonomia

A Dendrologia mantém com a Taxonomia uma relação bastante íntima. Estudos dendrológicos fornecem amparo a diversos estudos taxonômicos que envolvem espécies arbóreas. Especificamente para seu uso, a Dendrologia faz uma adaptação dos conceitos taxonômicos, e essa adaptação se relaciona às particularidades morfológicas das árvores em relação aos demais vegetais.

O processo de diferenciar uma planta de outras e colocá-la em um sistema de classificação filogenética, organizado em grupos com base em suas relações evolutivas, é o principal objetivo perseguido pela Botânica Sistemática (SOUZA; LORENZI, 2005). As estruturas reprodutivas das plantas sofrem relativamente menos alterações com as modificações ambientais que as estruturas vegetativas e, portanto, são tradicionalmente utilizadas na elaboração dos sistemas de classificação. Também a possibilidade de uma maior diversidade de combinação entre suas diferentes partes constituintes faz com que as flores e os frutos sejam preferidos quando da classificação de uma planta (LAWRENCE, 1951). É por essas razões que a maioria dos instrumentos empregados na identificação de materiais botânicos está baseada nas diferenças e semelhanças entre as suas estruturas reprodutivas.

Ocorre que, quando se trabalha com árvores, algumas adaptações precisam ser observadas. A obtenção de flores é um trabalho muitas vezes bastante difícil, já que a maioria das espécies de árvores floresce somente uma vez por ano, e muitas não florescem todos os anos. Além disso, existem ainda problemas de ordem física, em que a altura das árvores, o tamanho diminuto das flores e sua localização em ramos de difícil acesso transformam a coleta de material botânico reprodutivo em um processo trabalhoso. Todas essas dificuldades induzem à busca por características vegetativas mais acessíveis para alcançar o reconhecimento.

Esse recurso não é de exclusividade dos cientistas, haja vista que homens do campo (mateiros), assim como os dendrólogos, valem-se do cheiro e sabor da folhagem e das características dos troncos e das folhas para diferenciar uma espécie de outra. Partindo desse princípio, a parceria com mateiros experientes auxilia sobremaneira os estudos científicos dos dendrólogos (RAMALHO, 1975). Deve-se ter sempre em mente, porém, que as características vegetativas das plantas podem sofrer alterações significativas em função das condições fisiológicas internas à planta e de fatores ambientais.

Dentre os fatores de origem fisiológica, destacam-se as modificações fenológicas, como a queda de folhas no final do período de crescimento, que podem modificar certas características, como a quantidade e a velocidade do fluxo de exsudatos. No decorrer de sua vida, a árvore também pode apresentar modificações profundas na aparência externa da casca do tronco, podendo passar, por exemplo, de lisa, quando jovem, a fissurada, quando adulta.

Quanto aos fatores ambientais mais significativos, destacam-se os topográficos, climáticos, edáficos e bióticos. A maior ou menor quantidade de umidade no ambiente (fator climático) em que vive uma árvore pode afetar características como a espessura e o aspecto geral da casca no tronco. As folhas também podem sofrer variações significativas em seu tamanho, forma e coloração. Dos fatores edáficos, as árvores podem sofrer influência quando crescem em solos muito pobres em nutrientes, gerando um desenvolvimento raquítico e aparência típica na casca no tronco.

Como exemplo de fatores bióticos, cita-se a ação de insetos ou microrganismos nas folhas, casca e ramos, que podem modificar a aparência desses órgãos. Cipós, epífitas e parasitas, pelo seu próprio hábito de crescimento, também podem alterar a forma do tronco ou gerar sinais ou cicatrizes na casca.

Para diminuir as possibilidades de erros, é interessante procurar abranger a maior diversidade temporal e espacial possível de ocorrência da espécie em estudo. Assim, é interessante coletar as informações sobre a espécie em várias épocas do ano e de indivíduos ocorrentes em diferentes regiões ou posições topográficas.

Como citado anteriormente, a Botânica Sistemática procura distinguir as plantas e colocá-las dentro de um sistema de classificação que trata do arranjo botânico destas em grupos taxonômicos (*taxa*), tais como espécie, gênero, família, entre outros, de acordo com suas similaridades, em especial suas relações filogenéticas. Posto isso, é preciso diferenciar claramente o conceito de *identificação* do conceito de *reconhecimento*. *Identificação* é a determinação do nome científico da planta previamente classificada, realizada normalmente através do uso de chaves, descrições de literatura especializada e comparações com ilustrações e amostras de herbários (RAMALHO, 1975).

A maioria dos gêneros e famílias botânicas exibe características macroscópicas de seus órgãos vegetativos que são comuns à totalidade ou boa parte de suas espécies. Com base nessa informação, é possível imaginar que uma pessoa experiente no trato com as plantas possa perceber rapidamente tais características e *reconhecer* um espécime como pertencente a um determinado grupo taxonômico. Essa capacidade de reconhecimento só pode ser adquirida pela experiência ao longo do tempo. O reconhecimento de uma determinada planta abrevia sobremaneira o tempo necessário para identificá-la (RAMALHO, 1975).

Então, com base no exposto, conclui-se que o dendrólogo trabalha prioritariamente com o reconhecimento de essências arbóreas mediante a observação inicial do material vegetativo disponível. Isso em função das dificuldades levantadas para a obtenção de material reprodutivo e em razão da necessidade frequente de chegar ao nome científico de uma planta de forma rápida, se possível ainda no campo. No entanto, o dendrólogo tem, por obrigação, que dominar as regras e mecanismos formais e científicos que regem a Taxonomia Botânica.

4. Nomenclatura

A Nomenclatura diz respeito ao emprego do nome correto das plantas de acordo com um sistema que compreende um conjunto de princípios, regras e recomendações aprovadas em congressos internacionais de Botânica e publicados em um texto oficial (MARCHIORI, 1995). O uso de nomes de uma maneira organizada permite que as plantas possam ser classificadas de vários modos. Partindo do pressuposto de que os indivíduos mantêm diferentes graus de semelhanças entre si, grupos determinados podem ser formados e classificados.

Em todas as nações, dão-se nomes às plantas na língua correspondente, e esses nomes são transmitidos de geração para geração. Um nome comum, ou vulgar, pode ser razoavelmente definido se a planta em questão não encerra similaridade com outras plantas, por exemplo, “sassafrás” [*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer.], ou indefinido, quando aplicado a plantas que possuem muitas espécies similares em um grupo, por exemplo, “canelas”. Um nome comum pode designar uma espécie no sentido botânico e às vezes pode incluir todo um gênero, como no caso do pinheiro (*Pinus* spp.).

O nome comum pode ser perfeitamente utilizado como a forma de distinguir uma árvore, especialmente quando define alguma característica da planta, e por ser facilmente assimilado, inclusive por leigos. Na maioria dos casos, a exatidão aproximada do nome, como “pinheiro”, é suficiente para o propósito desejado. Se uma particularidade é requerida, um adjetivo pode ser acrescentado, como “pinheiro-do-paraná”.

O nome comum pode ser um bom indício para chegar de maneira mais rápida ao nome científico da planta. O uso somente do nome comum, porém, tem certos inconvenientes: pode ser totalmente impróprio em função de não manter qualquer relação aparente com a planta representada, é restrito a uma língua ou a determinadas regiões de um país, além de não ser oficialmente regulamentado. Em países grandes, uma planta pode ser chamada por diferentes nomes, e, por outro lado, o mesmo nome pode ser aplicado a diferentes plantas. Se alguma pessoa ou comunidade desejar adotar um novo nome para uma planta, nada existe para parar isso, e a confusão é aumentada (RAMALHO, 1975).

A ciência tem regras para dar nomes às plantas, então o uso de nomes científicos é imprescindível, dada a confusão que normalmente ocorre com nomes comuns. Essa confusão provocou a necessidade de encontrar um sistema universal que pudesse ser usado em qualquer

país. Para tanto, foi desenvolvido um sistema em que se utilizam nomes latinos, em razão de o latim ser uma língua extinta, o que garante a imutabilidade da sua estrutura.

Os nomes científicos estão em uso desde meados do século XVIII, quando Linnaeus, o naturalista sueco, publicou “Species Plantarum”. Os seguidores de Linnaeus aperfeiçoaram o sistema, utilizando apenas uma designação específica composta de uma única palavra para cada planta distinta, procedendo ao nome genérico. Dessa forma, a combinação do nome genérico seguido pelo trivial deu origem à chamada “nomenclatura binomial”. Esse sistema passou por aperfeiçoamentos ao longo do tempo no que diz respeito aos detalhes que devem ser seguidos para a nomeação de uma nova espécie, mas manteve sua essência (MARCHIORI, 1995). Regras rigorosas são hoje governadas por um Código Internacional de Nomenclatura Botânica (McNEIL et al., 2006) e são seguidas por estudiosos da botânica de qualquer país.

A designação completa para uma planta consiste de três partes: um nome genérico, um nome específico e o nome do autor, ou seja, da pessoa ou pessoas responsáveis pela publicação original da planta descrita. Assim, no nome científico *Melanoxylon brauna* Schott, *Melanoxylon* é o gênero ou nome genérico, *brauna* é o nome específico, e Schott é o autor que nomeou e descreveu a espécie.

Os nomes genéricos sempre vêm em primeiro e iniciam obrigatoriamente com letra maiúscula, mantendo as demais letras minúsculas, assim como os nomes específicos, escritos na íntegra com letras minúsculas, salvo alguns casos excepcionais. Os nomes científicos são sempre escritos de forma ou tipo diferente ao do restante do texto, sendo comum o uso do itálico, negrito ou sublinhado. Os nomes dos autores aparecem escritos como as demais palavras do texto. Na prática, o nome dos autores é omitido, exceto em trabalhos científicos, ocasião em que devem ser mencionados pelo menos na primeira vez em que a citação da espécie se der no texto. Dessa forma, eliminam-se dúvidas e dá-se conhecimento da identidade do autor do binômio. Uma vez denominada uma espécie, outra não pode ser designada pelo mesmo nome científico.

Muitos dos nomes científicos mais antigos têm origem grega, mas foram latinizados para se adequarem à regra. Atualmente, são todos latinos ou latinizados a partir de outras línguas. Os antigos nomes gregos e os latinos são, muitas vezes, nomes comuns nessas línguas, como *Quercus*, que denomina os carvalhos. Frequentemente, o nome genérico homenageia uma pessoa, como em *Linnaea*, que faz referência a Carolus

Linnaeus ou Carl Linné, como também é citado na literatura. O nome específico geralmente é um termo qualificativo que traz a possibilidade de distinguir uma unidade da outra, dentro de um determinado gênero.

O nome botânico é usado essencialmente para criar uma homogeneidade na linguagem científica mundial. O fato de o nome científico ser único em qualquer país permite o levantamento mais fácil de toda a informação acumulada sobre determinada espécie.

Em estudos sobre Arborização Urbana no Brasil, ainda é comum a dificuldade de muitos profissionais em identificar corretamente as plantas com que está trabalhando. Muitos inventários são perdidos ou diminuídos em seu valor, em razão da não identificação científica das árvores levantadas. Um inventário da arborização de uma cidade objetiva a caracterização e a avaliação da real condição da arborização, de forma a garantir os benefícios pretendidos com sua implantação. O nome científico da planta é a base do estudo; se os nomes das plantas não são plenamente corretos, os dados coletados não refletem os devidos valores.

Laudos técnicos em processos de licenciamento ambiental ou documentos relativos ao manejo da arborização podem ser facilmente contestados se somente nomes comuns forem utilizados na sua confecção. O uso dos nomes científicos dá respaldo técnico e legal aos documentos.

5. Terminologia Botânica Aplicada às Espécies Arbóreas

A árvore, como qualquer outro vegetal, é descrita com a mesma terminologia botânica. Assim, toda a descrição técnica referente às flores, frutos e folhas segue as mesmas regras botânicas gerais. A diferença começa a aparecer quando da constatação de que a árvore tem toda uma estrutura particular. Quem procura identificar uma árvore deve se basear, principalmente, nessas particularidades para tentar chegar ao reconhecimento rápido e relativamente seguro da espécie. Este capítulo procura conceituar de maneira detalhada cada uma das partes constituintes de uma árvore, assim como determinar o que e como descrever cada uma dessas partes.

5.1. Conceito de árvore. A definição de árvore exige proceder a uma análise dos fatores que diferenciam esta dos demais grupos de plantas. O primeiro quesito se baseia no maior porte desse tipo de planta, referindo-se à sua altura e ao diâmetro do tronco à altura do peito (DAP). Um avanço desse conceito considera o fato de a árvore, como planta lenhosa, diferenciar-se de muitas herbáceas pela sua longevidade, ou seja, as plantas lenhosas vivem por períodos que ultrapassam um ano, longevidade máxima de muitas herbáceas. Outra característica atribuída às árvores é o crescimento lateral do caule (engrossamento) promovido pelo câmbio.

Resta a diferenciação com relação aos arbustos, que são plantas que podem ser lenhosas, ter ciclos de vida mais longos e crescimento lateral do caule promovido pelo câmbio. Nesse instante, adiciona-se mais uma propriedade ao conceito, aquela que se refere à distinção clara de um fuste, na maioria das vezes indiviso, e uma copa (Figura 1).

Dessa forma, é possível chegar a um conceito mais amplo, que envolva tudo aquilo que foi levantado anteriormente. Entende-se por árvore, então, *todo aquele vegetal lenhoso, com fuste e copa bem definidos, e que, em termos de porte, atinge no mínimo 5 m (cinco metros) de altura e 5 cm (cinco centímetros) de diâmetro à altura do peito, tem ciclo de vida prolongado por vários anos e crescimento lateral do caule promovido pelo câmbio.*

Em Arborização Urbana, algumas espécies arbustivas são comumente utilizadas como arvoretas, sendo conduzidas à revelia de sua formação original (Figura 2). Outras têm características de árvore, embora não atendam a todos os requisitos conceituais como, por exemplo, muitas palmáceas, musáceas e cicadáceas (Figura 3). Essas plantas

podem ser vistas como elementos da Arborização Urbana e incluídas nas práticas legais e de manejo? A resposta a essa pergunta deve considerar a situação específica do local de estudo, manejo ou gestão. Em muitas cidades brasileiras, o somatório dessas espécies utilizadas como elementos da sua cobertura vegetal não pode ser desprezado. Algumas

Figura 1 - Exemplos de uma planta herbácea (à esquerda), uma planta arbustiva (ao centro) e uma árvore (à direita).



Figura 2 - Exemplos de espécies originalmente arbustivas conduzidas artificialmente para serem utilizadas como arvoretas na Arborização Urbana.





Figura 3 - Exemplo de palmácea (à esquerda), cicadácea (ao centro) e musácea (à direita), utilizadas na composição da cobertura vegetal de cidades.

estão entre as mais encontradas na “arborização” das cidades, como a murta – *Murraya paniculata* (L.) Jack e o resedá – *Lagerstroemia indica* L.

O importante a considerar é que, se essas plantas forem entendidas como elementos da arborização, todo o manejo legal deve assim ser entendido, ou seja, a aplicação de dispositivos legais associados ao manejo da arborização, tais como licenças para supressão ou poda, aceite em plantios de compensação ambiental ou “baixa e habite-se”, devem ser considerados. Em caso contrário, se não fazem parte da arborização, essas plantas nem mesmo estariam submetidas à obrigatoriedade do manejo por parte do Poder Público.

5.2. Morfologia da árvore. As essências florestais apresentam em geral dois tipos morfológicos. O primeiro é a *forma específica*, quando crescem livremente, com boa disponibilidade de meio e sem a concorrência de outras plantas. A árvore com essa forma apresenta, na maior parte das vezes, o tronco cônico e os galhos bifurcados abundantemente e frequentemente grossos. A forma específica é típica de cada espécie e está relacionada à sua expressão gênica.

O outro tipo de forma é a *florestal*, que ocorre quando a árvore cresce em concorrência por fatores ambientais (espaço, luz, etc.) no ambiente florestal. Em geral, cresce no sentido do alongamento, há queda dos ramos laterais, os troncos são mais altos e cilíndricos, e as copas são mais reduzidas e concentradas (Figura 4).

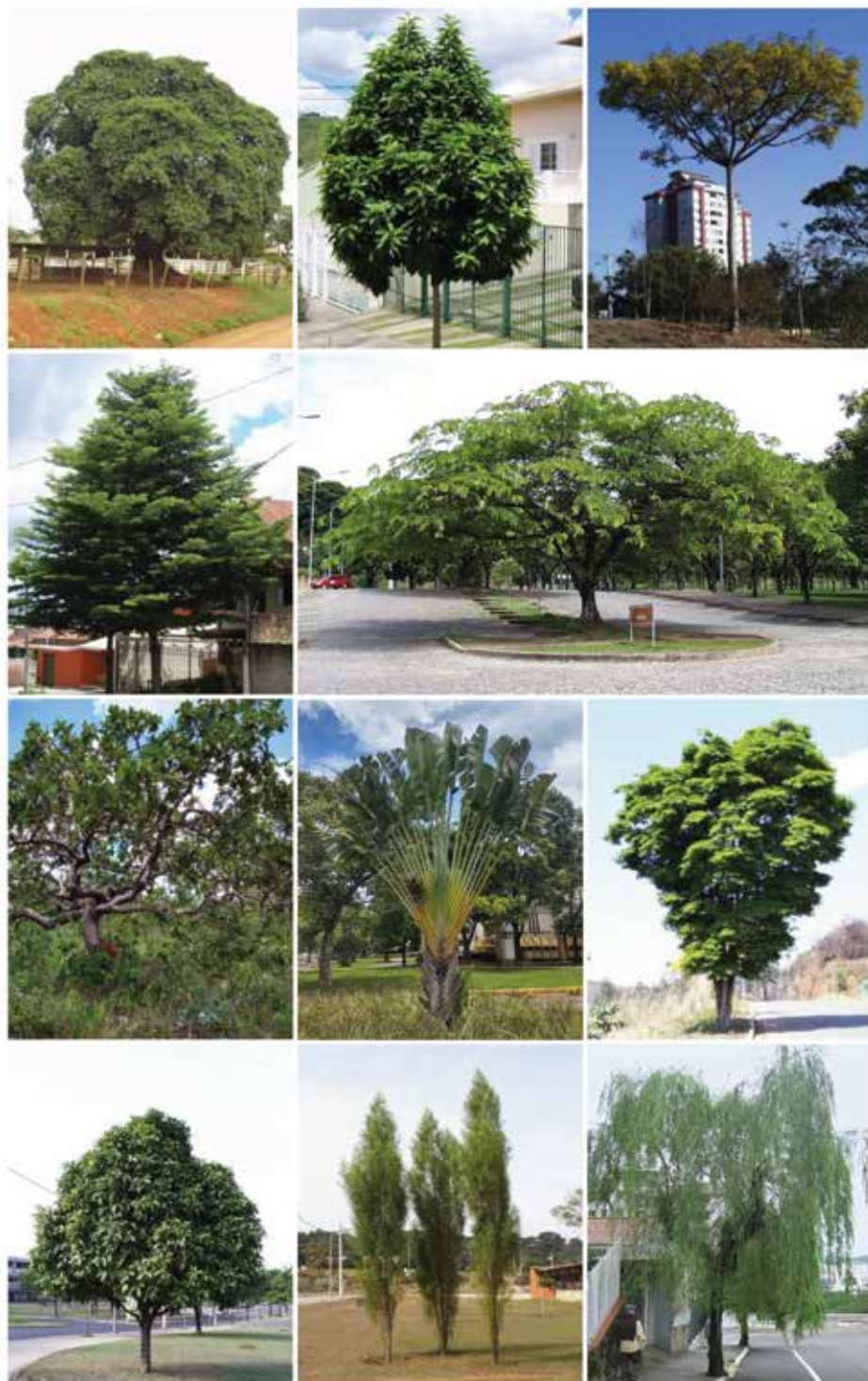
Deve-se ter em mente que o meio ambiente influi de maneira direta na morfologia da árvore e, por vezes, dificulta essa observação, uma vez que a mesma espécie pode apresentar diversas formas de acordo com a associação florística e o hábitat no qual se encontra.



Figura 4 - Diferentes morfologias da árvore, específica (à esquerda) e florestal (à direita).

Tipos de forma específica. As formas específicas podem ser consideradas em termos da árvore como um todo (fuste e copa) ou, mais frequentemente, somente com relação ao formato da copa, em: a) *capitata esférica, esférica* ou *globular*: possui fuste bem definido e copa arredondada ou esférica; b) *capitata ovoide* ou *ovoide*: copa em forma de ovo ou ovalada; c) *umbeliforme*: os galhos tendem a formar um arco, gerando uma copa com forma de guarda-chuva; d) *corimbiforme*: com forma de taça – normalmente têm copa estratificada, com as folhas mais próximas dos terminais dos galhos; e) *tortuosa*: árvores tortas, irregulares, comuns em espécies do cerrado – essa forma é definida basicamente pela conformação do fuste; f) *cônica* ou *piramidal*: a árvore apresenta-se em forma típica de um cone, a largura é maior próximo à base e diminui para o ápice da árvore – é forma comum entre as coníferas; g) *forma de vaso*: com a forma de um cone invertido; h) *cilíndrica, coluniforme* ou *colunar*: a altura da planta é bem maior que a largura, sendo esta uniforme; i) *pendente* ou *chorão*: os galhos principais da planta são verticalmente orientados e capazes de suportar sua altura, mas os galhos finos têm pouca força estrutural e pendem livremente para baixo; j) *leque* ou *flabeliforme*: em forma de leque; k) *tipo sino*: forma campanular ou como um sino; l) *informal* ou *irregular*: sem uma forma geométrica definida (Figura 5).

Figura 5 - Exemplos de diferentes tipos de forma específica (de cima, à esquerda, para baixo, à direita): esférica; ovoide; corimbiforme; cônica; umbeliforme; tor-tuosa; leque; vaso; sino; cilíndrica; pendente.



A forma específica é fator preponderante na escolha de uma espécie para uso na Arborização Urbana. As características apresentadas pela espécie indicam de que forma ela seria melhor aproveitada no projeto paisagístico ou, ao contrário, onde esta não poderia ser utilizada de forma alguma, sob risco de provocar sérios problemas no futuro.

Espécies de hábito colunar ou com crescimento preponderantemente num único eixo vertical não são viáveis para uso sob redes de transmissão de serviços, pois tenderão ao conflito no curto espaço de tempo, sem a possibilidade de uma condução adequada por poda. Porém, espécies com essas características podem ser perfeitamente utilizadas em locais em que o espaço lateral é restrito, como entre edificações, por exemplo (Figura 6).



Figura 6 - Exemplos mostrando espécie de hábito com crescimento preponderantemente num único eixo vertical, pouco viável para uso sob rede de transmissão de serviços (acima), e de espécie com hábito de crescimento semelhante, mas com uso possível entre edificações (à esquerda).

5.3. Fuste. Fuste, tronco ou caule é a parte da árvore compreendida entre o solo e a inserção das primeiras ramificações que formam a copa.

Tipos de fustes quanto à forma. Entende-se por forma os limites exteriores do fuste, que lhe conferem uma configuração e aspecto longitudinal particular. Os tipos podem ser classificados em: a) *cilíndrico*: quando não se estreita consideravelmente da base para o ápice – tem quase o mesmo diâmetro em toda sua extensão, sendo geralmente a forma mais comum; b) *abaulado*: quando o diâmetro na base do fuste é menor que o diâmetro na sua porção central; c) *cônico*: quando vai se estreitando consideravelmente para cima, ou seja, o diâmetro basal é sensivelmente maior que o diâmetro apical; d) *entrelaçado*: característico de árvores que iniciam seu crescimento como hemiepífitas, hábito comum dentre espécies do gênero *Ficus* L. Sua formação se dá a partir de um emaranhado de raízes entrelaçadas, que cobrem o fuste de outra planta que lhe serve de suporte. Mais tarde, a planta hospedeira morre

Figura 7 - Exemplos de diferentes tipos de fustes quanto à forma (de cima para baixo, da esquerda para a direita): cilíndrico, cônico, abaulado, entrelaçado, irregular.



e se degrada, transformando o emaranhado de raízes da planta invasora em um único fuste; e) *irregular*: quando os limites exteriores do tronco não apresentam uma forma geométrica bem definida (Figura 7).

Tipos de fustes quanto à posição. a) *reto*: quando se desenvolve segundo uma só direção perpendicular ao plano do solo; b) *tortuoso* ou *curvo*: quando não obedece a retidão caracterizada pela forma anterior; c) *inclinado*: desenvolve-se obliquamente ao plano do solo (Figura 8). A inclinação pode ser suave ($<15^\circ$), mediana (entre 15° e 30°) e acentuada ($>30^\circ$).



Figura 8 - Exemplos de diferentes fustes quanto à posição: reto, irregular e inclinado.



O conhecimento da inclinação natural de uma determinada espécie, tal como a *Araucaria columnaris* (J. R. Forst.) Hook., permite entender que uma forte inclinação do tronco não significa, necessariamente, que a árvore esteja sob risco de tombamento ou queda, mas sim que essa é uma situação normal que não justifica uma intervenção no espécime. Por outro lado, espécies que normalmente apresentam tronco reto, mas se encontram inclinadas, podem indicar sinais de risco (Figura 9). Essas informações são extremamente úteis quando da avaliação de riscos associados às árvores na Arborização Urbana.

Tipos de fustes quanto à seção transversal. Seção transversal é a forma geométrica definida pelos limites do fuste a partir de um corte perpendicular imaginário no seu comprimento (Figura 10). Pode ser distinta em: a) *circular*: com forma aproximada de um círculo; b) *elíptico*: com forma elíptica; c) *arestado*: com emissões agudas em sentido longitudinal, resultantes do encontro de duas faces; d) *canaliculado, acanalado* ou *com caneluras*: é aquele que possui sulcos longitudinais profundos e, num plano transversal, toma a forma estrelada ou lobulada; e) *com aletas*: variação do tipo anterior, quando as caneluras não são profundas, resultando em quinas com formas de raízes tabulares; f) *escavado*: quando se verificam depressões no tronco, lembrando covas; g) *irregular*: aquele que em seção transversal possui deformações aparentes que dificultam a caracterização de sua forma geométrica básica.

Terminologia referente à base do fuste. Base do fuste é o aspecto que apresenta a porção inferior do fuste, logo acima do solo ou na região do coleto. Pode ser caracterizada como: a) *com raízes superficiais*: raízes que se desenvolvem superficialmente ao solo, descobertas, em sentido radial; b) *normal* ou *reta*: quando o fuste se desenvolve normalmente, sem apresentar nenhum reforço ou saliência proeminente em sua base. Em projeção, apresenta-se em linha reta; c) *dilatada*: o fuste, de maneira aproximadamente uniforme, apresenta um aumento de diâmetro na base; d) *com garras*: base do fuste com projeções várias que lembram grosseiramente dedos; e) *com raízes fúlcreas* ou *suportes*: comuns em espécies típicas de mangue, apresentam-se como um emaranhado de raízes suspensas acima do solo; f) *contrafortes, veias* ou *sapopemas*: quando a base é formada por raízes tabulares muito proeminentes e rígidas, radialmente dispostas desde a base e que podem atingir até vários metros acima do nível do solo (Figura 11).



Figura 9 - Inclinação normal à espécie *Araucaria columnaris* (J. R. Forst.) Hook. (à esquerda) e inclinação anormal à espécie *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. (ao centro), com detalhes de sinais que indicam sua inclinação irregular – galhos forçando a fiação (acima) e piso danificado pela movimentação da árvore (abaixo).



Figura 10 - Exemplos de fustes quanto à seção transversal, mostrando diferentes formas geométricas (de cima para baixo, da esquerda para a direita): circular; acanalado; elíptico; irregular.



Figura 11 - Exemplos de diferentes tipos de fuste quanto à base (de cima para baixo, da esquerda para a direita): com raízes superficiais, normal, dilatada, com garras, com raízes fúlcreas, contrafortes.



Figura 12 - Relação da base do fuste das árvores com as características das calçadas que a abrigam. Acima, à esquerda, danos ao piso provocado pelas raízes superficiais, típicas da espécie; acima, ao centro, adequação do piso às características da espécie; acima, à direita, corte das raízes como tentativa de eliminação do conflito. Abaixo, situação normal da base do fuste, à esquerda, e colo enterrado, à direita.

Assim como a forma específica, a base do tronco é fator preponderante na escolha de uma espécie para uso na Arborização Urbana. As características apresentadas pela espécie indicam principalmente onde esta não poderia ser utilizada ou indicam se algum erro de manejo está estabelecido. Espécies com raízes superficiais, agressivas, certamente provocariam danos aos pisos pavimentados. Dessa forma, sua utilização é indicada somente para áreas com grandes espaços permeáveis disponíveis. Essa situação leva, frequentemente, ao corte da raiz para eliminar o conflito, prática não desejável em razão do risco de instabilidade a que a árvore pode se submeter. O conhecimento da base do tronco de uma determinada espécie permite, ainda, constatar se houve o aterramento do colo, situação que pode caracterizar um dano irreversível à árvore, podendo levá-la à morte (Figura 12).

5.4. Casca ou córtice. Apesar do uso corrente do termo *casca* entre aqueles que trabalham com descrições de árvores, essa é uma denominação não técnica daquele órgão vegetal. O termo mais apropriado seria *córtice*, mas na prática o uso de *casca* está consolidado de tal forma que sua utilização não implica maiores problemas.

Casca compreende a camada de revestimento do caule dos vegetais, que para espécies arbóreas é formada por todos os tecidos exteriores à zona cambial. Em árvores mais velhas, a casca se divide, em termos práticos, em *casca viva* (interna) e *casca morta* ou *ritidoma* (externa), de acordo com o período de atividade dos tecidos que a compõem.

O corte transversal de um tronco permite observar as várias camadas que compõem essa estrutura. De uma forma bastante simplificada, é possível a distinção, partindo do interior ou centro, para o exterior ou periferia, observa-se o cerne, o alburno e a casca (Figura 13). O *alburno* é a camada geralmente mais clara do cilindro central, constituída por tecidos vivos e mortos. *Cerne* é a camada mais interna do cilindro central, geralmente mais escura, constituída de tecido morto. O escurecimento se deve à obliteração dos canais que formam o cerne, particularmente vasos, principalmente com substâncias tanantes. Na maioria das espécies, o alburno é perfeitamente diferenciado do cerne, mas em certos casos ambos podem apresentar-se visualmente bastante semelhantes entre si.

Distinguindo-se as camadas que formam a casca, tem-se imediatamente ao alburno o *câmbio*, tecido vivo e delgado, a partir do qual é gerado o crescimento lateral do tronco da árvore. A divisão das células cambiais produz madeira ou xilema secundário (o somatório do alburno e cerne) para o interior do caule, e a casca viva ou floema secundário para o exterior. Contígua ao câmbio, em sua superfície externa, se encontra a *casca interna*, constituída por uma camada de tecidos vivos, geralmente de cor clara e de espessura variável, a qual está delimitada para o exterior pela *casca externa*, tecido morto de cor geralmente mais escura.



Figura 13 - Esquema mostrando a seção transversal de um fuste, com a localização aproximada das partes típicas: casca morta; câmbio; casca viva; alburno; cerne.

Ritidoma ou casca morta. É o conjunto de tecidos mortos associados à proteção dos tecidos vivos contra danos mecânicos, fogo e variação térmica do ambiente, originados durante o engrossamento do fuste, que se desprende da planta em partículas ou porções, numa periodicidade e modo de liberação típicos de cada espécie ou grupo de vegetais. Como o caule engrossa continuamente durante a vida da árvore, o ritidoma na maioria das vezes rompe-se por não poder acompanhar tal espessamento.

A forma como ele se desprende da árvore e é liberado ao ambiente também constitui fator de identificação da espécie. A sua caracterização se dá mediante análise dos fatores que se seguem:

- **Coloração:** é o efeito produzido pelas cores no ambiente, descrita de forma a possibilitar certa amplitude de tonalidades dentro de uma cor. Exemplo: avermelhada, acinzentada, acastanhada, etc.

- **Resistência:** é a reação a uma força externa empregada: *frágil*, quando se fragmenta ao tato ou com emprego de força manual moderada; *rija*, quando os tecidos são fortemente aderentes entre si, não fracionando com emprego de força manual.

- **Aspecto:** é a aparência ou modo com que o ritidoma se apresenta aos olhos ou à observação: *fosco*: sem brilho; *lustroso*: com brilho; *liso*: quando a superfície não apresenta projeções, e a descamação é inconspícua, numa distância de observação de um a dois metros; *áspero*: quando apresenta irregularidades minúsculas na superfície, dando a impressão nítida que, se tocada com as mãos, transmitirá um sentido de aspereza; *reticulado*: quando ocorre fendilhamento vertical e/ou horizontal, com formação de peças de formato e tamanho característicos, dando a aparência de um reticulado ao ritidoma; *rugoso*: quando a superfície apresenta dobras em sentido longitudinal ou transversal, tornando-se acidentada; *estriado*: quando apresenta faixas superficiais de coloração distinta; *cristado*: quando provido de cristas ou proeminências retilíneas na superfície; *verrucoso*: quando a superfície apresenta saliências convexas, muitas vezes representadas por lenticelas; *escamoso*: quando constituído de escamas, isto é, placas que revestem o caule, as quais mantêm uma região de inserção (basal, central ou apical), deixando livres partes da placa, em geral voltadas para o exterior, o que caracteriza uma escama; *laminado*: quando se apresenta sob forma de lâminas, ou seja, peças delgadas de diversas conformações; *com ór-*

gãos pungentes: quando apresenta estruturas pontiagudas sob a forma de acúleos (emergências rígidas e pungentes, sem sistema vascular, facilmente destacáveis do ritidoma) ou espinhos (emergências rígidas e pungentes, com sistema vascular, originadas de tecidos mais internos, não facilmente destacáveis); *com cicatrizes*: quando exhibe impressões que são deixadas pela queda de órgãos ou pela deiscência do próprio ritidoma; *casca com lenticelas*: pequenos poros ou papilas presentes na casca do ramo ou fuste, relacionados à troca gasosa entre a planta e o ambiente. Podem mostrar-se salientes, quando sobrepostas ao ritidoma, e dissimuladas, quando pouco notáveis ou mascaradas devido à forma de desprendimento do ritidoma e/ou ao seu tamanho diminuto; *com arestas*: refere-se à presença de arestas, que são um tipo particular de cicatriz, que se apresenta como altos-relevos alongados, aproximadamente lineares, existentes na casca de certas espécies; *com protuberâncias*: refere-se à presença de proeminências mais ou menos arredondadas, de dimensões variáveis; *acanalado*: casca indeiscente, que apresenta ca-

Figura 14 - Exemplos de diferentes tipos de aspectos do ritidoma (de cima para baixo, da esquerda para a direita): liso; reticulado; áspero; rugoso; estriado; cristado.



nais verticais contínuos, arredondados no fundo e com o lombo também arredondado; *com depressões*: refere-se à presença de depressões pouco profundas, na maioria dos casos são cicatrizes de placas ou pedaços de casca. A presença de depressões na casca é considerada sob os seguintes aspectos: *forma*: podem ser circulares ou lenticulares (lente biconvexa); *disposição*: podem ser horizontais, verticais ou anulares (horizontais que rodeiam quase completamente o fuste) (Figuras 14 e 15).

Os órgãos pungentes são caracterizados quanto à: *abundância*: se numerosos ou poucos; *distribuição*: se solitários ou agrupados, sendo conveniente, nesse caso, definir o tipo de grupamento quando possível; *forma*: variável, sendo as mais comuns a cônica, a mameliforme e a linear (Figura 16).

As cicatrizes são caracterizadas quanto à: *estrutura originária*: a cicatriz provém da queda de uma folha, de um acúleo, de um galho, ou pela liberação de parte do ritidoma; *disposição*: podem ser arranjadas de forma anelar, espiralada, dispersas ou irregularmente agrupadas; *forma*: é descrita quando bem definida, auxiliando na caracterização do vegetal. Ex: circular, elíptica, etc. (Figura 17).

Figura 15 - Exemplos de diferentes tipos de aspectos do ritidoma (de cima para baixo, da esquerda para a direita): verrucoso; laminado; com arestas; com protuberâncias; acanalado; com depressões.



Quando presentes, as lenticelas são consideradas sob os seguintes aspectos: *forma*: indicando se são elípticas, circulares ou lineares; *dimensões*: o tamanho muitas vezes pode ser significativo na descrição. É medida através do comprimento ou largura, sendo consideradas: *pequenas*, quando menores ou iguais a 3 mm; *medianas*, de 3 a 6 mm; e *grandes*, quando maiores que 6 mm; *abundância ou quantidade*: determinada pela contagem do número de lenticelas presentes em uma área de 9 cm². É possível considerá-las: *escassas*, quando em número de 1 a 3; *número mediano*, quando de 4 a 10; e *numerosas*, quando em número superior a 10; *disposição*: em linhas horizontais ou verticais ou irregularmente reunidas, ou, ainda, espalhadas, dispersas irregularmente pela casca (Figura 18).

A presença de arestas é considerada sob os seguintes aspectos: *disposição*: podem ser encontradas as horizontais, verticais ou anulares (que rodeiam completamente o tronco, aparentemente são cicatrizes de estípulas terminais); *dimensões*: devem ser medidos comprimento e largura.

- **Rompimento da superfície**: é a alteração sofrida pelo ritidoma, resultante do engrossamento do tronco, aliada aos fatores ambientais. Pode ser distinto em: *estrias*: são faixas rasas de ruptura da superfície, que apresentam coloração distinta; *fissuras*: são aberturas cuja profundidade depende em geral da espécie e da idade do vegetal, além das condições ambientais e que normalmente apresentam o fundo menor que a abertura superficial, e sempre exteriorizam formas alveolares, de maior ou menor comprimento e largura; *fendas* ou *gretas*: são aberturas da superfície, que, em geral, mostram aproximadamente a mesma largura superficial e basal. Quando ocorrem nos dois sentidos, simultaneamente, formam reticulado característico (Figura 19).

- **Desprendimento ou deiscência**: é a liberação do ritidoma ao ambiente, característica de cada vegetal ou grupo de vegetais. Pode ser distinto em: *pulverulento*: um tipo de microdescamação, ocorrente em espécies que possuem o ritidoma persistente. É quando se desprende em partículas, sob a forma de pó; *em lâminas*: a liberação é através de peças delgadas, papiráceas, apresentando-se alongadas, circulares, retangulares ou irregulares; *em faixas*: se solta por meio de porções alongadas, estreitas, advindas da sobreposição de camadas; *exfoliante*: em grandes placas em forma de folhas; *em fibras*: o desprendimento é através de estruturas filiformes, dispostas em feixes; *em placas*: desprendimento em porções espessas, resultantes da união de camadas estrutu-



Figura 16 - Exemplos de diferentes tipos de órgãos pungentes.



Figura 17 - Exemplos de diferentes tipos de cicatrizes na casca.



Figura 18 - Exemplos de diferentes tipos de lenticelas na casca.



Figura 19 - Exemplos de diferentes tipos de rompimento da superfície do ritidoma (da esquerda para a direita): estrias; fissuras; gretas.

rais sucessivas, que podem ser rijas ou frágeis, e cujo desligamento se realiza através de porções aproximadamente circulares, retangulares ou irregulares (Figura 20).

Caracterização da casca viva. Casca viva ou casca interna é o conjunto de tecidos vivos da casca, representado pelo floema ativo e pela zona cambial. Pode ser caracterizada quanto a: sua coloração, odor, sabor, tipicidade de sua zona cambial, sua superfície externa e oxidação, além de sua espessura.

- **Coloração:** é o efeito produzido pelas cores no ambiente, descrito adjetivamente, possibilitando certa amplitude de tonalidades dentro de uma cor. A cor na casca interna costuma ser bastante constante, apresentando-se sob as mais variadas tonalidades, de acordo com as diferentes espécies. Por não sofrer influência do meio ambiente, serve como elemento de caracterização bastante rigoroso.

- **Odor:** é a impressão produzida no olfato pelas emanções voláteis de determinadas substâncias. Pode ser forte ou suave, aromático ou não. A espécie pode ainda não exalar quaisquer odores. Muitas plantas



Figura 20 - Exemplos de diferentes tipos de desprendimento do ritidoma (da esquerda para a direita): em lâminas, em faixas, exfoliante, em placas.



possuem odores característicos oriundos não somente da casca viva, mas também das folhas ou ramos quando estes são macerados. Em geral, é característica de valor subjetivo, de difícil descrição; entretanto, pode ser bem típico, como ocorre com o pau-d'alho [*Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms], que possui cheiro forte de alho. As Lauraceae também são, na maioria das vezes, facilmente distinguidas pelo cheiro.

- Sabor: também é subjetiva a análise, entretanto característico de certos grupos, como as Simarubaceae, cuja maioria das espécies contém um princípio amargo.

- Zona cambial: é a região de separação entre a casca e o alburno, caracterizada por: *distinção*: pode apresentar-se evidente, quando de coloração diferenciada da casca viva propriamente dita, normalmente translúcida. Também pode ser dissimulada, quando não se distingue, por coloração, do restante da casca viva; *coloração*: pode ser descrita acompanhada de algumas peculiaridades: mosqueada, quando salpicada de pequenos pontos de coloração distinta do fundo; manchada, quando se mostra marcada por diferentes colorações; tracejada, quando apresenta traços; e uniforme, quando invariável em toda a superfície; *separabilidade*: se aderente ou não ao alburno; *aspecto da superfície interna*: liso, quando suave ao tato; sinuoso, quando com ondulações; rugoso, quando apresenta dobras.

- Superfície externa: é a área que limita externamente a casca viva, em contato com o ritidoma. É descrita pela coloração e particularidades, essencialmente de aspecto (exemplo: lisa, rugosa).

- Espessura: pode ser considerada: *delgada*, quando menor que 5 mm; *mediana*, quando compreendida entre 5 e 10 mm; e *espessa*, quando maior que 10 mm.

- Oxidação: é o processo de combinação de uma substância com o oxigênio, ocasionando mudança de coloração dos tecidos. Pode ser: *rápida*, quando se efetua em tempo inferior a 30 segundos; *lenta*, quando oxida dentro do espaço de 30 segundos a 2 minutos; *tardia*, quando ocorre em tempo superior a 2 minutos; *imperceptível*, quando aparentemente não se observa mudança de coloração dos tecidos.

5.5. Exsudação

É o processo por meio do qual um líquido mais ou menos denso é segregado após lesão do vegetal. Deve-se levar em conta, quando se estuda a exsudação, que esta é variável com as condições ambientais, com as características fenológicas e com o porte e a idade da planta, especialmente no que se refere à velocidade de fluxo dos exsudatos. Para algumas espécies, a exsudação é bastante característica, servindo como um importante meio de identificação, como a forte coloração vermelha em tipuana [*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze] (Figura 21).

Aspectos considerados no estudo da exsudação. *Origem:* é a procedência do exsudato, podendo este derivar do alburno ou da casca viva; *coloração:* é o efeito produzido pelas cores no ambiente, descrito adjetivamente, possibilitando certa amplitude de tonalidades dentro de uma cor; *transparência:* distingue o exsudato em: *translúcido*, quando deixa passar a luz; e *opaco*, quando não é transparente, ou seja, não deixa passar a luz; *quantidade:* é observada em função da superfície da incisão no tronco (considerada: *escassa*, quando após alguns minutos a superfície da lesão apresenta gotículas em pontos esparsos; *mediana*, quando após alguns minutos a superfície da lesão fica gotejada pelo exsudato, não sendo, porém, totalmente tomada; *abundante*, quando após alguns minutos toda a superfície fica tomada pelo exsudato); *velocidade de fluxo:* é medida com um corte na casca viva, retirando-se o instrumento utilizado com o cuidado de não se separar a casca viva do tronco (considerada: *rápida*, quando ocorre em espaço de tempo inferior a 30 segundos; *me-*



Figura 21 - Detalhe da exsudação com coloração vermelha acentuada em tipuana [*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze].

diana, quando ocorre em espaço de tempo compreendido entre 30 segundos e 3 minutos; e *lenta*, quando ocorre em tempo superior a 3 minutos); *viscosidade*: é o grau de aderência das partículas que formam o exsudato (distinta em: *fluida*, quando o exsudato é fluente, escorre e se expande em forma líquida, apresentando normalmente rápida aparição; *pegajosa*, também se expande de forma líquida, mas é aderente, colante); *mudança de coloração com exposição ao ar*: pode ocorrer devido à oxidação, levando geralmente a um escurecimento.

Principais tipos de exsudatos. *Látex*: emulsão leitosa, geralmente caracterizada pela presença de hidrocarbonetos complexos, como o amido, uma substância de reserva. Possui coloração branca ou ocreácea, amarela e, raramente, vermelha. Pode estar presente na casca viva e também nas folhas e órgãos jovens; *resina* ou *goma*: substância translúcida, geralmente com odor característico. Em contato com o ar, os elementos voláteis evaporam e deixam um resíduo que oxida e se polimeriza, originando uma substância semissólida de aspecto vítreo (Figura 22).

Quando se tem o conhecimento de como se apresenta a casca morta e/ou a exsudação normal de uma determinada espécie, é possível fazer inferências quanto ao estado antagônico, ou seja, se algo de anormal está ocorrendo com determinado espécime. Muitos problemas associados ao ataque de pragas ou doenças, ou mesmo fatores abióticos, podem provocar a exsudação irregular ou alterações morfológicas no ritidoma. Se isso é observado, é possível que medidas corretivas devam ser tomadas o mais breve possível (Figura 23).

5.6. Copa. É a porção terminal da árvore em sua parte aérea, formada por galhos, ramos, flores e frutos. É toda a ramificação acima do fuste. O tamanho da copa, sua forma e a cor das folhas e flores são características que, em conjunto ou às vezes isoladamente, ajudam a identificar uma espécie mesmo a partir de distâncias consideráveis.

Tipos de copas quanto à divisão. *Simples*, *normal* ou *inteira*: quando a copa é formada de um só conjunto de folhagem, ou seja, forma um só corpo – é o tipo mais comum; *múltipla*: quando é formada por aglomerações foliares, notadamente nos extremos dos ramos e que possui uma distribuição espacial tal que essas aglomerações distinguem-se entre si; *estratificada*: quando possui aglomerações foliares em dois ou mais extratos, ou seja, quando é formada por subcopas distribuídas em andares diferentes (Figura 24).



Figura 22 - Exemplos de exsudação do tipo látex em *Hevea brasiliensis* L. (à esquerda) e do tipo resina ou goma em *Araucaria columnaris* (J. R. Forst.) Hook (à direita).



Figura 23 - Exemplos de anomalias relativas ao aspecto da casca morta e à exsudação. Acima, à esquerda, angico [*Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan] com a casca com características normais; acima, à direita, angico com cascas com características anormais. Abaixo, situações em que a exsudação foi originada do ataque de patógenos.

Tipos de copa quanto à densidade. *Densifoliada* ou *compacta*: é aquela em que as aglomerações foliares formam agrupamentos densos ou compactos, não permitindo uma visibilidade perfeita através de si; *paucifoliada* ou *transparente*: quando o conjunto das folhas não forma aglomerações densas e encontram-se distribuídas de maneira a permitir uma visibilidade quase total através da copa; *intermediária*: copa com densidade mediana ou intermediária entre as anteriores (Figura 25).

O conhecimento da densidade natural da copa de uma espécie permite inferir em usos possíveis na Arborização Urbana. Se o interesse for, por exemplo, escolher espécies para uso em estacionamentos, aquelas de folhagem densa devem ser priorizadas. Se o uso for para ambientes muito frios ou úmidos, talvez o uso de espécies paucifoliadas seja mais interessante, assim como em locais onde se deseje privilegiar a visão de uma paisagem específica, que não deva ser obstruída pela copa da árvore.



Figura 24 - Tipos de copa quanto à divisão, da esquerda para a direita: simples, múltipla, estratificada.



Figura 25 - Exemplos de diferentes tipos de copa quanto à densidade: densifoliada (à esquerda) e paucifoliada (à direita).

Ramificação da copa. Está relacionada à subdivisão do eixo caulinar principal em partes menores, das quais resultam os ramos de várias ordens, segundo o seu tamanho. A ramificação é principalmente influenciada pelo tipo de crescimento do broto dominante do caule (gema terminal). Pode ser distinta em monopódica ou simpódica (Figura 26).

Ramificação monopódica ou *racemosa*: quando a parte terminal do fuste cresce indefinidamente enquanto os ramos laterais são de desenvolvimento restrito. Assim, árvores desse tipo se mostram com um eixo principal bem definido e visível. Uma árvore com crescimento monopódico muitas vezes apresenta uma copa estratificada que é produzida de duas formas. Na primeira, o tronco e os ramos têm crescimento monopódico; na segunda forma, o tronco é monopódico, e os ramos, simpódicos.

Ramificação simpódica ou *cimosa*: ocorre quando o broto terminal do fuste apresenta crescimento limitado e, depois de um ou vários ciclos de crescimento, é substituído por um ou vários brotos auxiliares. A ramificação simpódica pode ser caracterizada como: *dicotômica*: quando o fuste bifurca em dois ramos principais, e estes, por sua vez, se desdobram em outros dois ramos, e assim sucessivamente; *tricotômica*: quando o fuste bifurca em três ramos, e estes, por sua vez, continuam a desdobrar-se em três (Figura 27); *irregular*: quando o fuste bifurca de maneira não uniforme.

Quando da seleção de espécies para uso sob redes de distribuição de serviços, a observação da forma de ramificação da copa é essencial. Dependendo da forma de crescimento do tronco e divisão dos ramos, é possível ou não a condução do espécime mediante podas menos agressivas, para permitir melhor convivência da árvore com a rede (Figura 28).

Esgalhamento da copa. Diz respeito à disposição do galho em relação ao eixo principal (fuste) da árvore. Distinto em: *alterno*: quando em cada ponto do fuste surge um único galho, em sentido oposto ao galho anterior; *decussado*: quando em cada ponto surgem dois galhos opostos, em sentido diferente dos galhos anteriores e posteriores; *espiralado*: quando os galhos se apresentam ordenados em sucessão helicoidal ao longo do fuste; *verticilado*: quando em um ponto do fuste surgem três ou mais galhos (Figura 29).



Figura 26 - Tipos de copa quanto à ramificação: monopódica (à esquerda) e simpódica (à direita).



Figura 27 - Detalhes da ramificação simpódica dicotômica (à esquerda) e simpódica tricotômica (à direita).

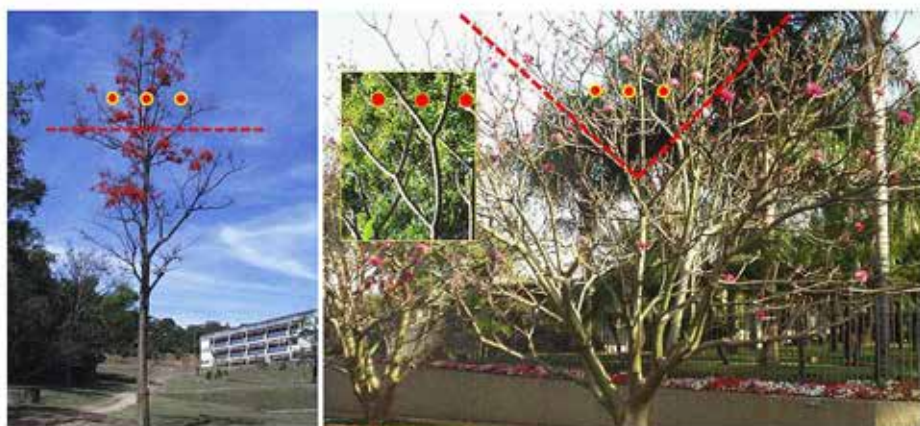


Figura 28 - Esquema mostrando a possibilidade de convivência, mediante poda, de árvores com diferentes tipos de ramificação: monopódica (à esquerda), simpódica (à direita). Os pontos em vermelho representam as linhas de transmissão de energia elétrica; as linhas tracejadas representam os locais onde seria necessária a poda para reduzir o conflito.



Figura 29 - Detalhes dos tipos mais comuns de esgalhamento: alternado (à esquerda) e verticilado (à direita).

5.7. Ramo. Entendidos como cada uma das divisões ou subdivisões do galho, os ramos podem ser um excelente meio de reconhecimento de árvores, principalmente por estarem presentes ao longo de todo o ano. Frequentemente apresentam cores, indumentos e cheiros bastante típicos para determinada espécie. O estudo dos ramos deve observar as características que se seguem (Figura 30):

Gema: relacionada inicialmente quanto à posição relativa no ramo. Desse modo, tem-se a gema lateral, geralmente colocada na axila das folhas, e a gema terminal, no ápice do ramo. Frequentemente apresentam forma, cor e pilosidade bastante específicas.

Cicatriz: pode originar-se de uma estípula, mas mais frequentemente surge com a queda de folhas. Varia na sua forma, tamanho e disposição no ramo.

Estípula: são apêndices localizados na base das folhas ou envolvendo as gemas. Em geral, são pequenos filamentos, mas podem alcançar 40 cm ou mais de comprimento, ter forma de espinhos ou reduzidos a escamas. Existe uma terminologia particular referente às estípulas, a qual complementa a sua caracterização quando de sua descrição: *adnatas:* estípulas soldadas ao pecíolo em maior ou menor grau; *axilares:* colocadas na axila das folhas; *caducas:* caem num curto período, mas deixam cicatrizes que indicam a sua existência na planta; *interpeciolares:* estípulas entre as bases dos pecíolos de duas folhas opostas; *intrapeciolares:* colocadas entre a base do pecíolo e o caule; *pecioladas:* com



Figura 30 - Detalhes de características observadas nos ramos das árvores, da esquerda para a direita: gemas, cicatrizes, estípula.

pedúnculo ou pecíolo; *persistentes*: persistem por um período de tempo relativamente longo na planta; *protetoras*: quando presentes no ápice do ramo, envolvendo uma gema foliar.

Lenticela: caracterizada pela sua forma, dimensão e abundância.

Pilosidade: refere-se à presença de um conjunto de pelos que revestem a epiderme de certos órgãos da planta. Quando o órgão não possui pilosidade, diz-se que é glabro. A presença, coloração e intensidade da pilosidade no ramo, ou em outra parte da árvore, são particularmente interessantes quando se trata de separar espécies muito relacionadas.

No ramo, também se observam órgãos pungentes (acúleos e espinhos) e sua seção transversal, que, quando pouco comum, pode auxiliar na identificação da planta.

5.8. Folha. Folha é um órgão vegetativo disposto nos ramos, principal responsável pela fotossíntese e transpiração da planta. Tem como partes constituintes o *limbo* ou *lâmina*: expansão laminar e bilateral que apresenta uma face ventral, adaxial ou superior, e uma face dorsal, abaxial ou inferior. Os vasos condutores de seiva que se ramificam no limbo constituem as *nervuras*; o *pecíolo* é o eixo de sustentação do limbo que o une ao caule. Algumas folhas possuem uma dilatação denominada *pulvino* na base do pecíolo, que aumenta a flexibilidade da folha (VIDAL; VIDAL, 2000).

Classificação das folhas quanto à disposição no ramo (Filotaxia).

Alternas: quando em cada nó insere-se uma única folha. Se as folhas se dispõem em um único plano, são denominadas *alternas dísticas*; *fasciculadas*: quando três ou mais folhas partem de um mesmo ponto do nó, ou seja, reunidas em feixes; *opostas*: quando de um mesmo nó partem duas folhas em sentidos opostos. Se as folhas dispõem-se em um único plano, a filotaxia é *oposta dística*; se em planos cruzados, *oposta cruzada* ou *decussada*; são chamadas de *verticiladas* ou *radiadas* quando três ou mais folhas inserem-se no contorno de um só nó, formando um verticilo foliar (Figura 31).

Classificação quanto à duração das folhas. *Caducas* ou *decíduas*: são as que caem em certa época do ano, geralmente na época seca. A planta, nesse caso, fica parcial ou completamente destituída de folhas; *persistentes* ou *sempre-verdes*: são as que perduram por muito tempo. Nesse caso, as folhas individuais sofrem abscisão depois de certo tempo, mas as folhas da planta não caem todas de uma só vez.

Aparentemente óbvio, o não conhecimento da caducidade da espécie muitas vezes pode induzir ao erro de manejo. Um espécime sem folhas pode ser confundido com uma árvore morta e ser suprimido indevidamente. Por outro lado, uma espécie sem folhas no período chuvoso do ano pode indicar algum problema sanitário que necessite de intervenção.

Classificação quanto à subdivisão do limbo. Quando o limbo apresenta-se inteiro ou recortado, mas não subdividido, a folha é chamada de *simples*; quando o limbo apresenta-se subdividido em segmentos menores, chamados de folíolos, os quais se articulam a um pecíolo comum, a folha é chamada *composta*. Entre os principais tipos de folhas compostas, distinguem-se:

Bicompostas ou *recompostas*: quando os folíolos também são compostos, isto é, são folhas duplamente compostas; *digitadas*, *palmas* ou *palmaticompostas*: folíolos dispostos no ápice do pecíolo comum ou ráquis. Nesse caso, a folha pode ser trifoliada (três folíolos) ou multifoliada (com mais de três folíolos); *geminada* ou *bifoliolada*: composta por um par de folíolos, de forma e tamanho semelhantes, geralmente sésseis; *pinadas* ou *penaticompostas*: apresentam os folíolos distribuídos ao longo do pecíolo comum ou ráquis, ao lado do qual os peciólulos e ráquis secundários se dispõem como as porções de uma pluma. Pode haver folhas bi, tripinadas, etc.; podem ser *imparipenadas* (com número ímpar de pinas) ou *paripenadas* (com número par) (Figura 32).



Figura 31 - Classificação da folha quanto à filotaxia, da esquerda para a direita: alternata, oposta, fasciculada, verticilada.



Figura 32 - Principais tipos de folhas compostas, da esquerda para a direita: paripinada, imparipinada, digitada, bicomposta, geminada.

Morfologia básica das folhas simples e dos folíolos das folhas compostas. A caracterização morfológica da folha considera a forma do limbo da folha propriamente dita ou dos folíolos nas folhas compostas. A forma depende do contorno do limbo, não se levando em conta os acidentes das margens, ápice e base. Também se consideram o formato do ápice e da base do limbo, além da sua nervação. Por fim, a informação se completa com a determinação da consistência ou textura e dos tipos estruturais dos pecíolos ou peciólulos (pecíolos dos folíolos).

5.9. Flor e fruto. Como já mencionado quando da discussão sobre a relação entre a Dendrologia e a Botânica Sistemática, os órgãos reprodutivos não são o principal objeto de observação nos estudos dendroló-

gicos, mas estes não devem nunca ser desconsiderados. Nesse sentido, inclui-se a seguir somente a terminologia básica empregada na descrição da flor e do fruto.

A *flor* é o conjunto de folhas modificadas e adaptadas à reprodução sexuada das Fanerógamas. Origina-se de gemas florais terminais ou axilares e tem como partes constituintes o *pedicelo* ou *pedúnculo*, que é o eixo de sustentação da flor e que, quando está ausente, a flor é dita sésil ou apedunculada; o *receptáculo*, que é a porção dilatada do extremo do pedicelo, onde se fixam os verticilos protetores e reprodutores; as *brácteas*, folhas modificadas localizadas próximo aos verticilos florais. A bráctea pode ser variável em seu tamanho, forma, cor ou combinação dessas características. Os *verticilos* que formam as flores são o *cálice*, verticilo protetor mais externo, constituído por folhas modificadas denominadas *sépalas*; a *corola*, verticilo protetor mais interno, constituído por folhas modificadas denominadas *pétalas*, geralmente coloridas; o *androceu*, aparelho reprodutor masculino constituído por órgãos denominados *estames*, produtores de grãos de pólen; e o *gineceu*, aparelho reprodutor feminino (VIDAL; VIDAL, 2000).

Baseada na condição sexual de todas as flores da(s) planta(s) dentro da espécie, as plantas são classificadas quanto ao sexo das flores em: *dioica*, quando um indivíduo só possui flores masculinas, e outro só femininas; *hermafrodita*, quando só possui flores andróginas (com órgãos femininos e masculinos); e *monoica*, quando possui flores unissexuais masculinas e femininas no mesmo indivíduo.

Fruto é o ovário da flor desenvolvido, com as sementes já formadas, ou pode ser, ainda, constituído de diversos ovários e ter ou não estruturas acessórias. Nem sempre o fruto corresponde exclusivamente ao ovário desenvolvido, o receptáculo floral pode hipertrofiar e envolver por completo o fruto verdadeiro. Suas partes constituintes são o *pedúnculo*, eixo que sustenta o fruto correspondente ao pedicelo da flor; o *pericarpo*, que é a parede do fruto, formada pelo *exocarpo* ou *epicarpo*, o revestimento externo do fruto; o *mesocarpo*, que é a camada mediana, frequentemente bem desenvolvida, e pelo *endocarpo*, camada mais interna, onde se fixam as sementes; e a *semente*, que corresponde ao óvulo fecundado e desenvolvido (VIDAL; VIDAL, 2000).

5.10. Ferramentas utilizadas na identificação

Ficha dendrológica. É um conjunto de anotações referentes a uma espécie arbórea em particular, normalmente fonte básica para trabalhos de classificação botânica e pesquisas diversas. Nessa ficha, anotam-se as características dendrológicas da espécie estudada, caracterizando-se morfologicamente a planta com as seguintes informações básicas: porte da árvore; descrição das folhas, flores, frutos, sementes, galhos, ramos e tronco; época de floração e de frutificação; habitat natural de ocorrência da espécie, principalmente quando este é bastante restrito. Essa descrição deve ser precedida pela identidade completa da planta (nome científico e comuns). A primeira redação é realizada, em grande parte, ainda no campo, que deve considerar a variabilidade das características de um espécime para outro, principalmente aquelas potencialmente mais influenciáveis pelo meio.

Esse tipo básico identifica uma ficha dendrológica de caráter botânico e é especialmente válido para o início de coleta de informações a respeito da espécie em estudo. Podem existir diversos outros modelos de fichas derivadas desse primeiro tipo e que, normalmente, fornecem outras informações além das botânicas.

Um segundo modelo de ficha dendrológica bastante comum é a de caráter tecnológico. Esta tem uma organização mais complexa e por isso mais frequentemente encontrada como parte integrante de livros, monografias e teses. Normalmente são confeccionadas para espécies conhecidas, identificadas e de valor econômico comprovado. Uma ficha desse tipo normalmente contém, além das informações botânicas e da identificação, outras como: características físicas e mecânicas da madeira (peso específico aparente, compressão axial, flexão, módulo de elasticidade, choque, etc.), descrições gerais e anatômicas (cor, grão, textura, polimento, brilho, cheiro, sabor), usos mais comuns e observações específicas.

Uma terceira variante é a ficha de caráter prático, a qual é simples e tem por finalidade auxiliar no reconhecimento de espécies ainda no campo. Esse tipo é útil no preparo de manuais, que associam as fichas de várias espécies ocorrentes em uma determinada região. Seu conteúdo normalmente traz a identidade da espécie, descrições sucintas da árvore, características gerais da madeira e principais usos (Figura 33).

Chaves dicotômicas. Chave dicotômica é um instrumento utilizado universalmente para identificar objetos, animais ou plantas. Trata-se de um conjunto de características que, agrupadas aos pares antagônicos, permitem, após certo número de passos, distinguir um objeto, animal ou planta dentre um grupo preestabelecido. É um instrumento bastante utilizado na identificação de essências florestais, de extrema utilidade em trabalhos dendrológicos.

São inúmeros os tipos de chaves, e sua organização é quase pessoal. Existem, porém, determinados padrões gerais para chegar ao objetivo desejado de maneira mais simples. Quando da confecção de uma chave, os seguintes pontos devem ser observados:

- a. Selecionar e organizar de antemão as informações que realmente devam fazer parte da chave, com base nas descrições realizadas para todos os indivíduos a serem distinguidos;
- b. Que sejam dicotômicas, ou seja, que sigam uma classificação baseada na divisão e subdivisão sucessiva em dois. Procurar, sempre, duas alternativas, como, por exemplo, branco e preto, al-terno e oposto, etc., o que facilita a operacionalização da chave;
- c. As alternativas de cada dicotomia devem iniciar com a mesma palavra. Assim procedendo, pode-se, com facilidade, localizar a alternativa seguinte;
- d. Quando utilizar dimensões, evitar transposições que se excluam totalmente. Quando isso não for possível, indicar a média aproximada para melhor ideia de tamanho;
- e. Evitar sempre que possível o uso de nomes comuns ou termos regionais;
- f. Evitar o uso de qualquer característica que não seja bem diferente da outra, ou seja, evitar qualquer possibilidade de confusão;
- g. Evitar, em pares seguidos, a utilização da mesma palavra para iniciar o par dicotômico, facilitando a localização da alternativa seguinte;
- h. Não é necessária a utilização na chave de todas as características levantadas, mas é conveniente colocar o máximo de informações relevantes à identificação da planta.

Porte: alcança 30 m de altura e DAP superior a 1 m

Ocorrência: do Ceará até o Rio de Janeiro, na Floresta Ombrófila Densa

Descrição: folhas simples, alternas, com pecíolo curto e subalado; o limbo é membranáceo, glabro, em ambas as faces, nervuras impressas, bordo serrado, brilhante, verde quando maduro, mas com coloração amarronzada, passando à rosada quando jovem e amarela quando senescente. Flores mescladas de roxo e branco. Fruto com até 25 cm de comprimento, tipo pixídio. Ramos cinzentos, ásperos, lenticelados, com possibilidade de formação de embira quando quebrados. Tronco reto, com base reta; casca muito grossa, dura, pardo-escura, com fissuras sinuosas, estreitas e profundas.

Fenofases: floresce de outubro a novembro e frutifica de setembro a outubro.



Árvore adulta



Detalhes do fruto, pecíolo subalado e base do tronco



Detalhes do ramo e folhas



Detalhes da flor e botão floral

Figura 33 - Exemplo de ficha dendrológica de caráter prático.

Exemplo de uma chave dicotômica, confeccionada para identificação das espécies do gênero *Ficus* L. ocorrentes no município de Viçosa, MG:

- 1 - Arbusto ereto ou árvore de porte variado 2
- 1 - Arbusto escandente; sicônio de até 9 cm de comprimento, oblongo ou cilíndrico, de ostíolo proeminente *Ficus pumila*
- 2 - Lâmina foliar não lobada 3
- 2 - Lâmina foliar tri a heptalobada, sicônio com até 7 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro *Ficus carica*
- 3 - Folha de limbo não variegado e margem inteira 4
- 3 - Folha variegada em mosaico de tons de verde e branco-creme, e margem dentada, limbo áspero e assimétrico *Ficus aspera*
- 4 - Sicônios sésseis 5
- 4 - Sicônios pedunculados 8
- 5 - Estípula com até 2 cm de comprimento 6
- 5 - Estípula pode alcançar 35 cm de comprimento; sicônios geminados, oblongos, com até 2 cm de comprimento *Ficus elastica*
- 6 - Brácteas basais persistentes, cujo comprimento não alcança um terço da altura dos sicônios 7
- 6 - Brácteas basais caducas, que recobrem mais da metade da altura dos sicônios geminados e globosos *Ficus mexiae*
- 7 - Folha de ápice abruptamente acuminado; sicônio globoso, com 1 a 1,5 cm de diâmetro *Ficus benjamina*
- 7 - Folha de ápice obtuso, obtuso-arredondado, menos comum agudo; sicônio sub-piriforme, com 0,5 a 1 cm de diâmetro; ramo densamente coberto por lenticelas claras *Ficus microcarpa*
- 8 - Pilosidade bem evidente sobre a lâmina foliar, o pecíolo, o ramo jovem e o sicônio 9
- 8 - Pilosidade ausente ou pouco evidente na folha, ramo jovem e sicônio 10
- 9 - Limbo foliar ovado, de base cordada, menos comum arredondada, ápice agudo ou eventualmente arredondado; pilosidade alvacenta sobre estípulas, ramos e folhas adultas *Ficus gomelleira*
- 9 - Limbo foliar ovado, elíptico ou arredondado, de base truncada ou arredondada, ápice obtuso ou arredondado; pilosidade ferrugíneo-alaranjada, densa, sobre estípulas, ramos e folhas tanto jovens como adultas *Ficus velutina*
- 10 - Nervuras, à exceção da principal, discretas na página superior do limbo 11
- 10 - Nervuras, tanto a principal como as laterais, bem evidentes na página superior do limbo 12
- 11 - Ostíolo proeminente em anel, crateriforme; sicônio com 1 a 1,5 cm de diâmetro, pedúnculo com 0,3 a 1,5 cm de comprimento; estípula escura, glabra *Ficus citrifolia*
- 11 - Ostíolo plano ou pouco elevado; sicônio com 0,3 a 0,5 cm de diâmetro, pedúnculo com 0,1 a 0,2 cm de comprimento; estípula esverdeada, pubérula *Ficus mathewsii*
- 12 - Sicônios geminados, aglomerados nos ápices dos ramos, turbinados, apiculados, com 1 a 1,8 cm de diâmetro; 2 brácteas basais recobrem o sicônio *Ficus glabra*
- 12 - Sicônios solitários, globosos ou ovoides, com 2 a 3,5 cm de diâmetro; 3 a 5 brácteas de até 0,2 cm de comprimento *Ficus insipida*

Deve ficar claro que uma chave tem uso restrito a um limite preestabelecido para que seja funcional e não induza à ocorrência de erros. Assim, uma chave pode distinguir, por exemplo, as espécies de árvores existentes em um parque, uma fazenda ou em um bairro de uma cidade. Pode ainda distinguir os gêneros de uma determinada família ou as espécies de um mesmo gênero. Essa limitação é evidente quando se estuda a floresta tropical, haja vista o grande número de espécies que normalmente ocorrem por unidade de área. Uma chave que tente abranger um universo muito grande corre o risco de não identificar todos os indivíduos, ou mesmo de chegar a dois ou mais indivíduos distintos por uma mesma alternativa da chave.

Mais importante do que saber construir uma chave dicotômica, para o manejador é importante saber utilizar ou mesmo pensar no formato de uma chave dicotômica quando estiver identificando um determinado espécime. Iniciar a análise pelas características mais simples e mais amplas deve ser o primeiro passo. Muitos grupos de árvores já são distinguidos apenas pela filotaxia (alternas, opostas ou verticiladas) e classe de suas folhas (simples ou compostas). Exemplo disso são as Bignoniaceae, família botânica em que praticamente todos os seus componentes têm folhas compostas e filotaxia oposta. Caracteres mais particulares vão sendo anexados ao processo em passos posteriores, para aperfeiçoar a análise.

5.11. Fenologia florestal. O termo *fenologia* foi proposto pelo belga Charles Morren, em 1853, mas Carl Linné é considerado o pai da fenologia de plantas pelo seu trabalho “Filosofia Botânica”, publicado em 1751. Em um conceito simples, é a ciência que estuda a periodicidade dos fenômenos e as influências climáticas e fisiográficas sobre o fenótipo da árvore. Etimologicamente, é a forma reduzida do termo *fenomenologia* (MARANGON, 1988).

O conhecimento fenológico é importante para a compreensão da complexa dinâmica dos ecossistemas florestais. Essas informações permitem explicar muitas das reações das plantas em seu meio climático e edáfico, sendo também importante no estudo das relações entre plantas e animais de uma comunidade biótica. No campo do uso ambiental, o conhecimento fenológico é fundamental em qualquer plano de manejo de formações vegetais, tanto com vistas à manutenção da vida silvestre quanto na produção de madeira ou de outros recursos florestais.

As espécies revelam manifestações sazonais (floração, frutificação, lançamento de folhas novas, etc.), que, mesmo não sendo rigorosamente constantes, podendo variar de ano para ano, têm seu ótimo em relação ao complexo climático do ano. Essa característica é verificada pelo comportamento da maioria das plantas e sua relação com o meio.

As manifestações visíveis da atividade funcional, como a ocorrência, a transformação e a queda dos diversos órgãos vegetais, expressam as reações orgânicas ante o estímulo das variações do ambiente meteorológico. Os parâmetros meteorológicos constituem os objetos de que se valem a observação fenológica para investigar as profundas relações entre o desenvolvimento dos processos de tempo e as reações orgânicas que isso determina nos seres vivos. As variações observadas conduzem ao conhecimento dos mecanismos biológicos e esclarecem as leis da bioclimatologia (MARANGON, 1988).

O registro deve reproduzir com a maior exatidão e fidelidade a época em que se produzem as características que apresentam os fenômenos, pois representa o material básico para todos os estudos que se realizam no campo da fenologia. Com base em informações fenológicas, é possível construir calendários de eventos, que muitas vezes são significativos na explicação dos aspectos estacionais dos fenômenos ecológicos. A planta é um verdadeiro aparato meteorológico que registra não a variação de um elemento, e sim as diversificações de todos os componentes do complexo climático que têm influência sobre a sua vida.

Para os estudos fenológicos de árvores tropicais, é recomendável o emprego de uma amostra de pelo menos dez indivíduos por espécie. No que diz respeito à frequência das observações, é desejável que estas sejam feitas quinzenalmente, mas uma determinação mensal já fornece dados fenológicos suficientes sobre a comunidade florestal. A informação fenológica deve ter caráter quantitativo e deve cobrir todo o período de manifestação da característica: início, plenitude e declínio. É útil também o uso de uma escala de valores para quantificar o fenômeno observado. Essa escala permite medir o estado fenológico de cada um dos indivíduos que compõem uma amostra. Em cada uma das observações, a soma dos valores correspondentes ao total da amostra de cada espécie facilita a análise da evolução da fenofase estudada (MARANGON, 1988).

Análises fenológicas de espécies ou comunidades oferecem questionamentos importantes e interessantes ao manejo da Arborização Urbana. Informações básicas podem ser obtidas com dados fenológi-

cos, tais como: época certa para coleta de sementes; conhecimento do comportamento da fauna que vive em associação com determinadas espécies; fornecimento de subsídios para o conhecimento da biologia de pragas e doenças e promoção de seu controle. Na realidade, o conhecimento fenológico permite um maior controle do que ocorre, em termos biológicos, dentro de um grupo florestal, que pode ser a arborização de uma cidade.

6. Considerações Finais

A identificação correta de uma espécie é a base de todo um trabalho sério e profissional. Conhecer as características dendrológicas dá parâmetros não somente para chegar a uma melhor escolha da espécie que se pretende utilizar na cidade, mas também para identificar situações anômalas, merecedoras de correções ou intervenções mais urgentes. Não se faz Arborização Urbana séria sem o pleno conhecimento da identidade e das características dendrológicas da árvore.

Referências

- ALENCAR, J. C. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9(1):163-98, 1979.
- ANGELY, J. *Dicionário de botânica*. Curitiba, Phytton, 1959. 407 p.
- ARAÚJO, V. C. *Fenologia de essências florestais amazônicas I*. Manaus, 1970. 25 p. (Boletim do INPA, número 4).
- BACKES, P.; IRGANG, B. Árvores cultivadas no sul do Brasil. Porto Alegre, Paisagem do Sul, 2004. 204 p.
- BACKES, P.; IRGANG, B. *Mata atlântica: as árvores e a paisagem*. Porto Alegre, Paisagem do Sul, 2004. 396 p.
- BARROSO, G. M. *Sistemática de angiospermas do Brasil*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1978. 255 p.
- BRANDÃO, M. *Árvores nativas e exóticas do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002, 528 p.
- CARAUTA, J. P. P.; DIAZ, B. E. *Figueiras no Brasil*. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 2002. 212 p.
- CARVALHO, P. E. R. C. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo, EMBRAPA - CNPF; Brasília, EMBRAPA - SPI, 1994. 640 p.
- DAYTON, W. A. What is dendrology? *Journal of Forestry*, 43:719-22, 1945.
- FONT-QUER, P. *Diccionario de botánica*. Barcelona, Labor, 1963. 1244p.
- FOURNIER, L. A. La dendrologia una eficaz ayuda para el taxónomo. *O'Bios*, 2(2):7-10, 1968.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24(4):422-23, 1974.
- FOURNIER, L.A.; CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25(1):45-8, 1975.
- HARLOW, W. M.; HARRAR, E. S. *Textbook of dendrology*. New York, McGraw-Hill, 1958. 561 p.
- HOLDRIDGE, R. L. *Dendrologia práctica de los trópicos americanos*. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1953. 37 p.
- IVANCHECHEN, S. L. *Estudo morfológico e terminológico do tronco e "casca" de 30 espécies arbóreas em floresta ombrófila mista*. Curitiba, UFPr / Impr. Univ., 1988. 221 p. (Tese M.S.).
- JIMENEZ-SAA, H. *La identificación de los árboles tropicales utilizando características del tronco y la corteza*. Turrialba, Inst. Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 138 p.
- JIMENEZ-SAA, H. *Uma proposta metodológica de ensino para dendrologia tropical*. Curitiba, 1985. 19 p. (mimeografado).
- JOLY, A.B. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. São Paulo, Editora Nacional, 1993. 11 ed. 777 p.
- KLEIN, R. M. *Dendrologia geral e aplicada especialmente à região sul do Brasil*. Itajaí, s.ed., s.d., n.p. (mimeografado).
- LAWRENCE, G. H. M. *Taxonomy of vascular plants*. New York, Macmillan, 1951. 823 p.
- LIMA, J. L. S. *Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da caatinga, através da morfologia da casca*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco / Impr. Univ., 1982. (Tese M.S.).
- LIMA, M. C. B. *Guia didático de botânica morfológica*. Maceió, Universidade Federal de Alagoas / Edufal, 1986. 143 p.
- LONGHI, R. A. *Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul*. Porto alegre, L&PM, 1995. 176 p.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2. ed. Nova Odessa, Plantarum, 1998, v.2. 352 p.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 3. ed. Nova Odessa, Plantarum, 2000, v.1. 352 p.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. *Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa, Plantarum, 2003. 384 p.
- MARANGON, L. C. *Fenologia de essências florestais nativas da microrregião de Viçosa - Minas Gerais*. Viçosa, MG., UFV / Impr. Univ., 1988. 80 p. (Tese M.S.).
- MARCHIORI, J. N. C. *Elementos de dendrologia*. Santa Maria, Ed. UFSM, 1995. 163 p.
- McNEILL, J.; BARRIER, F. R.; BURDET, H. M.; DEMOULIN, V.; HAWKSWORTH, D. L.; MARHOLD, K.; NICOLSON, D. H.; PRADO, J.; SILVA, P. C.; SKOG, J. H.; WIERSEMA, J. H.; TURLAND, N. J. *Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Código de Viena)*. São Carlos, SP, Rima Editora, 2006. 181 p.
- MORI, S. A.; SILVA, L. A. M.; LISBOA, G.; CORADIN, L. *Manual de manejo do herbário fanerogâmico*. 2 ed. Ilhéus, CEPLAC, 1989. 104 p.

MODESTO, Z. M. M.; SIQUEIRA, N. J. B. **Botânica**. São Paulo, EPU, 1981. 195 p. (Currículo de Estudos de Biologia; 5).

RAMALHO, R. S. **Dendrologia**. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1975. 123 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320 p.

RIZZINI, C. T. Árvores e madeiras úteis do Brasil, manual de dendrologia brasileira. São Paulo, Edgard Blücher. 1971. 294 p.

SANTOS, E. **Caracterização dendrológica e estética de 18 espécies arbóreas com potencial de uso em paisagismo e Arborização Urbana**. Viçosa, MG, UFV / Impr. Univ., 1994. 146 p. (Tese M.S.).

SOUZA, V. C. & LORENZI, H. **Botânica sistemática. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R.R. **Botânica-organo-grafia**. 3.ed. Viçosa, MG, UFV / Impr. Univ., 1984. 114 p.

Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.





Produção de Mudas para Arborização Urbana

Sérgio André de Souza Oliveira

Que a Arborização Urbana é uma parte vital da infraestrutura verde de toda cidade, que oferece benefícios e serviços abrangentes para seus moradores e contribui para fazer dela um lugar saudável, vibrante e próspero para viver, não se deve ter mais dúvida alguma. Esses benefícios e serviços são um investimento inestimável para a sociedade, e se uma arborização que cumpra ao máximo seus objetivos é o que se busca, parte do sucesso estará diretamente relacionada à muda que será plantada, considerando ser ela a matéria-prima que dá início a todo o processo.

Obter mudas da mais alta qualidade pelo menor custo é o principal objetivo dos produtores. As plantas devem ser cultivadas a um preço atraente para o comprador, mas com lucro ao cultivador, uma vez ser este o objetivo de todos os viveiros comerciais. Já os viveiros públicos também se esforçam para manter os custos em níveis comparáveis com as preocupações privadas, mesmo que não sejam obrigados a mostrar lucros.

Não raras, porém, são as situações em que os viveiros precisam vender (ou atingir um nível de produção no caso dos viveiros públicos), mas sacrificam a qualidade das plantas pela aparência superficial. O estoque é frequentemente forçado a atingir um tamanho vendável no menor tempo possível, embora a dimensão da muda não represente, necessariamente, que ela seja resistente ou que esteja fisiologicamente pronta para o plantio (MEDICINAL PLANTS ARCHIVE, 2016).

As práticas inadequadas de produção podem causar problemas por anos ou até décadas após o plantio definitivo. É imperativo, portanto, que a muda tenha a melhor qualidade possível, principalmente em vista dos investimentos financeiros envolvidos.

A definição de qualidade é dependente de muitos fatores e características da planta, do local a que ela se destina e dos objetivos do plantio, podendo ser entendida como o grau de resposta para os quais a muda será empregada, considerando a taxa de sobrevivência pós-plantio e o posterior vigor de crescimento da planta. A qualidade seria, então, o resultado de quatro aspectos: genética, morfologia, qualidade fisiológica

e saúde. Em outras palavras, a muda deve ter origem adequada, ter os atributos morfológicos corretos, ser vigorosa, saudável, livre de pragas e de doenças ao sair do viveiro e ser capaz de proporcionar rápido crescimento de raízes e de brotações assim que as condições no local de plantio definitivo permitirem (MEDICINAL PLANTS ARCHIVE, 2016).

Para atingir os requisitos necessários, a produção de mudas de espécies florestais deve seguir a legislação determinada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Todo o setor produtivo de sementes e mudas no Brasil foi regulamentado pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, que complementa a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 (BRASIL, 2004). Esse Decreto dispõe que todas as ações decorrentes das atividades previstas no Regulamento devem ser coordenadas pelo MAPA, dentro da competência prevista no artigo 5º da Lei, que prevê que compete aos Estados e ao Distrito Federal elaborar normas e procedimentos complementares relativos à produção de sementes e mudas, bem como exercer a fiscalização do comércio estadual (BRASIL, 2003).

Além da Lei e do Decreto citados, outras normas complementares devem ser consideradas, particularmente:

- a. A Instrução de Serviço da Coordenação de Sementes e Mudanças nº 1/2005 do MAPA, que trata das taxas decorrentes da inscrição no Registro Nacional de Sementes e Mudanças – RENASEM (BRASIL, 2005a);
- b. A Instrução Normativa MAPA nº 9, de 2 de junho de 2005, que aprova as normas para a produção, a comercialização e a utilização de sementes e da qual alguns anexos são também utilizados pelos produtores de mudas (BRASIL, 2005b);
- c. A Instrução Normativa MAPA nº 24, de 16 de dezembro de 2005, que aprova as normas para a produção, a comercialização e a utilização de mudas (BRASIL, 2005c);
- d. A Instrução Normativa MAPA nº 17, de 26 de abril de 2016, que regulamenta a produção, a comercialização e a utilização de sementes e mudas de espécies florestais ou de interesse ambiental ou medicinal, nativas e exóticas, visando garantir sua procedência, identidade e qualidade (BRASIL, 2016).

Legislações estaduais e municipais também podem acrescentar parâmetros específicos que visem dar maior qualidade às mudas produzidas para a Arborização Urbana. Nesse sentido, no município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, a legislação que estabelece as normas para o plantio de árvores em logradouros públicos é a Deliberação Normativa (DN) nº 69, de 30 de agosto de 2010, do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM) (BELO HORIZONTE, 2010). A DN 69, como é conhecida, determina que as mudas a serem plantadas na cidade apresentem como características: altura mínima de 2,5 m entre o colo e a primeira inserção de galhos; diâmetro mínimo do caule de 2,5 cm, medido a uma altura de 1,3 m da superfície do solo; bom estado sanitário; fuste único e sem tronco recurvado ou ramificações baixas; copa com pelo menos três ramificações bem distribuídas; raízes acondicionadas em vasilhame com volume de, no mínimo, 60 litros; e sem sinais de estiolamento.

Esse padrão de mudas bem mais robusto implica toda uma logística diferenciada e mais cara de manejo, desde o viveiro até o plantio no local definitivo. Porém sua implantação na cidade de Belo Horizonte se deu em razão das altas taxas de depredação observadas quando do plantio em logradouros públicos. Ayer (2013), em notícia divulgada em um jornal de grande circulação, publicou que na capital de Minas Gerais, no ano de 2013, aproximadamente 11% do que foi plantado foi perdido, levando a prefeitura a cultivar plantas mais fortes para tentar contornar a depredação. Esse cenário, tão comum à maioria das cidades brasileiras, não parece ter melhorado daquela data até hoje, quiçá até agravado.

Depredação é uma palavra com origem em seu equivalente no latim *depraedatio.onis*, ou seja, é o nome que se dá ao ato de depredar, defraudar, vandalizar. Trata-se de uma ação de teor destrutivo que causa dano à propriedade alheia, tanto privada quanto pública (DICIO, 2020). No país, é comum a depredação generalizada do patrimônio coletivo, materializada na destruição sistemática do mobiliário urbano, obras de arte e de monumentos históricos, na pichação de fachadas e na vandalização de árvores. Conforme lembra Menin (2013), esse comportamento criminoso e antissocial não é apenas uma demonstração de incivilidade, falta de educação e de incultura, mas é também um comportamento pouco inteligente, já que cada vez que o patrimônio coletivo é prejudicado, todos os cidadãos e contribuintes são igualmente atingidos. Os custos de reposição dos equipamentos ou de reparação dos danos no

patrimônio coletivo são arcados com a aplicação dos impostos cobrados da sociedade.

Ainda segundo Menin (2013), para que esse desvio comportamental imperdoável possa ser combatido, não bastam apenas campanhas de conscientização e esclarecimentos e ações de policiamento e de vigilância urbana. Existe uma questão cultural que precisa ser enfrentada com prioridade, que é a valorização do conceito de que as coisas que constituem o patrimônio público não pertencem a ninguém, mas sim a todos.

Esse tema é mais propício à discussão em outras instâncias de estudo da Arborização Urbana, mas é aqui colocado para contextualizar o destino esperado para boa parte das mudas produzidas para emprego nas cidades e para justificar as particularidades técnicas e gerenciais que devem ser observadas quando de sua produção.

Dando continuidade à discussão legal que define parâmetros à produção de mudas de essências florestais no país, faz-se a consideração de que a forma com que estão organizados os regulamentos e as normas complementares objetiva disponibilizar materiais de multiplicação vegetal para o sistema produtivo com garantias de identidade e qualidade.

Antes de prosseguir na discussão, é necessário realçar que todas as atividades de produção de sementes e mudas devem ser realizadas sob a supervisão e o acompanhamento de um responsável técnico. O profissional apto a essa função, segundo a legislação vigente, é o Engenheiro Agrônomo ou Engenheiro Florestal, devidamente registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, a quem compete responder pela produção, beneficiamento, reembalagem ou análise de sementes ou mudas em todas as suas fases, na sua respectiva área de habilitação profissional (BRASIL, 2004).

Além de vencer o vandalismo, a sobrevivência das árvores recém-plantadas no ambiente construído enfrenta muitos outros desafios, normalmente atribuídos a fatores que influenciam o resultado do desenvolvimento da planta logo após o plantio. A seleção da espécie, o tamanho da muda, a época do ano, o sistema de produção em viveiros, as condições do local e a gestão pós-plantio são exemplos de fatores que têm grande impacto no sucesso do estabelecimento das árvores. Hirons e Percival (2012), citados por Levinsson (2015), listam quatro grupos de fatores-chave para um estabelecimento bem-sucedido: qualidade da muda, plantio e pós-plantio, ambiente de enraizamento e ecofisiologia da planta.

De maneira geral, os municípios não têm recurso suficiente para cobrir de forma plena os custos de manutenção logo após o plantio, por isso é importante a disponibilização de mudas com alta chance de sobrevivência e que exijam o mínimo de cuidado após o plantio. Uma visão mais atenta dos efeitos dos sistemas de produção de viveiros nas características morfológicas e fisiológicas das mudas pode ajudar no desenvolvimento e na implementação de melhores práticas de manejo para aumentar o estabelecimento pós-plantio de árvores urbanas (ALLEN et al., 2016).

A estrutura e organização dos viveiros, ou seja, dos locais de produção de mudas, são extremamente importantes para garantir a qualidade, produzindo plantas de espécies adequadas e em quantidade necessária à demanda, respeitando-se a época e o destino do plantio. Para isso, é de suma importância planejar corretamente as instalações do viveiro, ter conhecimento suficiente das técnicas para operacionalizá-lo e administrá-lo, além de obter excelente qualidade em sua produção e com o menor custo possível. A Figura 1 ilustra como ocorre a dinâmica operacional de um viveiro de forma geral, cujas etapas passam pela obtenção de sementes, seu beneficiamento, armazenamento e quebra da dormência (caso necessário), pelo preparo das sementeiras, pelo processo de semeadura, pelo estabelecimento das mudas em canteiros e pelo cuidado com as mudas até o processo de expedição.

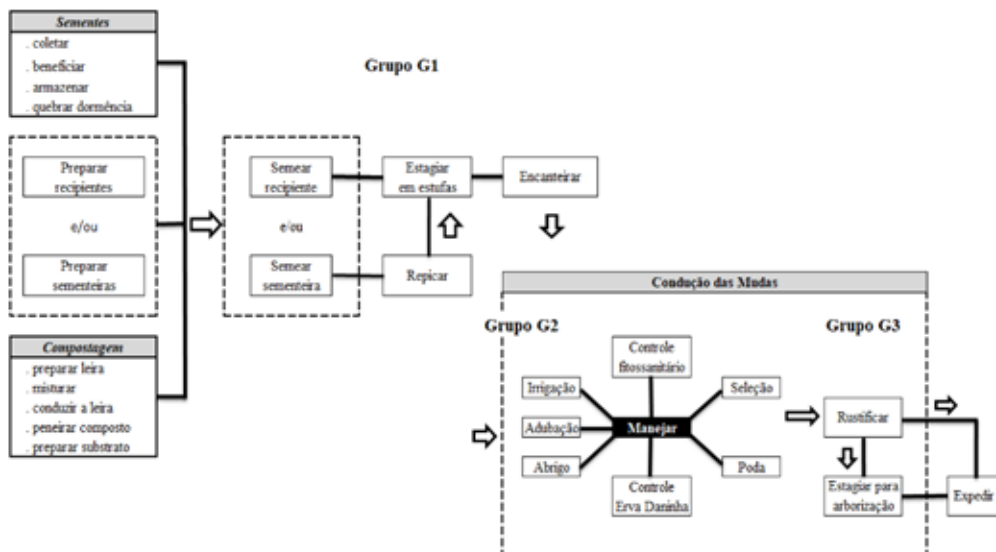


Figura 1 - Dinâmica operacional de um viveiro, indicando todas as etapas de produção até a expedição das mudas. Fonte: Adaptado de Sanesul (1996), citado por Scremin-Dias et al. (2006).

A literatura científica brasileira é farta em textos relativos à implantação de um viveiro para produção de mudas de essências florestais, principalmente no que se refere à cadeia produtiva de culturas florestais. Na perspectiva de apresentar um modelo de produção de mudas direcionado ao plantio de árvores em áreas urbanas, que se entende bem próximo do ideal possível para a realidade brasileira, este texto se baseia na experiência do Jardim Botânico da Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica de Belo Horizonte (FPMZB), descrevendo as técnicas de manejo praticadas por essa instituição desde a seleção das árvores matrizes e coleta de sementes até a liberação dos lotes de mudas para o plantio definitivo. A proposta é descrever os pontos principais do processo de produção, apresentando não apenas o que deu certo, mas também a experiência negativa, para que ela possa ser avaliada e adaptada por outros municípios.

Coleta e beneficiamento das sementes. É sempre importante lembrar que tudo se inicia com a adequada escolha das fontes de onde serão coletadas as sementes que darão origem às mudas. Para a seleção e marcação das matrizes, é interessante que elas estejam em remanescentes florestais, onde a origem genética é mais diversa. No caso das cidades onde essa prática for restrita, é interessante a formatação de parcerias para trocas de sementes ou, ainda, a realização de coletas fora do município. A qualidade das sementes adquiridas é essencial para o não comprometimento das demais etapas de produção das mudas.

Vale reforçar nessa e nas demais etapas a importância do controle sanitário, que deve ser perseguido durante todo o tempo. Qualquer problema apresentado durante o processo produtivo deve ser imediatamente solucionado para não comprometer a produção e, adiante, a qualidade das mudas.

A coleta deve garantir representatividade e diversidade, e é importante que as sementes sejam oriundas do maior número possível de árvores matrizes, previamente identificadas e mapeadas. Toda a instituição deve estar sempre atenta para a procura de novas matrizes, e, nesse sentido, os trabalhos e projetos de pesquisa de campo, assim como os serviços de rotina de manutenção da arborização da cidade, são ótimas fontes para tanto (Figura 2).

A FPMZB mantém um cadastro de matrizes devidamente georreferenciado. Essas árvores se encontram em áreas verdes públicas, ao longo das vias, em áreas particulares e em remanescentes florestais. A equipe técnica que maneja a arborização da cidade é devidamente



Figura 2 - Detalhes de uma coleta de sementes pela equipe do Jardim Botânico da Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica de Belo Horizonte. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

orientada a reportar à Fundação caso localize um novo espécime potencialmente interessante a ser adicionado ao banco de dados, assim como da ocorrência de propágulos num determinado momento.

Assim que coletadas, as sementes são beneficiadas, e o responsável pela gestão do viveiro determina a quantidade a ser reservada, de acordo com o planejamento prévio, visando à otimização do material adquirido. O propágulo não utilizado de imediato pode ser armazenado por um período predeterminado pela viabilidade das sementes ou doado para outras instituições. É importante ressaltar essa cultura da doação e recepção de sementes entre instituições, que, além de ampliar significativamente o material genético disponível, cria uma relação virtuosa, na qual experiências são constantemente trocadas, evitando a repetição de erros e potencializando acertos nos trabalhos de todos os parceiros.

É importante, ainda, considerar que durante a coleta dos frutos e das sementes o princípio de manejo sustentável deve ser observado. É válido lembrar que os frutos e as sementes devem ser compartilhados com a fauna local e com o sucesso reprodutivo da espécie que está sendo coletada. Nesse sentido, a coleta não deve exaurir a fonte fornecedora com a retirada completa dos propágulos presentes (OLIVEIRA et al., 2016).

Escolha do substrato a ser utilizado. Substrato, por definição, é todo material sólido natural ou residual, de natureza mineral ou orgânica, que pode ser utilizado puro ou em misturas para o cultivo de plantas em substituição total ou parcial ao solo natural. O substrato proporciona suporte físico às raízes e disponibiliza água e nutrientes para o

crescimento das plantas. Pode ser de qualquer material, ou mistura de materiais, que reúna as características desejáveis e necessárias para o desenvolvimento eficiente da muda, entre elas a retenção equilibrada de água, boa drenagem, aeração e leveza. Além disso, o substrato deve ter certo nível de fertilidade, apresentar homogeneidade, capacidade de absorção de nutrientes, facilidade de manuseio, ser de fácil aquisição e livre de patógenos ou substâncias tóxicas às plantas. Essas características permitem o bom desenvolvimento radicular e a boa agregação do conjunto raiz-substrato.

De acordo com Cesp (2000), citada por Scremim-Dias et al. (2006), um bom substrato deve atender aos seguintes parâmetros:

- a. Porosidade: determinada pelo grau de agregação e estruturação das partículas que compõem o substrato, a porosidade deve proporcionar equilíbrio entre macroporos (preenchidos por ar) e microporos (preenchidos por água), os quais determinam a permeabilidade, ou seja, a capacidade de drenagem da mistura;
- b. Retenção de umidade: com grande influência sobre a irrigação, também é definida pelo teor e pela qualidade da matéria orgânica utilizada na mistura, e é desejável que o substrato possa reter entre 20 e 22 ml de água por litro de substrato;
- c. Granulometria: quanto ao tamanho das partículas, é recomendável que os componentes apresentem a mesma densidade e a amplitude de tamanho entre partículas grandes e pequenas, para evitar a segregação, ou seja, separação das partículas (destorramento);
- d. Características químicas: pH em H_2O entre 6,0 e 6,5; Fósforo entre 300 e 600 mg/dm^3 ; Potássio (níveis de $K/T \times 100$) = 5% a 8%; Cálcio + Magnésio (níveis de $Ca+Mg/T \times 100$) = 85% a 95%.

A escolha e o preparo do substrato são decisões importantes e difíceis de tomar, principalmente por não haver um substrato que seja ótimo e adequado às necessidades de todas as muitas espécies produzidas em se tratando de árvores para uso nas cidades.

Atualmente, o mercado tem disponíveis substratos específicos para diversas culturas, incluindo algumas essências florestais. No entanto, a opção por adquirir um substrato pronto ou formular o seu próprio substrato envolve diversos fatores, entre eles o custo. O produtor pode optar pelo preparo do próprio substrato, utilizando materiais disponíveis e de baixo custo. Podem ser usados compostos produzidos com casca de árvores, bagaço de cana, casca de arroz, serragem, entre outros, sempre relacionados ao que se tem disponível na região. Praticamente a todos esses substratos incorpora-se certa porção de vermiculita para proporcionar leveza, aumento da capacidade de absorção da água, estabilidade e agregação das partículas.

Em resumo, no processo de produção do substrato, os principais fatores que devem ser observados quando da escolha dos materiais utilizados são: a disponibilidade do material em qualquer época do ano; o custo para sua obtenção; a experiência local na sua utilização, principalmente quanto à sua adequação para as espécies que serão produzidas; as características físicas e químicas; e a ausência de patógenos e de substâncias tóxicas às plantas.

Na FPMZB, a maior parte do substrato utilizado na produção de mudas arbóreas é produzida a partir de matérias-primas adquiridas de fornecedores externos, dado o grande volume demandado. No viveiro, após diversos testes, chegou-se a uma formulação para atender à maioria das espécies florestais, sujeita esta a algumas alterações em função da espécie ou falta sazonal de algum produto. De uma forma geral, utilizam-se como matéria-prima: areia; composto orgânico (oriundo da compostagem de fezes de herbívoros do Zoológico Municipal, também administrado pela Fundação); terra (argilosa ou arenoargilosa), vinda de escavações de lotes em construção nas diversas áreas da cidade; calcário dolomítico; termofosfato; e adubo mineral na formulação 20-05-20 (NPK).

O material é peneirado e misturado com auxílio de uma retroescavadeira em virtude do volume utilizado (Figura 3). A medida padronizada de um carrinho de mão é a referência mais precisa e de comum utilização, e a proporção utilizada em regra é de: 10 carrinhos de terra; 5 carrinhos de composto orgânico; 2 carrinhos de areia; 6 kg de calcário; 1,5 kg de termofosfato; e 1,5 kg de NPK. Esse substrato pode sofrer modificações naturais durante seu armazenamento, por isso é constantemente avaliado em relação à porosidade e retenção de água, e, se necessário, é alterado o percentual de areia da sua composição ou realizada outra operação mais específica.

Figura 3 - Detalhe do procedimento de elaboração do substrato no viveiro. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Recipiente ou embalagem. A produção de mudas em recipientes é normalmente o sistema mais utilizado nos viveiros brasileiros, principalmente por permitir boa qualidade da muda em razão do melhor controle da nutrição e da proteção dispensada às raízes contra danos mecânicos e desidratação, além de propiciar o manejo mais adequado no viveiro, no transporte, na distribuição e no plantio. Devido à maior proteção das raízes, estas normalmente não se danificam durante o ato de plantar, promovendo maiores índices de sobrevivência e de crescimento. O tipo de recipiente e suas dimensões estão diretamente relacionados à qualidade e aos custos de produção de mudas de espécies florestais. Recipientes maiores, embora acarretem maiores custos em todo o processo, proporcionam maior disponibilidade de nutrientes e água e um sistema radicular de melhor qualidade (TEIXEIRA, et al., 2020).

Embora os recipientes tradicionais sejam mais econômicos, sua influência negativa no desenvolvimento das raízes das mudas pode ser significativa se procedimentos adequados não forem observados. O manejo inapropriado pode gerar raízes com arquitetura deficiente, baixa tolerância ao estresse hídrico, baixa capacidade de absorção de nutrientes e ancoragem.

O termo *arquitetura de raiz* refere-se ao arranjo tridimensional do sistema radicular, que, juntamente com a biomassa radicular, afeta a capacidade de aquisição de água e nutrientes e é responsável pela estabilização da planta no solo. Os sistemas de produção de mudas têm grande influência sob esses parâmetros, particularmente em recipientes onde as raízes crescem confinadas. A má qualidade do sistema radicular pode resultar em árvores adultas sujeitas a um crescimento deficiente, queda pela ação do vento, quebra de tronco ao nível do coleto e

morte prematura de mudas em campo. A biomassa de raízes finas tem associação com o estabelecimento e a sobrevivência da muda pós-plantio no que se refere à eficiência no uso da água e nutrientes e estabilização da planta (ALLEN et al., 2016).

Os defeitos do sistema radicular em mudas cultivadas em recipientes podem ser atribuídos às técnicas usadas no viveiro para lidar com a planta na fase de propagação e o efeito que os recipientes têm no crescimento da raiz e na arquitetura radicular subsequente. Raízes torcidas geralmente ocorrem quando elas são conduzidas para um orifício no fundo do recipiente. Isso pode causar sérias alterações angulares nas raízes principais de 90° ou mais logo abaixo do nível do torrão (enraizamento em L ou J). Raízes enoveladas, que começam a circular no recipiente, também têm o potencial de envolver o tronco ou as raízes principais à medida que a planta cresce. Esses defeitos ocorrem com mais frequência em embalagens redondas, de lados lisos e inclinados (MOORE, 2001).

De acordo com McGrath et al. (2021), não há um sistema ideal de produção de mudas de árvores em viveiro. No entanto, um sistema de produção que não apenas evite torções e enovelamentos, mas que também estimule o desenvolvimento de raízes fibrosas e bem ramificadas, é o mais desejável, porque esse sistema radicular pode proliferar rapidamente no solo circundante e, presumivelmente, aumentar o sucesso do transplante. Diversas abordagens têm sido utilizadas para reduzir a incidência de raízes malformadas. Esses métodos incluem: revestimentos de recipientes com produtos químicos reguladores de crescimento de raízes, remoção mecânica por poda, embalagens modificadas (recursos estruturais de células, incluindo uma variedade de formas, nervuras ou ranhuras para guiar as raízes para certas áreas) e o uso de poda aérea.

Recipientes de poda aérea de raízes são embalagens que induzem a “poda” natural de raízes em formação pela desidratação das pontas das raízes. São modelos de recipientes projetados para induzirem o crescimento de raízes de modo que haja a poda natural das raízes quando elas entram em contato com o ar. Sistemas que se utilizam desse tipo de embalagens visam ao desenvolvimento de sistemas radiculares mais saudáveis em todas as fases de produção. Com mudanças oportunas, o impulso de poda de raízes pode ser continuado durante todo o período de produção (WIKIPÉDIA, 2022).

Figura 4 - Modelos de embalagens que induzem a poda aérea de raízes na fase inicial de propagação em bandejas (acima) e nos estágios seguintes de desenvolvimento da muda em embalagens maiores (abaixo). Fonte: RootMaker, 2022.



O primeiro procedimento se utiliza de bandejas que já promovem a poda aérea das raízes. Após a propagação, é realizado o transplântio das mudas para embalagens maiores, também projetadas para continuar a poda de raízes em suas paredes laterais (Figura 4). Esse tipo de embalagem tem uma série de ranhuras e saliências que inibem o enovelamento das raízes e as direcionam para as aberturas para a poda aérea, criando um sistema radicular em todo o volume do meio de crescimento e não apenas em uma camada congestionada na parede lateral. A primeira raiz a chegar a uma abertura é geralmente a raiz principal. Quando isso ocorre, a ponta desidrata e para de crescer e se formam raízes secundárias com hábito de crescimento horizontal. Essas raízes secundárias também são desidratadas e criam ramificações adicionais. Os sistemas radiculares fibrosos são menos suscetíveis às variações climáticas, aceleram o crescimento das plantas, aumentam o seu vigor e eficiência de absorção de água e nutrientes, diminuem o choque de transplante e aumentam a saúde da planta no longo prazo (ROOTMAKER, 2022).

Um exemplo de recipiente expansível que permite a continuidade da poda de raízes aéreas em etapas mais avançadas de produção da muda no viveiro é um produto patenteado: o RootBuilder® II (Figura 5), que se utiliza dos mesmos princípios apresentados para as embalagens descritas anteriormente. A parede desse produto tem a configuração de funis com projeção para o exterior da embalagem, que terminam em orifícios para onde as raízes são direcionadas. Por causa da sua configuração, a parede lateral é sombreada, reduzindo a temperatura e a evaporação de água. A embalagem é oferecida em um rolo contínuo que pode ser cortado para criar qualquer tamanho de recipiente. Com alguns centímetros de sobreposição, o recipiente é montado usando



Figura 5 - Modelo RootBuilder® II de embalagem, que induz a poda aérea de raízes em fases mais avançadas de desenvolvimento da muda. Fonte: RootMaker, 2022.

braçadeiras. Um disco pode ser utilizado como o fundo do recipiente (ROOTMAKER, 2022).

A FPMZB usa os seguintes recipientes na maioria de suas rotinas: sacolas plásticas de 18 x 24 cm, sacolas plásticas de 25 x 40 cm, potes plásticos flexíveis de 25 litros, potes plásticos rígidos ou de rafia – “bags” de 60 litros (Figura 6). Essas medidas são as utilizadas nos diversos momentos do processo, considerando o destino final da muda, desde o plantio ou repicagem até a saída da muda do viveiro.

A sequência mais comum de utilização dos recipientes é a seguinte: sacola plástica de 18 x 24 cm para as mudas saídas da sementeira até atingirem a altura de 0,6 m a 1 m; e sacola plástica de 25 x 40 cm para as mudas entre 1 m e 1,5 m. Aqui permanecem as mudas que serão utilizadas em plantios de recomposição de áreas degradadas ou em áreas onde não seja exigido o padrão da DN 69.

Se a DN 69 for a referência, ou se as mudas forem permanecer por um período mais longo de tempo no viveiro, o processo de transposição segue para embalagens plásticas de 25 litros até as mudas atingirem entre 1 m e 2 m de altura, e embalagens de 60 litros para as mudas que se desejem acima de 2 m de altura até a saída do viveiro.



Figura 6 - Diferentes tipos de embalagens utilizadas na produção de mudas no viveiro da FPMZB, da esquerda para a direita: sacolas plásticas; pote plástico flexível de 25 litros; pote plástico de 60 litros; “bag” de rafia. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os Processos de sementeira. Depois de beneficiadas e selecionadas, as sementes são colocadas para germinar de duas maneiras distintas: em sementeira ou diretamente em recipientes.

Para a maioria das espécies produzidas, a sementeira é realizada em leito de areia, no interior de casas de vegetação (Figura 7). Chama-se de sementeira indireta, essa prática acontece quando as sementes são colocadas para germinar em sementeiras e, depois de germinadas, são transferidas para os recipientes definitivos (sacos plásticos, vasos ou outros), onde se desenvolverão no viveiro. Geralmente, esse tipo de sementeira é utilizado para espécies com germinação baixa e irregular, isto é, a germinação de todas as sementes não ocorre simultaneamente (OLIVEIRA et al., 2016).

Há casos em que a sementeira é realizada diretamente no recipiente. Esse tipo de sementeira é utilizado geralmente para espécies com porcentagem de germinação alta e regular, significando que todas as sementes germinam mais ou menos ao mesmo tempo, ou no caso de espécies que não toleram o processo de passagem da plântula do leito de areia para um recipiente, conhecido como “repicagem”, como ocorre com a sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). O índice de perda dessa espécie é muito alto, e é recomendada a sementeira direta em sacola plástica, com posterior desbaste do excesso de plântulas germinadas, mantendo-se a mais vigorosa.

A vantagem de utilizar a sementeira em leito de areia está no aceleramento e homogeneização da germinação e possível seleção do melhor material a ser utilizado no restante do processo. Essa etapa também permite melhor observação de possíveis problemas com o sistema radicular, tais como a formação deficiente ou o enovelamento. Cabe ao técnico responsável a decisão de qual método utilizar.

A etapa de repicagem é de grande importância e foi por muito tempo motivo de avaliação atenta por parte da FPMZB, pois se observava grande perda nesse processo. No padrão estabelecido, a operação de transposição da plântula do leito de areia para a sacola plástica é realizada nas primeiras horas da manhã, até no máximo às 10 horas, nos dias sem precipitação. Nos dias em que chove, considerando que o percentual de umidade relativa do ar está bem próximo de 100%, o processo pode ser realizado ao longo de todo o dia. Essa pequena adequação ao procedimento garante a diminuição da mortalidade de plantas transplantadas. Outro detalhe importante é a não realização de repicagem quando não há irrigação no dia seguinte (domingos e feriados), isso

porque a planta quando repicada deve receber uma irrigação diferenciada pelos primeiros 30 dias, recebendo pouca água, mas com maior frequência, de forma a garantir a umidade do substrato, contudo evitando o acúmulo ou o excesso de água nos recipientes.

Com relação ao momento da repicagem, este deve ser atentamente observado, pois as diversas espécies têm comportamentos distintos. Dependendo da espécie, o sistema radicular se desenvolve muito rápido, e, em alguns casos, a raiz primária atinge grande comprimento, dificultando o processo de transplantio. Nessa etapa, um cuidado especial deve ser considerado para que, no momento de colocar a plântula na sacola, a raiz principal não fique tortuosa e possa gerar o enovelamento durante o seu crescimento (Figura 8). Para que a raiz não dobre na sacola, é necessário abrir previamente um espaço no substrato com uma cunha e, depois de inserir a planta, apertar o substrato contra a raiz.



Figura 7 - Detalhes da sementeira em leito de areia (esquerda) e no recipiente (direita). Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 8 - Detalhes de uma muda com raízes enoveladas em razão do procedimento inadequado de repicagem. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O enchimento dos recipientes com substrato é uma atividade manual que na maioria das vezes é realizada no galpão da produção, onde os colaboradores trabalham com maior conforto (Figura 9). Quando são utilizadas as embalagens de maior porte e maior dificuldade de translocação, o enchimento com substrato se dá diretamente no campo.

No caso das plantas que sairão da sementeira para as sacolas plásticas, o substrato, assim que preenche o recipiente, recebe prévia irrigação para garantir um teor de umidade que minimize o estresse da muda no momento da transposição. Assim que os recipientes recebem as plântulas, são encaminhados ao “berçário”, local bem próximo à sementeira. É importante que a muda vá da sementeira para o berçário, pois, além de facilitar a logística, o processo de movimentar a sacola imediatamente após a muda colocada no recipiente pode elevar a mortalidade de plântulas.

Quando da transferência das mudas de embalagens menores para maiores (Figura 10), o risco de perda de mudas é bem reduzido, necessitando apenas atentar-se para o fato de não enterrar o colo da muda. Outro detalhe está em pressionar bem o substrato contra a muda para garantir o contato do sistema radicular com o substrato.

Posicionamento dos recipientes nos canteiros. A arrumação dos recipientes com as mudas em canteiros deve atentar para diversos fatores, e a importância de cada um está relacionada às especificidades dos diferentes viveiros. Os objetivos principais são: ocupar o espaço da melhor forma possível; garantir que todas as mudas recebam água durante a irrigação; garantir espaço suficiente para a limpeza do viveiro e capina dos recipientes; garantir espaço para desenvolvimento e recebimento de radiação luminosa; e facilitar a expedição das mudas.

Em cada seção do viveiro e em virtude do tamanho dos recipientes, os espaçamentos utilizados são diferentes. No berçário, para facilidade de contagem e inventário das mudas, são adotados blocos quadrados espaçados em 1 m entre blocos, com 100 sacolas em cada bloco. Esse formato também facilita a limpeza e a capina.

No canteiro de crescimento, para onde vão as mudas em recipientes de 25 e 60 litros, adota-se o arranjo das mudas em linhas duplas, com espaçamento de 1 m entre linhas. Entre as mudas, só há espaçamento quando o recipiente é de 25 litros, e os potes de 60 litros são mantidos em contato entre si, potencializando o espaço disponível no viveiro (Figura 11).



Figura 9 - Detalhe do enchimento de embalagens com substrato no galpão de produção de mudas do viveiro da FPMZB. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 10 - Detalhes do reen-vase de mudas de sacolas de 18 x 24 cm para potes de 25 litros. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 11 - Detalhes do espaçamento entre mudas nos diferentes recipientes: 18 x 24 cm (alto à direita); 25 litros; e 60 litros (abaixo à direita). Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Formação das mudas. Durante todo o processo, além da seleção contínua das mudas mais vigorosas e a eliminação daquelas que não atendem esse padrão, estas recebem desbrotas, de forma a garantir que adquiram um fuste único e contínuo (Figura 12), especialmente as mudas do padrão DN 69. O objetivo é que atinjam a altura mínima de 2,5 m, com um único fuste, permitindo a bifurcação somente a partir dessa altura.

Cuidados gerais com as mudas. Os principais cuidados com as mudas após os processos descritos são os já conhecidos em produção vegetal de forma geral. Aqui são destacados alguns pontos que se mostraram diferenciais no manejo do viveiro da FPMZB na busca do sucesso na produção de mudas no padrão preconizado pela DN 69.

Irrigação – Sem água, não há produção vegetal; portanto, a rega deve ser observada com atenção durante todo o processo de produção. Independentemente do sistema adotado, se automatizado ou manual, com mangueiras ou irrigadores (Figura 13), a condição hídrica das mudas sempre deverá ser observada. Essa inspeção deve ser diária, uma vez que recipientes com problemas de drenagem ou mesmo danificados podem comprometer as mudas. A frequência de irrigação também deve ser ajustada nos diferentes períodos do ano, em virtude da evapotranspiração diferenciada.

Atenção especial deve ser dada ao processo de arrumação das mudas no viveiro, promovendo a separação das espécies por bioma de ocorrência, dada a demanda diferenciada por água. Assim, por exemplo, mudas do bioma Cerrado e de Mata Atlântica têm demandas por água completamente distintas; logo, se elas permanecerem em um mesmo local com irrigação ajustada para um grupo, o outro grupo pode apresentar problemas.

Limpeza do viveiro e dos recipientes – A limpeza de todo o viveiro deve ser constante, principalmente com o objetivo de evitar problemas fitossanitários e doenças aos trabalhadores oriundas do acúmulo de água em recipientes que possam virar criadouros de mosquitos, por exemplo. A capina do recipiente deve ser realizada rotineiramente, sendo esta a etapa que mais demanda mão de obra, pois é feita individualmente em cada recipiente. Outra observação relevante é a limpeza/capina das áreas comuns, locais que podem servir de hospedagem para vetores de pragas e doenças para as mudas (Figura 14).



Figura 12 - Detalhes da desbrota das mudas em campo (à esquerda) e de uma muda desbrotada, com fuste único (à direita). Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 13 - Detalhes da irrigação das mudas em campo por gotejamento (à esquerda) e por aspersão (à direita). Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 14 - Detalhe de uma seção do viveiro mantida devidamente livre de ervas daninhas e da capina dos recipientes de mudas. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 15 - Detalhe do plantio de herbáceas ornamentais para diminuição da necessidade de capina de mudas no recipiente. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Uma possibilidade de manejo visando diminuir a necessidade de capina no recipiente é o plantio de espécies herbáceas ornamentais junto às mudas de essências florestais (Figura 15). Essa prática inibe o desenvolvimento de plantas daninhas no recipiente, além de servir de cobertura vegetal para a superfície do futuro berço, no plantio definitivo da muda no campo.

Adubação de manutenção – No viveiro da FPMZB, adota-se, como regra geral, independentemente da espécie produzida, a adubação semestral por cobertura apenas nos recipientes de 25 e 60 litros, dada sua permanência no viveiro por períodos mais longos e porque as mudas nos demais recipientes já recebem adubação suficiente no momento do reenvase. É utilizado o adubo mineral de liberação lenta 14-14-14 (NPK), na quantidade de 3 g por litro de substrato. No caso de adubo mineral convencional, a formulação 20-05-20 é a utilizada na mesma quantidade do adubo de liberação lenta.

Controle de doenças, pragas e ervas daninhas – Se necessário, é feita a aplicação de produtos específicos para combate às pragas, doenças e ervas daninhas, mas, em geral, essas são situações pontuais se as plantas são mantidas bem nutridas e se o manejo de limpeza for adequado. Cabe considerar que a alta diversidade de espécies produzidas no viveiro é um fator inibidor da ocorrência de grandes problemas sanitários.

Movimentação, deslocamento ou “dança das mudas” – Processo necessário no viveiro para realizar o “desmame” das mudas, que ocorre quando a raiz transpassa o recipiente e fixa no solo. O deslocamento das mudas evita esse problema. O período da estação chuvosa é o mais indicado para essa ação, pois as mudas sofrem alto estresse durante a operação. A movimentação também evita possíveis desequilíbrios de competição entre as mudas, principalmente por luz. Em razão de sua disposição, algumas mudas, por estarem umas no meio das outras, podem estar recebendo menos luminosidade (OLIVEIRA, 2016).

Rustificação ou endurecimento da muda – Cerca de 15 dias antes de serem expedidas, as mudas passam por um processo de aclimação, também chamado de rustificação ou endurecimento, que consiste na diminuição do número de irrigações e/ou da quantidade de água aplicada em cada irrigação. Como consequência, tem-se um aumento na capacidade de estabelecimento após o plantio no local definitivo. Essa operação é de grande importância para o sucesso do plantio no campo.

Tempo de permanência da muda no viveiro – A muda, quando atinge o tamanho para ser expedida, deve sair o mais breve possível, pois quanto mais tempo ficar no viveiro, mais vigor tende a perder. Quanto mais rápido ela for expedida, menor será também o custo da muda, já que a despesa de manutenção é uma das mais elevadas no viveiro.

É importante destacar que essa consideração não diz tanto respeito ao manejo técnico do viveiro, mas é sim um item de estratégia de gestão. É necessário haver um entrosamento perfeito para que todo o processo de obtenção da muda siga uma proposta bem construída, passando pela seleção da espécie a ser produzida, a quantidade de mudas necessária à proposta do município e em acordo com um cronograma que considere o tempo de produção e a data da expedição das mudas.

Expedição da muda – No viveiro da FPMZB, são produzidos basicamente dois tamanhos de mudas de essências florestais: aquele definido na legislação (DN 69) para plantio ao longo das vias (arborização viária), com altura final mínima de 2,5 m (Figura 16), e aquele cujas mudas são destinadas a diversos outros fins, principalmente para recuperação de áreas degradadas, com altura mínima final de 1,5 m.



Figura 16 - Detalhe de uma muda no padrão da DN 69, ainda no viveiro (à esquerda) e já plantada no campo (à direita). Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 17 - Caminhão carregado com mudas no padrão DN 69 sendo despachadas do viveiro. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Um desafio a ser contornado ao final do processo é o transporte das mudas padrão DN 69 do viveiro até o local do plantio definitivo. Dadas as suas dimensões e o peso dos torrões, o transporte deve ser realizado em veículos de maior porte (caminhões), sendo bastante custosos o carregamento e o descarregamento no veículo, além do número reduzido de mudas que podem ser transportadas por viagem (Figura 17). É possível que essas operações sejam realizadas manualmente, mas somente quando o volume de plantios não for muito grande, dado o esforço braçal demandado. Quando se tratar de uma atividade constante, o ideal é prover o caminhão de uma plataforma elevatória automática.

Considerações Finais

De uma forma geral, a prática tem mostrado que os resultados da produção de mudas manejadas para atender aos padrões previstos na legislação municipal de Belo Horizonte são bastante satisfatórios. O crescimento e o desenvolvimento das mudas em campo, quando adotados os parâmetros previstos na DN 69, atestam esse padrão de produção de mudas para a Arborização Urbana (Figura 18).

Mas, para atingir esse padrão, toda uma nova filosofia teve que ser implantada, considerados os custos ampliados para que o produto pretendido fosse alcançado e as mudanças radicais na rotina de produção e plantio. Gestores tiveram que ser convencidos de que o aumento dos custos associados à diminuição na quantidade de mudas produzidas se configura, na verdade, em redução do gasto público necessário à implantação de uma Arborização Urbana de qualidade, mais eficiente, de estabelecimento mais rápido e particularmente menos propensa à depredação, principal motivo de perdas de mudas plantadas na cidade.

Empreendedores da indústria imobiliária tiveram que se adequar à obrigação de plantar mudas mais caras para obter licenças que viabilizem seus empreendimentos, embora boa parte destes tenha se posicionado avessa a essa regra em um primeiro momento.

O mercador produtor de mudas ainda não se mostra plenamente convencido da necessidade de produzir mudas melhores, uma vez que, não raramente, privilegia o lucro em detrimento da qualidade. Nesse aspecto, conforme considera Worsley (2020), as maiores compradoras de mudas de árvores para Arborização Urbana são as instituições governamentais, públicas. Tradicionalmente, elas têm sido consumidoras passivas do que o mercado é capaz de fornecer, mas a seleção de espécies, o padrão das mudas e o sistema de produção utilizado podem, e devem, ser induzidos pelo poder de quem compra, instigando mudanças significativas (Figura 19).

Por fim, cabe reafirmar que a produção de mudas destinadas à Arborização Urbana tem uma dinâmica diferenciada dos viveiros convencionais. Sendo assim, ela deve receber a devida atenção técnica e gerencial que proporcione o cultivo adequado de um produto que atenda uma demanda cada vez mais requerida pela sociedade: cidades ambientalmente melhores, mais saudáveis e mais agradáveis para viver.



Figura 18 - Detalhes de um plantio realizado com o emprego de uma muda no padrão DN 69 e da árvore estabelecida após seis anos. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 19 - Detalhe de um anúncio publicitário oferecendo mudas no padrão exigido pelo município. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Referências

- ALLEN, K.; HARPER, R. W.; BAYER, A.; BRAZE, N. A Review of Nursery Production Systems and Their Influence on Urban Tree Survival. **Urban Forestry & Urban Greening** 21, December 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311655876_A_Review_of_Nursery_Production_Systems_and_Their_Influence_on_Urban_Tree_Survival. Acesso em: março d 2020.
- AYER, F. **Supermudas contra o vandalismo são aposta na capital**. 2013. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/08/08/interna_gerais,432681/supermudas-contra-o-vandalismo-sao-aposta-na-capital.shtml. Acesso em: março de 2020.
- BELO HORIZONTE (MG). **Deliberação Normativa nº 69 de 30 de agosto de 2010**. Estabelece normas para o plantio de árvores em logradouros públicos, em substituição à Deliberação Normativa nº 09, de 08 de julho de 1992. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20editor_a_meio_ambiente/deliberacoes/comam/DN69_10.pdf. Acesso em: março de 2020.
- BRASIL. **Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm. Acesso em: março de 2020.
- BRASIL. **Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004**. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm. Acesso em: março de 2020.
- BRASIL, 2005a. Instrução de Serviço CSM/DFIA/SDA/MAPA nº 01/05. Disponível em: <https://apps.agr.br/instrucao-de-servico-csmd-fiasdamapa-no-0105/>. Acesso em: março de 2020.
- BRASIL, 2005b. **Instrução Normativa nº 09, de 02 de junho de 2005**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=76073>. Acesso em: março de 2020.
- BRASIL, 2005c. **Instrução Normativa nº 24, de 16 de dezembro de 2005**. http://www.lex.com.br/doc_607466_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_24_DE_16_DE_DEZEMBRO_DE_2005.aspx. Acesso em: março de 2020.
- BRASIL, 2016. **Instrução Normativa nº 17, de 26 de abril de 2016**. http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20186073/d01-2017-04-28-instrucao-normativa-n-17-de-26-de-abril-de-2016-20185922. Acesso em: março de 2020.
- DICIO. Dicionário Online de Português. **Depredação**. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/depredacao/>. Acesso em: março de 2020.
- LEVINSSON, A. **Urban tree establishment the impact of nursery production systems and assessment methods**. 2015 (Doctoral Thesis). Disponível em: https://pub.epsilon.slu.se/11973/1/levinsson_a_150305.pdf. Acesso em: março de 2020.
- MACEDO, A.C. **Produção de mudas em viveiros agroflorestais, espécies nativas**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente; Fundação Florestal, 1993. 21 p.
- MCGRATH, D.; HENRY, J.; MUNROE, R.; WILLIAMS, C. From propagation to field: Influence of tray design on tree seedling quality and performance. *J. Ambiente. Hort.* 39(1):33-40, março de 2021.
- MEDICINAL PLANTS ARCHIVE. **Plant quality and nursery production**. May 2016 | Urban Forests. Disponível em: <https://www.medicinalplantsarchive.us/urban-forests/plant-quality-and-nursery-production.html>. Acesso em: março de 2020.
- MENIN, R. **Depredação de bens públicos**. Abril 2013. Disponível em: <https://www.blogrubensmenin.com.br/depredacao-de-bens-publicos>. Acesso em: março de 2020.
- MOORE, D. Nursery practices and the effectiveness of different containers on root development. Treenet Proceedings of the 2nd National Street Tree Symposium: 6th and 7th September 2001. Disponível em: <https://treenet.org/resources/nursery-practices-and-the-effectiveness-of-different-containers-on-root-development/>. Acesso em: janeiro de 2022.
- OLIVEIRA, M.C.; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A. A.; SANTOS, D. S.; SOUZA, R. M.; GUIMARÃES, T. G.; SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, D. J. S.; RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.
- ROOTMAKER®. The original root-pruning container system®. Disponível em: <https://rootmaker.com/docs/Catalog.pdf>. Acesso em: janeiro de 2022.
- SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual** - Campo Grande, MS.: Ed. UFMS, 2006. 59 p. Rede de sementes do Pantanal.
- TEIXEIRA, S. A.; MAIOCHI, R. A.; GIRARDI, C. G.; SCHORN, L. A. Efeito de diferentes tamanhos de sacos plásticos na produção de mudas de *Triplaris americana* L. e *Jacaranda micrantha* Cham. **Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre**, v. 5, supl. 2, p. 765-767, jul.
- WIKIPÉDIA. Root trainer. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Root_trainer. Acesso em: janeiro de 2022.
- WORSLEY, W. **The right tree in the right place for a resilient future**. Disponível em: <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/urban-tree-manual/>. Acesso em: março de 2020.

Lafoensia pacari A.St. Hil.





Preservação de Árvores durante Obras Cíveis

Edinilson dos Santos

1. Introdução

Por se tratar de um assunto de grande interesse no manejo da Arborização Urbana e dada a pouca disponibilidade de informação na literatura brasileira, entendeu-se como importante a realização de uma revisão a respeito da preservação de árvores durante obras civis, exposta neste capítulo.

Uma árvore é um elemento que não se coloca na paisagem urbana de maneira imediata e pronta. Árvores demoram a se estabelecer e a atingir um porte que as capacite a propiciar todos os benefícios delas esperados. Mesmo quando transplantadas já adultas, ainda assim as plantas necessitam de um tempo de convalescença, isso sem considerar os custos e a logística necessários para promover essa operação.

Fisette e Ryan (2020) lembram que um paisagismo inteligente, bem elaborado, também é uma das maneiras mais simples de aumentar o valor e acelerar a venda de um imóvel. Segundo os autores, pesquisas realizadas com agentes imobiliários concluem que grande parte deles entende que terrenos arborizados são mais vendáveis e que a maioria dos proprietários prefere que os construtores deixem o maior número possível de árvores nos lotes de suas futuras casas.

Embora as evidências apoiem a preservação, muitos empreendedores continuam preferindo “limpar” os locais onde constroem. Eles que-rem acesso irrestrito a todas as partes do terreno e preferem plantar novas árvores ao término do projeto. Outro fato comum é que os poucos construtores que mantêm árvores perdem-nas durante a execução das obras ou pouco tempo depois, mesmo quando os danos não são inten-cionais. Então, o processo de ocupação do terreno que preserva árvores requer um planejamento cuidadoso e uma comunicação eficiente entre todos os envolvidos.

Muitas cidades brasileiras têm especificações de proteção de árvores em sua legislação ambiental e do uso do solo, onde os proprietários devem seguir os trâmites legais para obtenção de licenças para intervenções em árvores. Essa é uma ferramenta de que dispõe o Poder Público para monitorar a vegetação arbórea da cidade, mas que também deveria ser empregada para tentar convencer ou mesmo obrigar que os empreendedores observem a presença das árvores e as incluam de forma harmônica em seu projeto, agregando valor ao seu empreendimento. A legislação também serve de parâmetro para que a própria municipalidade tenha atenção na cobrança de empreiteiros que conduzem obras estruturantes da cidade, que por vezes causam danos às árvores plantadas em locais públicos.

Certamente a lei auxilia na preservação, mas o melhor caminho deve percorrer a disseminação de informação, educando e conscientizando a população para que ela própria passe a considerar a existência das árvores em seu imóvel como uma grande benesse, não como um entrave às suas aspirações.

Sydnor e Heiligmann (1999) lembram que reunir informações sobre como enxergar as árvores num canteiro de obras é uma forma de identificar maneiras de minimizar o impacto da construção civil sobre as árvores e seus ambientes e de justificar a seleção das árvores que devam ser preservadas ou plantadas ao final das obras. Ainda segundo os autores, para conseguir isso é necessário primeiro entender o ambiente onde as árvores cresceram e como esse ambiente pode ser alterado pela construção de uma casa ou qualquer outra edificação.

A estruturação deste capítulo segue as linhas gerais definidas pela International Society of Arboriculture (2013a e 2013b), acrescida de informações mais completas, obtidas na revisão de literatura.

2. Como as Árvores são Danificadas durante Obras

De acordo com British Standards Institution (2012), os procedimentos relacionados à construção civil frequentemente deixam as árvores vulneráveis a perturbações, ferimentos, pragas e doenças. Eles também potencializam as pressões sobre as árvores remanescentes promovendo mudanças drásticas em seu ambiente imediato. Uma árvore que levou muitas décadas para alcançar a maturidade pode ser danificada irreparavelmente em alguns minutos por ações que podem ser inconscientes, negligentes ou voluntárias.

Sydnor e Heiligmann (1999) citam galhos quebrados, casca ferida e raízes danificadas como sintomas comuns do não planejamento ou descuido durante as atividades em canteiros de obras. Danos físicos podem resultar na morte (imediata ou tardia) da árvore ou em aumento dos custos de manutenção para garantir a sua sobrevivência. Mas certamente grande parte dos danos que ocorrem durante a construção pode ser evitada se o empreendimento for cuidadoso.

Os equipamentos e veículos pesados podem danificar a parte da árvore que está acima do solo ao quebrar seus galhos e lesionar seu tronco. Geralmente, a folhagem pode ser perdida ou danificada por poda ou lesão provocada por caminhões, guindastes, escavadeiras e assim por diante. A remoção das folhas reduz o nível de fotossíntese e, portanto, a produção de metabólitos. Isso, por sua vez, debilita a árvore, reduzindo sua capacidade de suportar tensões impostas por mudanças em seu ambiente. Técnicas incorretas de poda podem produzir feridas que são suscetíveis à infecção por organismos decompositores de madeira. Da mesma forma, danos mecânicos aos ramos também geram ferimentos. As árvores respondem automaticamente às agressões, mas para fazê-lo usam de reservas armazenadas. Qualquer ferimento coloca uma carga adicional nas árvores, gerando estresse. Os troncos podem ser feridos mecanicamente, e isso não apenas predispõe a árvore a uma deterioração em potencial, mas também interfere no transporte de água, nutrientes e açúcares por todo o corpo da planta (AUSTRALIAN STANDARD, 2009).

Mas, na prática, é o sistema radicular que tende a ser danificado com mais frequência. Os sistemas radiculares das árvores contêm raízes de diferentes calibres; as maiores e mais lenhosas são perenes, tendem a crescer horizontalmente e principalmente nos 60 cm superficiais do solo, embora algumas se desenvolvam verticalmente (as pivotantes). Suas funções incluem ancoragem, transporte e armazenamento de água e sais minerais. Raízes absorventes, menores, têm como principal função absorver água e sais minerais e constituem o maior volume do sistema radicular (DENNIS; JACOBI, 2014) (Figura 1).

De acordo com Sillick e Jacobi (2013), as raízes crescem onde água, sais minerais e oxigênio são encontrados e disponíveis. Como esses elementos geralmente estão mais fortemente presentes na camada superficial superior do solo, a maior concentração de raízes absorventes ocorre nessa zona. Outros fatores que determinam o crescimento radicular incluem as características físicas do solo. Em geral, à medida que

a profundidade aumenta, a compactação também aumenta, enquanto a disponibilidade de minerais, oxigênio e temperatura diminui.

Depois que uma árvore já está estabelecida, qualquer alteração na condição do solo pode ser extremamente prejudicial às raízes. Sendo assim, durante o desenvolvimento de obras civis deve ser evitada qualquer prática que altere o solo original e fira as raízes, incluindo: compactação, alterações no greide do terreno e lesões mecânicas. No entanto, se essas práticas não puderem ser evitadas, devem ser empregados métodos que minimizem os danos por elas provocados às árvores (SILLICK; JACOBI, 2013).

Nos parágrafos seguintes, são apresentadas e discutidas as formas como as árvores normalmente sofrem danos durante as obras civis, acarretando, como possíveis efeitos, a redução do apelo estético, a redução na saúde e no vigor, maior susceptibilidade às pragas, doenças e estresse ambiental, morte de parte do sistema radicular, enfraquecimento da estabilidade ou mesmo a morte da árvore. O Anexo 1, quadro adaptado de Sydnor e Heiligmann (1999), resume as atividades de construção que podem injuriar as árvores remanescentes e seus efeitos.

Seccionamento de raízes. Forma mais comum de dano, o corte de raízes é normalmente provocado pela terraplenagem e pela escavação de valas para instalação de redes de serviços e fundações e pode ser bastante prejudicial à árvore. O sistema radicular pode se espalhar horizontalmente a grandes distâncias, e, por essa razão, é importante que cortes no terreno sejam feitos o mais longe possível da árvore para evitar danos que comprometam a sua saúde e a sua estabilidade (DENNIS; JACOBI, 2014).

Compactação do solo. Um solo ideal para o crescimento e bom funcionamento das raízes deve conter um volume adequado de poros ou espaços vazios. A compactação inibe o crescimento das raízes, limita a penetração da água e diminui a quantidade de oxigênio disponível para a sobrevivência da raiz. Quando o crescimento radicular é restringido por solos compactados, o declínio e a deterioração da árvore podem ser imediatos ou aparecer gradualmente ao longo de um período de vários anos.

Drummond (2019) acrescenta que a falta de permeabilidade impede que gases nocivos do solo se dissipem na atmosfera (Figura 2) e que muitas vezes os solos mudam de permeável aeróbico para impermeável anaeróbico, levando à morte de microrganismos essenciais ao crescimento saudável das raízes.

De acordo com Rose (2020), a compactação durante as obras civis pode ocorrer por vários motivos, mas o trânsito de veículos é particularmente prejudicial, embora o repetido tráfego de pedestres também possa ser danoso à estrutura do solo. O tráfego compacta o solo mais severamente na superfície, onde se encontra a maioria das raízes, diminuindo a permeabilidade e interferindo na drenagem superficial e subsuperficial.

Sufocamento das raízes pela adição de terra. Mudanças na profundidade do solo ao redor das árvores, ocasionadas pelas alterações no perfil topográfico do terreno (greide) também podem causar danos ao sistema radicular. Como já mencionado, a maioria das raízes finas que absorvem água e minerais está localizada nos centímetros superiores do solo, em que os níveis de oxigênio e umidade tendem a ser mais adequados para o seu crescimento. Mesmo o acúmulo de poucos centímetros de terra sobre o sistema radicular, provocado pelo aterramento, pode sufocar as raízes finas e, eventualmente, causar a morte de raízes maiores (Figura 3).

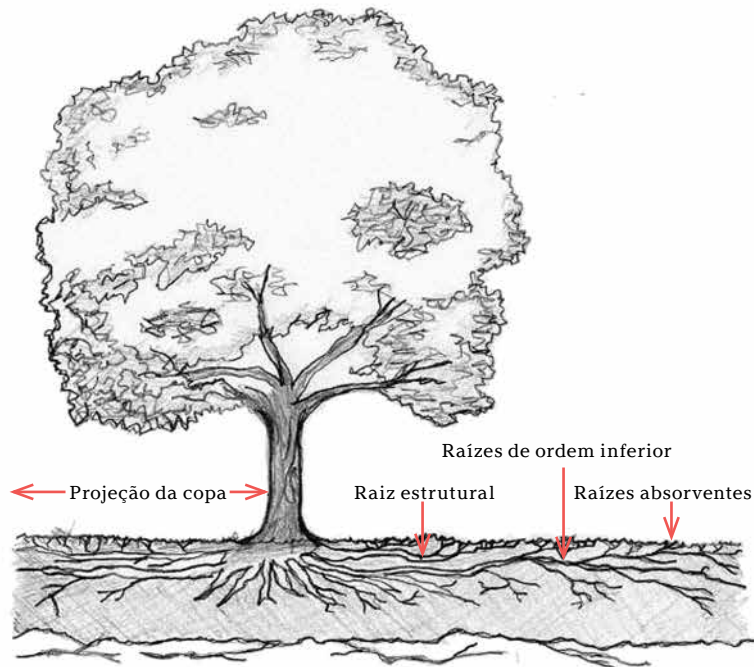


Figura 1 - Configuração comum do sistema radicular de uma árvore crescendo em um ambiente normal.



Figura 2 - Compactação do solo criando solos impermeáveis que dificultam a entrada de ar e água e a saída de gases nocivos. Adaptado de Drummond (2019).



Figura 3 - Adição de solo sobre as raízes das árvores.

Segundo Drummond (2019), a adição de solo significa que as raízes, antes preparadas para crescer nos centímetros superiores do solo, agora precisam se adequar para crescer sob uma nova profundidade maior. É provável que isso provoque estresse severo à planta, afetando sua fisiologia e tornando-a mais suscetível aos patógenos e exigindo que ela gaste uma energia preciosa para o lançamento de novas raízes. Tudo isso no momento em que a sua capacidade de absorver água e nutrientes é reduzida.

O aterramento da região do coleto do tronco também pode causar problemas para a planta. A casca que protege os órgãos aéreos não é adaptada ao contato direto com o solo, o que pode levar à podridão e morte, configurando-se como um anelamento que interrompe a circulação de seiva entre o sistema radicular e a copa.

Os primeiros sintomas de declínio devido ao aterramento excessivo das raízes são o surgimento de folhas pequenas e descoloridas, com queda prematura. Também pode ocorrer a morte de ramos e galhos, de forma mais rápida ou mais lenta, dependendo da espécie e da saúde inicial da árvore (DENNIS; JACOBI, 2014).



Figura 4 - Imagens mostrando a remoção do solo levando à exposição e ferimento de raízes, e à alteração das condições do solo e a estabilidade das árvores.

Remoção do solo em torno da árvore. Ao contrário do aterramento, a remoção do solo em torno de uma árvore pode expor e ferir raízes, alterar as condições do solo onde as raízes crescem e reduzir a disponibilidade de água (Figura 4). Onde o greide foi alterado, o dano mais comum é o corte completo das raízes principais, podendo causar declínio ou morte da árvore ou diminuição da estabilidade perante a ação de ventos fortes. O preparo da superfície para a pavimentação do entorno da árvore, além de promover a compactação, também remove o solo superficial, que contém muitas raízes absorventes.

Contaminação do solo. De acordo com Sydnor e Heiligmann (1999), quando materiais de construção não são armazenados em uma área isolada, longe das árvores, ou em locais passíveis de plantios, eles podem causar compactação do solo, danos físicos e potencial intoxicação às árvores por derramamentos de materiais prejudiciais ou perigosos, tais como óleos, gasolina, querosene, asfalto, agentes de limpeza e cimento, produtos comumente associados à atividade de construção.

Material de construção enterrado ou espalhado pelo terreno, como cascalho, concreto, madeira e gesso, também produzem barreiras físicas, interferem nos futuros plantios, perturbam o movimento do ar e da água no solo e interferem no crescimento radicular. Alguns materiais podem, ainda, alterar a natureza química do solo, tornando-o menos adequado para muitas espécies de árvores e outras plantas.

Remoção da vegetação em torno da árvore. Sydnor e Heiligmann (1999) relatam que a remoção da vegetação para permitir a construção pode causar pequenas ou dramáticas mudanças no ambiente resultante, dependendo da sua extensão. As árvores de um bosque ou uma floresta crescem como uma comunidade, protegendo umas às outras das intempéries. Normalmente, elas se tornam esguias, com troncos longos e retos e copas altas. A remoção das árvores da vizinhança faz com que as remanescentes sejam mais expostas à luz do sol e ao vento, o que pode causar queimaduras de casca e folhas, a quebra de galhos ou mesmo a queda da árvore. No extremo, o ambiente de um terreno muito aberto e pouco arborizado mudaria pouco pela remoção de uma única árvore; mas, em contraste, numa propriedade muito arborizada, a remoção de um número substancial de árvores para permitir a construção pode alterar muitos elementos do ambiente deixado às árvores restantes. Diferentes espécies toleram esse tipo de distúrbio de maneiras distintas.

Outro impacto potencial da remoção da vegetação pode ser uma mudança dramática na configuração das características ambientais em que crescem as plantas do sub-bosque, fortemente influenciadas pelo grau de sombra fornecido pelas árvores. Plantas mais adaptadas ao ambiente exposto frequentemente substituem aquelas que cresceram no ambiente mais sombreado. Isso pode ou não ser desejável, dependendo dos objetivos do proprietário. Se ele deseja plantar grama sob as árvores, mais luz é interessante, mas se ele pretende manter o caráter natural de floresta, poderá ver sua área invadida por plantas indesejadas (SYDNOR; HEILIGMANN, 1999).

Por fim, quando da supressão das árvores mortas ou condenadas, se todo cuidado não for observado, as árvores ao redor que serão mantidas podem ser seriamente danificadas.

3. Seleção dos Espécimes e Planejamento dos Procedimentos de Preservação

De acordo com a British Standards Institution (2012), onde a preservação ou o plantio de árvores for uma proposta conjunta a um empreendimento, o objetivo a ser alcançado é um relacionamento harmonioso entre as plantas e as estruturas, que pode ser sustentado por um longo prazo. As boas práticas recomendadas por essa instituição britânica seguem uma sequência lógica de eventos que tem o cuidado com as árvores no cerne do processo. Isso é resumido no diagrama de fluxo da Figura 5.

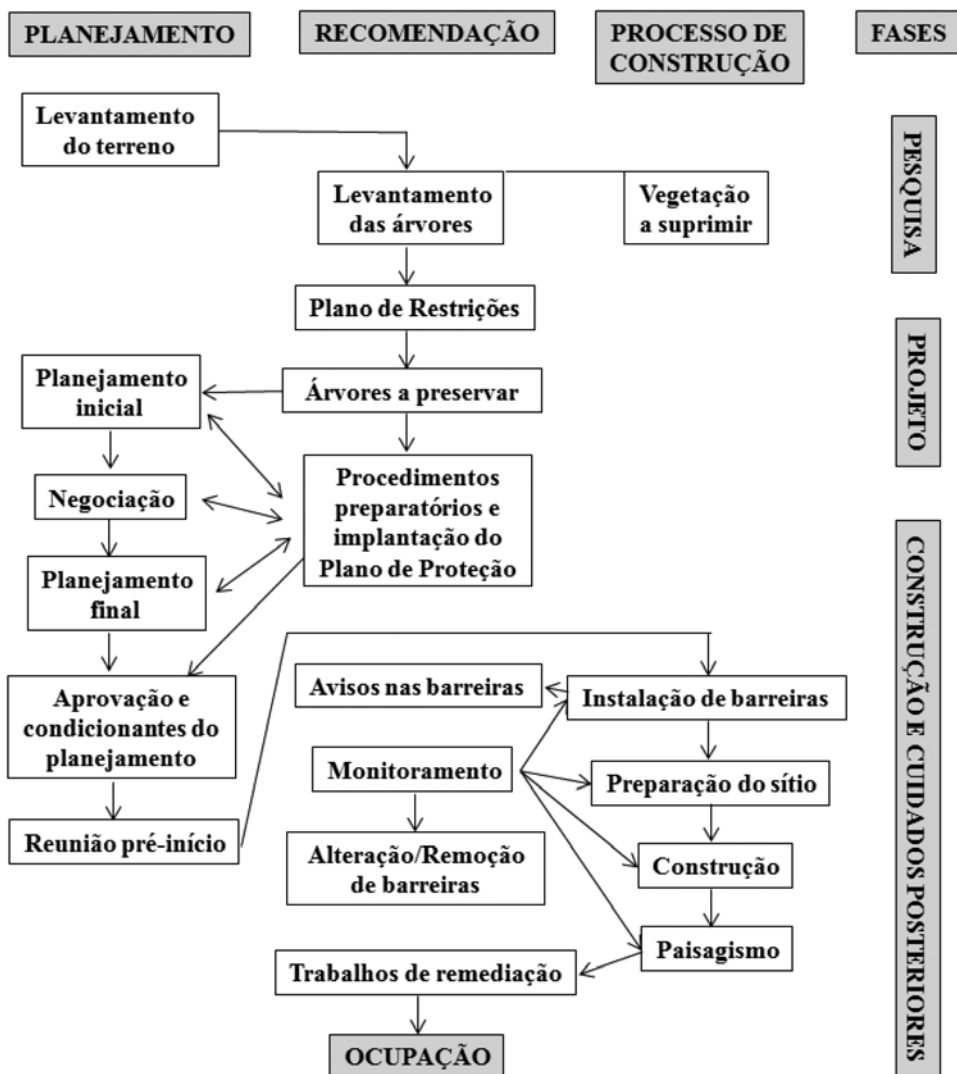


Figura 5 - Diagrama simplificado da sequência lógica de eventos de cuidados com as árvores preconizados pela British Standards Institution. Fonte: Malvern Hills (2020).

Normalmente, nem todas as árvores em área de construção estão aptas a serem preservadas. Um profissional habilitado deve avaliar a saúde e a integridade estrutural de todas as árvores da propriedade, definindo quais delas são mais sensíveis aos danos em potencial provocados pelas obras e quais não deveriam permanecer próximo às futuras edificações em razão de sua fragilidade ou característica morfológica específica.

De acordo com Elmendorf et al. (2017), um inventário é a ferramenta adequada para fornecer as informações para a tomada de decisão sobre quais árvores podem ser preservadas e quais medidas são necessárias para protegê-las.

Informações precisas são importantes, uma vez que pequenas variações entre as localizações reais e as mapeadas podem afetar drasticamente a interferência necessária na árvore para que ela se adeque à construção. Para árvores que crescem em bosques, os empreendedores precisam apenas de informações sobre as árvores que crescem à sua margem. Para árvores que crescem individualmente ou em pequenos grupos, são necessárias informações mais detalhadas de cada exemplar.

A British Standards Institution (2012) determina que o levantamento das árvores deve conter, pelo menos, as seguintes informações sobre cada árvore presente no terreno: um número de referência; nome da espécie; sua altura total e o diâmetro à altura do peito; a distância em relação às árvores vizinhas; a altura da copa em relação ao solo; sua classe etária; sua condição fisiológica e estrutural; os requisitos preliminares de manutenção ou adequação à obra; e a expectativa de vida. As características do sítio, tais como pontos de acesso à futura edificação, encostas íngremes e áreas úmidas, também devem ser consideradas na avaliação.

É importante preservar apenas as árvores que são saudáveis e estruturalmente seguras. Árvores mortas, moribundas e perigosas devem ser removidas antes do início das obras. Com base nos dados do inventário, são recomendadas as ações necessárias para melhorar a saúde e a estrutura das árvores selecionadas. Essas recomendações incluem irrigação, fertilização, manejo de pragas e doenças, cabeamento e podas. As informações devem ser reunidas em um memorial descritivo e em plantas de localização (ELMENDORF et al., 2017).

De acordo com Fisette e Ryan (2020), a etapa de seleção dos espécimes a preservar fornece as informações mais críticas, é quando o arborista descreve a quantidade e a qualidade das árvores existentes no local. Nessa etapa, todos os principais membros da equipe (arboris-

ta, engenheiro, arquiteto, paisagista e proprietário) devem visualizar a situação futura. As árvores valiosas somente são marcadas, numeradas e referenciadas quando já houver um entendimento geral dos objetivos do projeto, de preferência antes que um plano conceitual seja finalizado, permitindo que o delineamento influencie a localização de vias, calçadas, edifícios, drenagem e vistas panorâmicas e guie o próprio empreendimento – lembrando que o local em que essas árvores estão vivendo será mudado drasticamente.

De acordo com Austin (2020), para melhor prover a preservação de árvores significativas, os idealizadores devem considerar cuidadosamente diferentes alternativas no planejamento inicial do projeto. A resolução antecipada de possíveis conflitos durante a fase de projeto geralmente é vantajosa. Remoções que não sejam adequadamente justificadas podem exigir alterações importantes no projeto, inclusive com perda da área do edifício. Uma mudança menos restritiva pode ser alterar a configuração do edifício, mas manter a mesma metragem. Em muitas situações, técnicas simples podem evitar danos maiores, como a retirada de galhos potencialmente conflitantes antes do início das obras, usando técnicas adequadas de poda.

Com as informações relevantes sobre as árvores, os arquitetos podem situar a edificação, a entrada de veículos e serviços públicos e desenvolver o plano de ocupação do terreno. Se a flexibilidade na localização for limitada, métodos de construção alternativos podem ser levados em consideração, tais como os descritos mais à frente.

A preservação eficaz das árvores deve ser integrada não somente ao processo de concepção do projeto, mas também ao desenvolvimento da obra. O ideal é que um profissional arborista faça parte da equipe construtora para ajudar a organizar o local e a disseminação das informações apropriadas em momentos críticos durante as obras. O arborista vai indicar quais árvores precisam de poda; quais representam perigo após intervenções no sistema radicular; quais têm raízes que podem ameaçar tubulações, serviços públicos e fundações; quais exigem controle de pragas e doenças; como proteger os espécimes remanescentes; como e onde transplantar; e onde realizar novos plantios (FISSETTE; RYAN, 2020).

De acordo com a British Standards Institution (2012), uma vez decididas as árvores que serão incorporadas ao projeto, é importante garantir que elas sobrevivirão ao processo de desenvolvimento das obras. Para tanto, deve ser confeccionado um Plano de Proteção que indique os edifícios ou estruturas existentes e propostos, todas as árvores que

permanecerão no local e nos arredores e as áreas correspondentes de proteção radicular, a localização de barreiras de proteção (com detalhes de como devem ser construídas), a localização de instalações e armazenamento de materiais, as vias de trânsito, os acessos existentes e novos e quaisquer outros elementos que possam afetar as árvores.

Segundo Dennis e Jacobi (2014), é interessante, para garantir o êxito do plano, que os contratos e/ou documentos de licenciamento tenham cláusulas de preservação que cubram possíveis multas ou outras sanções por não conformidade, baseadas na espécie ou no valor monetário das árvores, nos custos de reposição e na quantidade e tipo de dano causado. Antes do início das obras, é interessante a realização de uma reunião com todas as partes, que dê ênfase especial à condução do projeto e à exposição do Plano de Proteção para todos que irão trabalhar no empreendimento.

4. Definição da Zona de Proteção da Árvore (ZPA)

De acordo com Fisette e Ryan (2020), zonas de proteção são as áreas localizadas diretamente ao redor das árvores preservadas, onde as atividades de construção não devem ocorrer ou, se extremamente necessárias, devem ser executadas com máxima atenção e perícia. O tamanho da zona depende da saúde, idade e espécie da árvore que se está tentando proteger. Em regra, uma árvore saudável provavelmente sobreviverá se pelo menos 60% de suas raízes não forem afetadas pela construção; no entanto, alguns espécimes ou espécies precisam de mais atenção.

Elmendorf et al. (2017) lembram que, ao determinar o tamanho de uma ZPA, as necessidades da árvore devem ser consideradas juntamente com as necessidades do projeto, mas geralmente é considerada apenas a linha de projeção da copa da árvore sobre o solo. No entanto, o espaço pode ser limitado em canteiros de obras onde edifícios, infraestruturas e árvores devem ser acomodados. Além disso, as últimas têm uma variedade de formas de copa (algumas largas e outras estreitas ou colunares). Assim, usar a projeção da copa como um guia para a definição do tamanho da ZPA pode levar ao estabelecimento de áreas de proteção muito grandes ou muito pequenas. Como é difícil estimar a extensão total do sistema de raízes de uma árvore, é difícil saber quantas raízes serão afetadas.

A British Standards Institution (2012), em sua instrução BS 5837:2012, determina que a ZPA seja, na maioria das vezes, calculada

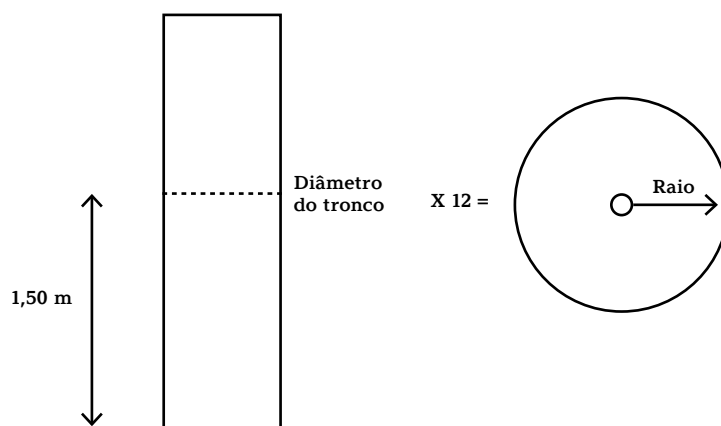


Figura 6 - Método de cálculo da Zona de Proteção da Árvore, de acordo com a British Standards Institution (2012).

medindo-se o diâmetro do tronco a 1,3 m acima do nível do solo, multiplicando essa distância por 12 e convertendo o resultado em um raio a partir do tronco da árvore (Figura 6). Então, se o diâmetro de uma árvore é de 500 mm, esse valor é multiplicado por 12 para se chegar a uma distância de 6 m. Esses 6 m se tornam o raio da ZPA. Em algumas situações, existem barreiras preexistentes ao crescimento das raízes dentro da ZPA, como edifícios, paredes, valas, vias, etc., que exigem que o formato seja modificado, mas normalmente ele é circular.

Drummond (2017) faz menção que a instrução BS 5837:2012 é a regra aplicada no Reino Unido, mas que na verdade as raízes de algumas árvores podem alcançar mais de 25 m para além do tronco e ocupar uma área de quase 2.000 m². Se a realidade fosse considerada no planejamento de uma obra civil, não haveria espaço para sua realização mantendo-se as árvores. Também é provável que as raízes cresçam assimetricamente, ou seja, as raízes podem crescer mais em uma direção do que em outra. Na prática, não é possível determinar com precisão onde as raízes das árvores estão crescendo para que elas sejam preservadas, mas a ZPA é uma referência para os empreendedores, arquitetos e empreiteiros, que procura ser justa e consistente com todos os parâmetros envolvidos. A ZPA é um compromisso entre realizar a obra e preservar uma árvore. Não faz sentido reter uma árvore que tenha todas as suas raízes removidas, pois a árvore certamente declinará e morrerá, mas reter mais raízes que o absolutamente necessário pode ser a diferença entre ser possível ou não construir.

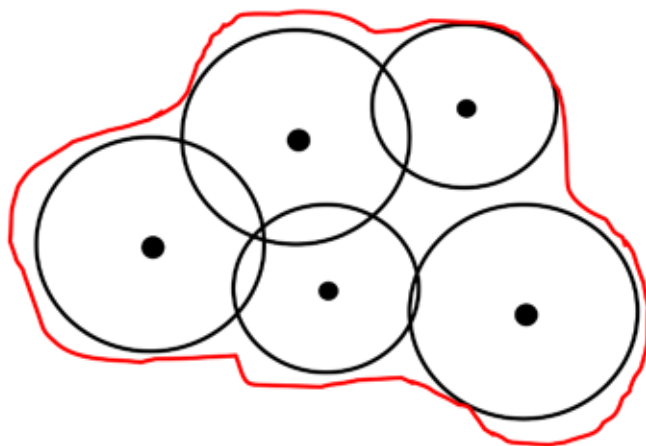


Figura 7 - Esquema mostrando a sobreposição das zonas individuais de proteção de cada árvore (linhas pretas), formando uma área de conservação única (linha vermelha).

Outros métodos que consideram a linha de projeção da copa, a altura ou o diâmetro da árvore podem ser utilizados para definir o tamanho da zona de proteção. Segundo Sydnor e Heiligmann (1999), quando o método de projeção da copa é usado, uma área igual à extensão da linha de projeção é protegida para árvores de copa larga, e uma área de aproximadamente 1,5 vez, para árvores de copa estreita ou colunar. Quando a altura é usada como guia, a área protegida é circular, com um raio igual à altura da árvore. Ainda segundo os autores, o uso do diâmetro produz rotineiramente resultados confiáveis, sendo inclusive recomendado pela Sociedade Internacional de Arboricultura.

Morton Arboretum (2020) atenta para o fato de que, onde ocorrem várias árvores próximas entre si, as zonas individuais de proteção de cada árvore devem ser unidas em uma única área de conservação com o maior tamanho possível (Figura 7).

5. Medidas de Proteção das Árvores Remanescentes

De acordo com Austin (2020), muitas alternativas processuais e construtivas podem ajudar a minimizar os impactos nas árvores. Em estacionamentos, por exemplo, é possível o uso de áreas compactas com as dimensões mínimas permitidas legalmente; o uso de vagas angulares para minimizar as larguras dos corredores; a construção de canteiros paisagísticos próximo às árvores; e o uso de pavimentos permeáveis. Outras alternativas interessantes podem ser consideradas, como o uso de fundações diferenciadas, a elevação do piso ou a projeção do edifício para caber entre as árvores, além da criação e implantação de métodos protetivos.

A seguir, são detalhadas as medidas usualmente consideradas para a proteção das árvores selecionadas para permanecerem no terreno e serem integradas ao projeto final do empreendimento. O Anexo 2 resume os métodos sugeridos para minimizar o impacto das atividades de construção, de acordo com Sydnor e Heiligmann (1999).

Limite de acesso ao canteiro de obras. De acordo com Sydnor e Heiligmann (1999), o primeiro passo para reduzir as possibilidades de ocorrência de danos físicos às árvores é planejar por onde os equipamentos e veículos entrarão e transitarão na propriedade. A eficácia dessa etapa depende do tamanho e das características da propriedade, mas ela não deve ser esquecida, mesmo em pequenas obras.

Caso seja possível, é interessante manter apenas um acesso, e todas as pessoas envolvidas com as obras deverão ser instruídas sobre por onde poderão transitar e estacionar seus veículos. Por vezes, o mesmo acesso do pátio de obra poderá, posteriormente, servir como passagem para a fiação elétrica ou de comunicação, dutos de água e esgoto ou para acesso das pessoas à edificação.

Colocação de barreiras físicas. Os tratamentos de danos causados às árvores apresentam limitações, então é essencial que elas sejam devidamente protegidas. Antes do início das obras, deve ser construída e bem sinalizada uma barreira resistente ao redor de cada árvore a ser preservada, que considere no mínimo a ZPA, fornecendo uma proteção acima e abaixo do solo (Figuras 8 e 9). Dentro do perímetro do cercado, não deverão ser permitidas escavações, aberturas de valas ou outras perturbações ao solo. Para proteção adicional, uma camada de ripas de madeira pode ser colocada ao redor do tronco de cada árvore antes da colocação das cercas.

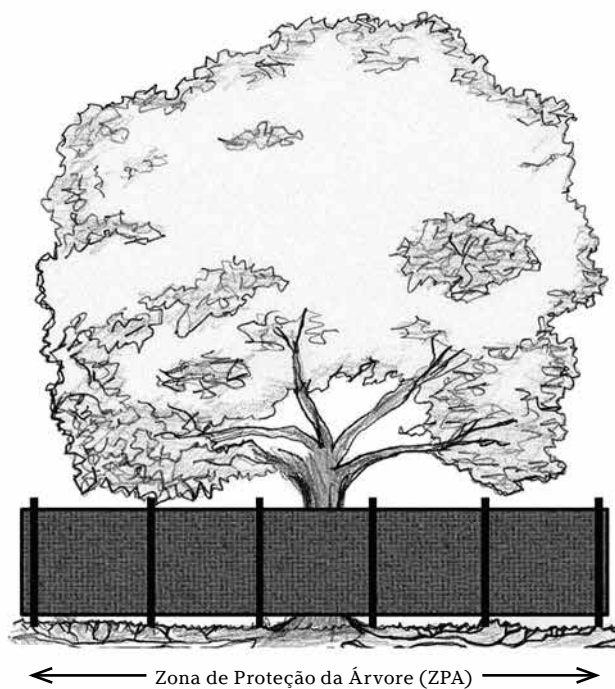


Figura 8 - Esquema de uma cerca de proteção de árvore preservada.

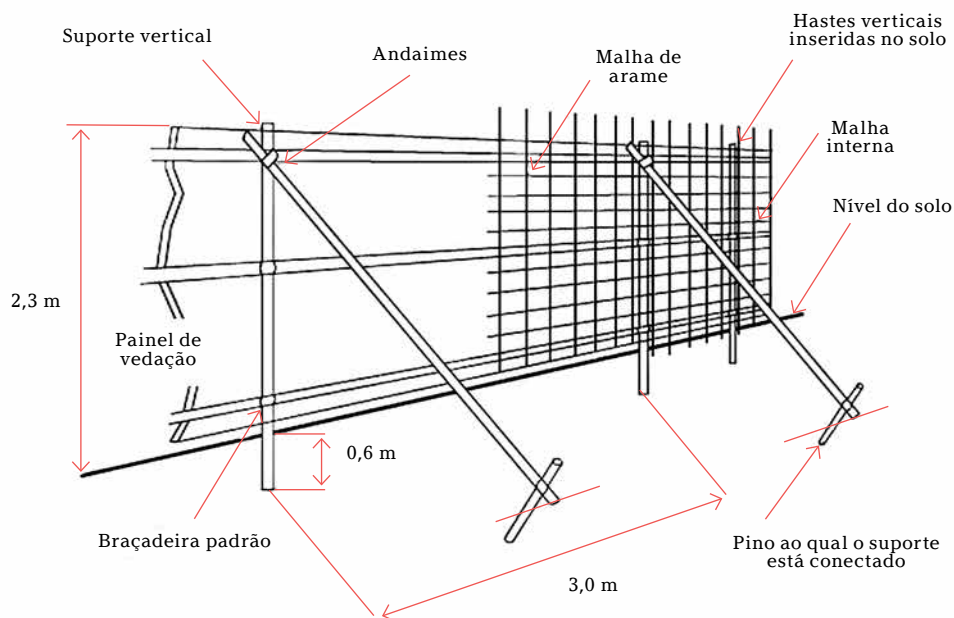


Figura 9 - Detalhes da estrutura de uma cerca de proteção mais bem elaborada, preconizada pela British Standards Institution (2012).

Contornando alterações no greide do terreno – Aterramento. Quando o perfil do terreno é alterado, tanto para cima como para baixo, métodos para evitar danos à árvore podem ser realizados. Conforme preconizam Shaughnessy e Polomski (1999), uma possibilidade de contornar a elevação excessiva do greide em torno de uma árvore se faz mediante a construção de um poço de proteção (Figura 10). Esse método consiste em: remover toda a vegetação, inclusive o gramado abaixo da copa; escarificar cuidadosamente os centímetros superiores do solo, perturbando minimamente as raízes, mas permitindo um melhor contato entre o aterro e a superfície anterior do solo; e construir uma parede ao redor do tronco a pelo menos 60 cm deste, com altura até o novo nível do solo. Sob nenhuma circunstância o aterro deve encostar no tronco da árvore.

O passo seguinte, ainda segundo Shaughnessy e Polomski (1999), prevê a construção de um sistema de aeração e drenagem usando tubos de PVC, dispostos em linhas horizontais que irradiam da árvore (Figura 11). Para fornecer aberturas de ventilação, colocar tubos de PVC dispostos na vertical sobre a junção das linhas radiais, estendidos até o nível definitivo da superfície pós-aterro. Ao final, cobrir todo o sistema com cascalho e colocar uma camada fina de material poroso sobre este para impedir que o solo se infiltre. Preencher o perfil até o nível desejado com solo de boa qualidade. O poço pode ser deixado aberto ou coberto com uma grade ou deck.

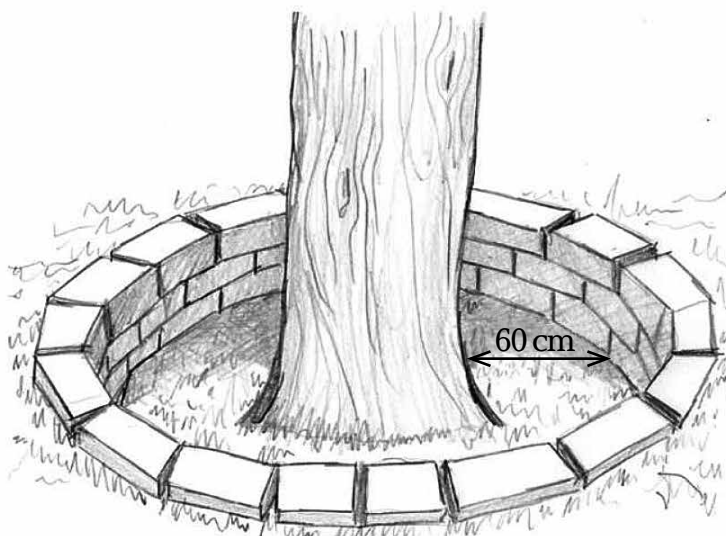


Figura 10 - Poço de proteção da árvore cujo sistema radicular foi aterrado.

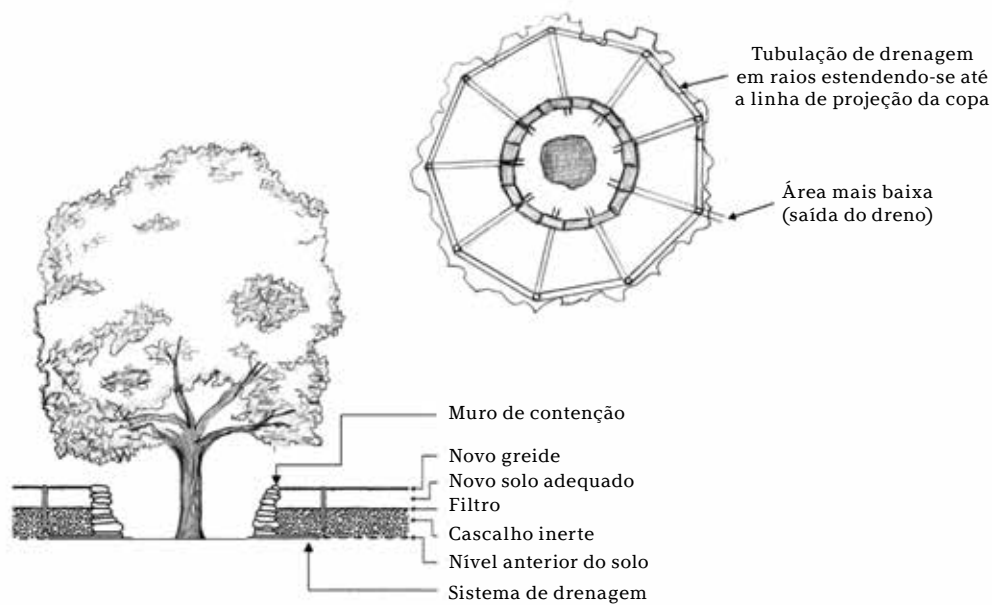


Figura 11 - Esquema representando um sistema de drenagem em torno da árvore para se adequar ao aterro do terreno (à esquerda, visão lateral; à direita, visão superior). Fonte: Adaptado de Sydnor e Heiligmann (1999).

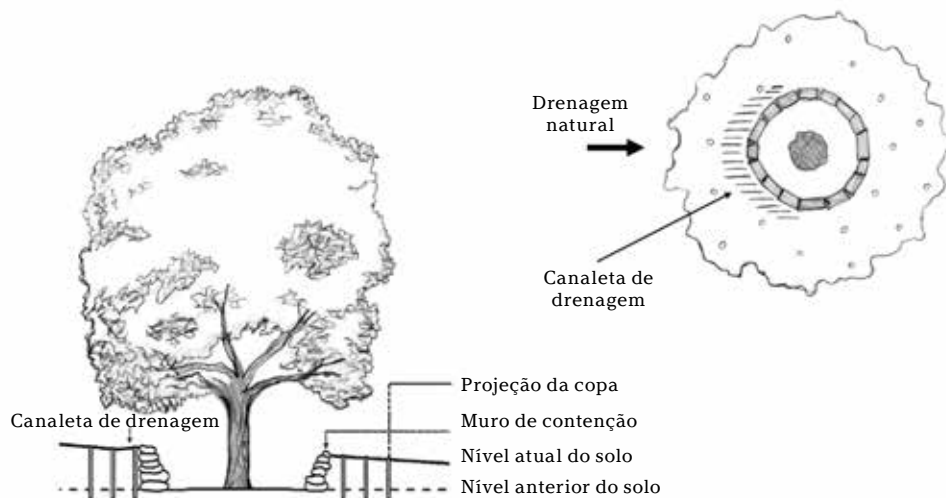
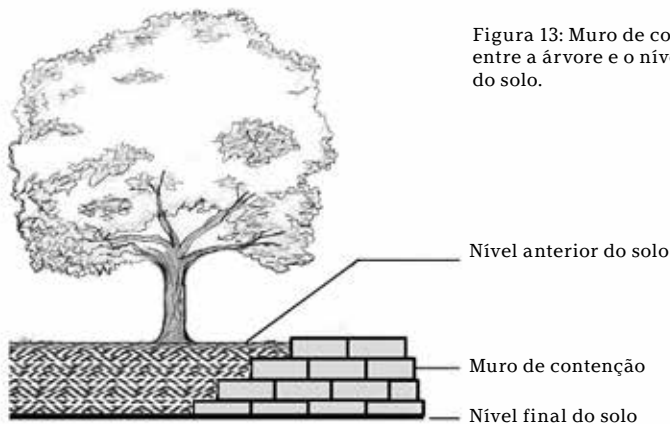


Figura 12 - Esquema representando um sistema de drenagem em torno da árvore para se adequar ao aterro moderado do terreno (à esquerda, visão lateral; à direita, visão superior). Fonte: Adaptado de Sydnor e Heiligmann (1999).

Um método alternativo pode ser realizado se o aterro não for superior a 15 cm, em que o sistema pode ser simplificado mediante a construção do poço com o fundo no greide original do terreno e de apenas uma canaleta para desviar e impedir que a água encha o poço. Para melhorar a aeração do sistema radicular, orifícios verticais são perfurados até uma profundidade abaixo do nível original do solo, estendendo-se pelo menos até a linha de projeção da copa (SYDNOR; HEILIGMANN, 1999) (Figura 12).

De acordo com Elmendorf et al. (2017), o projeto de aeração usando tubos de PVC tem sido cada vez menos empregado. A razão é que as raízes podem crescer e entupir as perfurações. Além disso, o arranjo dos furos ao longo do tubo pode manter uma porcentagem relativamente baixa da área do solo aberta à aeração e drenagem. Segundo os autores, esses sistemas devem ser projetados por profissionais e usados apenas quando absolutamente necessários. Complementando, eles citam que atualmente há uma variedade de materiais de drenagem, muitos com um núcleo de plástico flexível envolto em geotêxtil. O núcleo de plástico é fabricado em uma ampla variedade de formas, projetadas para permitir grandes espaços abertos para drenagem e aeração, variando entre si quanto à resistência estrutural, à capacidade de carga e ao potencial de fluxo de água. A escolha do material mais apropriado é baseada em uma avaliação das condições e uso do local. Como os materiais flexíveis são pré-embalados com geotêxtil, a instalação é mais rápida e simples do que a instalação de tubos de PVC e, ao contrário destes, toda a superfície dos materiais de drenagem permite a difusão de ar e água que propicia a expansão das raízes.

Contornando alterações no greide do terreno – Corte. Já quando o greide em torno da árvore estiver sendo rebaixado, provavelmente haverá menos danos ao sistema radicular do que quando ocorre o aterramento, a menos que uma grande quantidade da zona de enraizamento seja exposta ou removida. Nesse caso, podem ser construídos muros ou terraços de retenção para evitar perda excessiva de solo na área de maior crescimento radicular (DENNIS; JACOBI, 2014) (Figura 13). Quando possível, espalhar cobertura morta sobre a área exposta para ajudar a evitar a erosão, reduzir a perda de umidade e manter as temperaturas do solo mais baixas.



De acordo com Sydnor e Heiligmann (1999), antes que o greide seja reduzido em torno das árvores a serem mantidas, as raízes devem ser podadas manualmente para evitar que sejam rasgadas e trituradas por equipamentos mais pesados. O modo como a poda é realizada depende do tamanho das raízes, da profundidade e da proximidade do corte no terreno em relação ao tronco da árvore. Com reduções de greide relativamente rasas, a poda pode ser realizada usando uma pá de viveiro. Em áreas com reduções de greide mais profundas, a poda pode exigir tesouras ou serras. Uma alternativa seria estabelecer o limite da ZPA antes do corte do terreno, cavar em torno da árvore um pouco além da sua margem com uma retroescavadeira, limpar cuidadosamente o solo até o limite da ZPA e podar manualmente as raízes.

Outra consideração quanto às alterações no greide refere-se ao fato de que, frequentemente, quando são feitas mudanças de nível do terreno, pode haver uma mudança na forma como a água é drenada. Se muita água for drenada para um local arborizado, as árvores poderão eventualmente morrer por falta de oxigênio. Pode ser necessário construir um sistema de drenagem para manter a quantidade original de umidade. Ao contrário, se os locais são privados de água, a irrigação pode ser necessária (SHAUGHNESSY; POLOMSKI,1999).

Contornando a abertura de valas. De acordo com Shaughnessy e Polomski (1999), embora algum corte de raízes próximas à construção seja inevitável, muito pode ser evitado com um bom planejamento. Nem sempre é obrigatório encaminhar os serviços subterrâneos em linha reta da rua para a edificação. A seleção cuidadosa de rotas geralmente pode evitar o sistema radicular de árvores importantes.



Figura 14 - Detalhe de raízes envoltas com material protetor contra a radiação solar e a dessecação até que o solo seja repostado na vala.
Fonte: Barrall (2017).

Onde a vala deve passar debaixo ou perto de uma árvore, devem-se evitar ferimentos substanciais usando um sistema de abertura em túnel sob as raízes ou, se a abertura de valas for inevitável, que ela seja posta o mais longe possível do tronco (no mínimo 2,5 m), cortando o mínimo possível de raízes. As raízes expostas devem ser cobertas por um tecido ou outro material flexível que as proteja da radiação solar e dessecação até que o solo seja retornado à vala (Figura 14). Também deve ser realizada a poda de raízes dilaceradas e o retorno do solo às valas o mais rápido possível (DENNIS; JACOBI, 2014).

Contornando a contaminação do solo. De acordo com Sydnor e Heiligmann (1999), todos os materiais e resíduos da construção devem ser armazenados em uma área designada para tanto, longe das árvores e, na medida do possível, longe dos locais previstos para plantios futuros. Nenhum material deve ser espalhado ou enterrado no canteiro de obras. Os derramamentos (de óleo, gasolina, querosene, asfalto, agentes de limpeza e cimento) devem ser limpos o mais rápido possível. Para evitar efeitos adversos no solo: espalhar uma lona plástica grossa onde houver possibilidade de derramamentos; não limpar pincéis e ferramentas sobre as raízes das árvores; e descartar os resíduos químicos adequadamente, não drenando esses resíduos no local.

Quando novas árvores forem plantadas após o término da construção, deve-se remover qualquer material de construção encontrado durante o processo de escavação, mesmo que isso signifique cavar um berço maior. Onde os plantios falharam e houver suspeita de contaminação, amostras do solo devem ser coletadas e analisadas.

Contornando a compactação do solo. Manter o tráfego de veículos e o armazenamento de materiais afastados das árvores evita a compactação do solo, mas, quando isso não for possível, pode ser aplicada uma camada de 10 a 15 cm de aparas de madeira em torno das árvores ou criar pontes com chapas de aço, o que ajuda a reduzir a compactação provocada por veículos que cruzam inadvertidamente as barreiras de proteção (SHAUGHNESSY; POLOMSKI, 1999). Elmendorf et al. (2017) recomendam o uso de geotêxteis cobertos com lascas de madeira (ou outra cobertura morta) em vias e áreas de armazenamento temporárias. Segundo os autores, esse sistema suporta plenamente o peso de um caminhão carregado.

De acordo com Sydnor e Heiligmann (1999), a cobertura protetora do solo pode ser mantida ou removida após a conclusão da construção. Coberturas orgânicas, como serragem ou aparas de madeira, geralmente são mais desejáveis porque são mais fáceis de remover, e o que resta após a limpeza se deteriora com o tempo, enquanto o cascalho, não. O uso de um geotêxtil sob a cobertura simplifica sua remoção.

Técnicas de construção que evitam ou minimizam o impacto adverso às árvores. Se a obra pode causar danos à árvore, da mesma forma esta pode causar problemas às edificações pelo contato físico com fundações e ao afetar o solo, alterando o teor de umidade e causando lacunas e deslocamentos devido à deterioração das raízes quando ela morre ou é removida. Quando há contato físico entre uma árvore e uma fundação, o dano, se houver, pode variar de acordo com a espécie e o tamanho da árvore, as condições do local e com a proximidade e o tipo da fundação. Se a árvore tem galhos perto da edificação, é provável que haja raízes crescendo abaixo ou ao longo da fundação (ARBORIOLOGICAL SERVICES, 2017).

Embora no Brasil não sejam consideradas de forma corriqueira, existem técnicas de construção que podem ser utilizadas com o intuito de proteger as árvores e as edificações sem que sejam necessárias grandes mudanças no projeto.

Fundação de pilar e viga. Sydnor e Heiligmann (1999) citam que a construção tradicional de alicerces de paredes e muros, constituída de uma mureta contínua de concreto, pode danificar ou destruir grande parte do sistema radicular de uma árvore pela abertura de valas. Esse impacto, em determinadas situações, pode ser minimizado utilizando bases ou pilares descontínuos e um lintel que atravessa o vazio na dis-

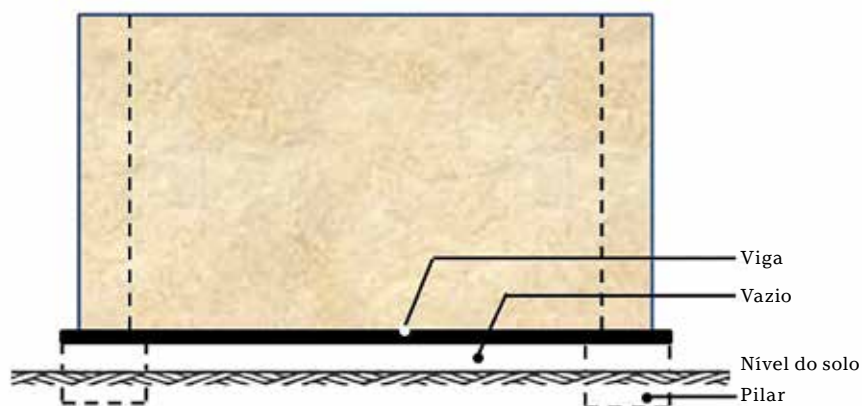


Figura 15 - Esquema da construção de fundação no sistema de pilares e vigas.
Fonte: Adaptado de Sydnor e Heiligmann (1999).

tância entre os pilares (Figura 15), evitando a interferência com as raízes e permitindo a drenagem natural.

As vigas de sustentação das cargas ficam acima do nível do solo e são suportadas por pilares estrategicamente posicionados, de forma que a fundação não interfira nas raízes enquanto suportam uma estrutura acima (muro, parede ou píer). Além disso, as vigas podem ser incorporadas aos tipos mais tradicionais de fundações e usadas somente onde as raízes devam ser preservadas, permitindo que as estruturas sejam construídas mais próximo ou mesmo ao redor das árvores (JOHN, 2014).

Seções de construção em balanço (cantilever). Segundo Generalova et al. (2017), várias definições de elementos *cantilever* na arquitetura podem ser encontradas na literatura. Resumindo, pode-se dizer que um cantilever é um elemento estrutural rígido ancorado em apenas uma extremidade (geralmente vertical) do qual se sobressai e se estende horizontalmente. Quanto maior a extensão do cantilever, cálculos mais complexos são necessários para determinar cargas, selecionar o *design* e as propriedades dos materiais. Apesar disso, eles são usados ativamente em instalações modernas com diferentes finalidades funcionais, ajudando a encontrar soluções para várias tarefas, como resolver a falta de espaço no terreno, estética (projetando uma estrutura interessante e fachada incomum), *design* funcional (criando espaço adicional com vista única), simbólicas (formando uma imagem em massa que funciona como ponto de referência e símbolo arquitetônico), etc.

Esse elemento arquitetônico pode ser utilizado para projetar a edificação para próximo ou acima das copas das árvores de maneira harmônica (Figura 16).

Como elemento estrutural, um cantilever pode ser construído como uma viga, placa, treliça ou laje, de modo a preparar fundações para que interfiram nas raízes das árvores com menor intensidade. Uma fundação desse tipo é confeccionada onde devem ser fornecidos apoios ex-cêntricos para as paredes externas e internas ou colunas, conectados entre si por uma viga (cantilever) (Figura 17). A tendência da carga externa em tombar é equilibrada pela totalidade ou parte da pressão descendente, atuando na outra extremidade. Um arranjo em cantilever não só coloca a fundação para mais longe de uma árvore, como também pode ser construído em razão de restrições de espaço oriundas da proximidade com outros edifícios adjacentes ou passagens de serviços.

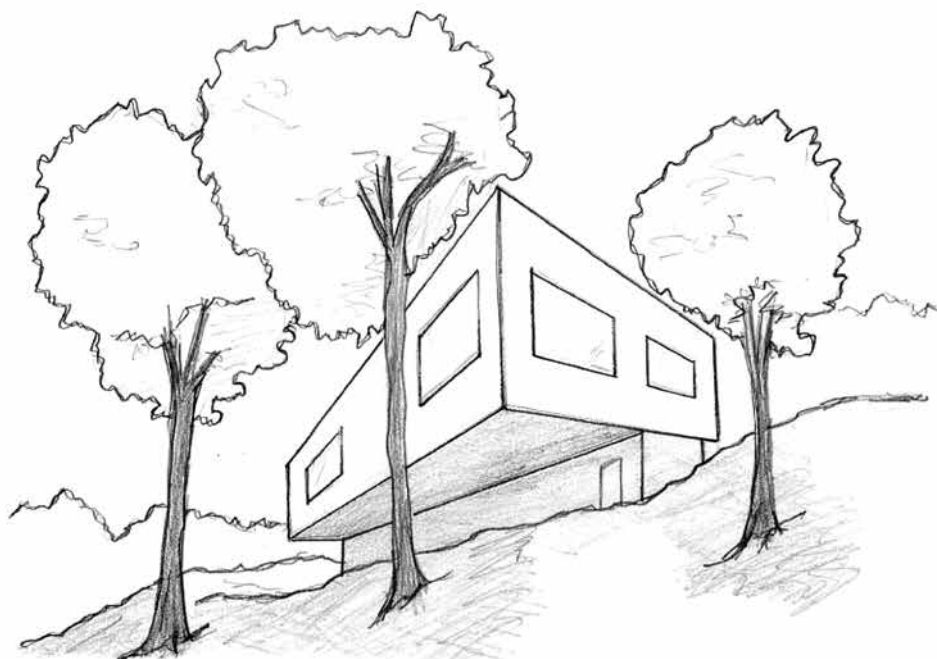


Figura 16 - Esquema de um cantilever que possibilita a convivência da edificação com as árvores próximas.

Fundação com microestacas e estacas parafusadas. Uma alternativa às fundações tradicionais de edificações é usar colunas de pequeno diâmetro. As fundações realizadas pelo empilhamento de microestacas limitam os possíveis danos às raízes durante a instalação e diminuem as chances de a árvore danificar a estrutura. As microestacas são fabricadas em aço ou concreto, ou uma combinação dos dois, e são tipicamente pré-fabricadas ou pré-configuradas e fundidas *in situ*. A instalação de praticamente qualquer tipo de microestacas exige apenas a abertura de um orifício de 300 mm de diâmetro até a profundidade necessária, permitindo que as estacas sejam inseridas umas sobre as outras, formando uma pilha (ABC, 2018).

As estacas parafusadas (tradução literal de *screw piling*), segundo ABC (2018), são um sistema de fundação ainda menos invasivo que as microestacas e que consistem em uma pilha de estruturas com eixo oco

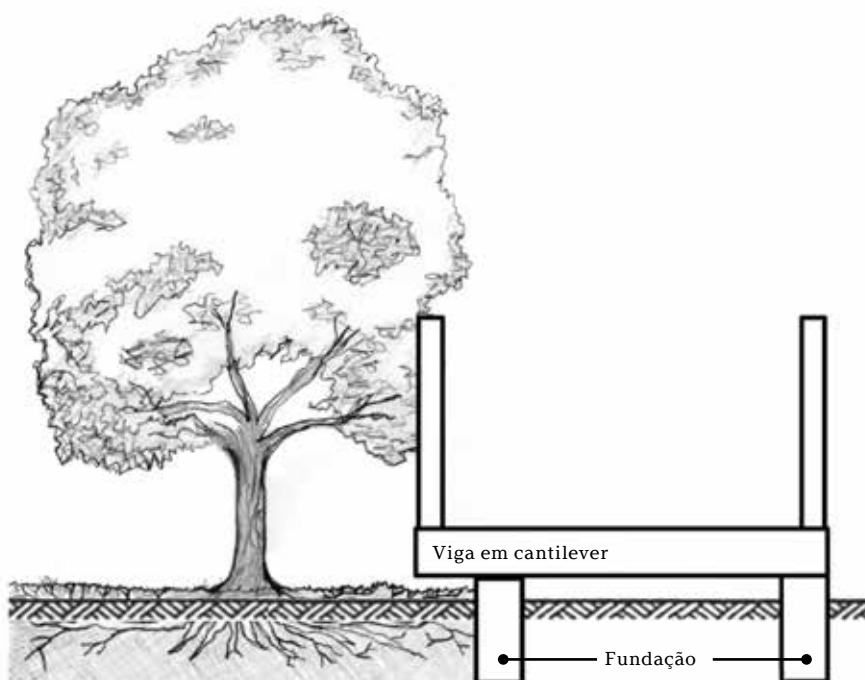


Figura 17 - Esquema de uma fundação em cantilever que possibilita a convivência da edificação com o sistema radicular das árvores próximas.



Figura 18 - Lances do processo de confecção de fundação estrutural pelo método do empilhamento de estacas parafusadas. Fonte: www.groundsun.co.uk.

e hélices de aço (roscas que lembram parafusos) soldadas a ele (Figura 18). Os maiores parafusos têm um diâmetro externo do eixo de 90 mm, máximo diâmetro da hélice de 350 mm e podem suportar 25 toneladas. A instalação de estacas parafusadas é um processo suave e com baixa vibração, em que elas são giradas no chão usando um cabeçote de torque, montado manualmente ou em uma escavadeira. A pilha desloca uma menor quantidade de raízes em comparação com um microempilhamento. As hélices são confeccionadas em chapa de aço fina, com borda protuberante sem corte para garantir que, sempre que possível, as raízes sejam afastadas durante a instalação ao invés de cortadas. O eixo é menor que o de uma microestaca, o que também promove o mínimo de deslocamento do solo e das raízes.

O conceito do empilhamento de estacas parafusadas baseia-se na premissa de que boa proporção das raízes das árvores permaneça intacta após a instalação, além de arejar o solo em que penetra, aumentando o suprimento de oxigênio ao sistema radicular. As estacas apoiam a carga diretamente em seus componentes helicoidais, colocados bem abaixo das raízes para garantir que elas não sofram influência ou perturbação de carga durante as obras. A instalação segue um torque predeterminado, permitindo que a capacidade de carga final da pilha seja calculada, evitando colocar a árvore em risco pelo uso de outros equipamentos mais pesados. O sistema pode ser montado em uma escavadeira que pode ser operada a uma distância que garanta que a zona de raízes não sofra carga. E, por fim, as estacas parafusadas podem ser combinadas com um sistema de vigas de concreto tradicional,

permitindo que a pilha seja utilizada apenas onde forem encontradas grandes raízes (ABC, 2018).

Em resumo, segundo Archio (2015), a principal vantagem do empilhamento de estacas em termos de construção ao redor das árvores é que ele impacta apenas uma área muito limitada do solo e, portanto, tem menos probabilidade de danificar o sistema radicular da árvore. As pilhas também são menos suscetíveis ao movimento do solo do que outros tipos de fundação, o que pode ser um problema em certos tipos de solo se uma árvore morrer ou for removida posteriormente. As pilhas de estacas parafusadas também exigem máquinas menos pesadas, diminuindo a compactação do solo. Antes de iniciar a perfuração, para a limpeza do entorno da raiz, um jato de ar de alta potência permite remover o solo sem o risco de danificar ou cortar a raiz. Uma vez expostas as raízes principais, as pilhas podem ser facilmente colocadas entre elas.

Superfícies de proteção do piso amistosas às raízes. De acordo com Rose (2020), vias e calçadas normalmente não podem ser construídas em um subleito não compactado porque com o movimento do solo a superfície se deforma ou racha após algumas repetições de carga. Para criar uma superfície resistente, a prática padrão de engenharia é remover a camada superior do solo e colocar uma sub-base compactada, coberta por um pavimento durável. A superfície final é geralmente projetada para que o piso esteja nivelado com o solo circundante. As superfícies construídas dessa maneira podem, de imediato, causar a perda de raízes das árvores localizadas a pouca profundidade, e, no futuro, o crescimento radicular pode ser inibido pela compactação do solo.

Uma maneira de evitar danos às raízes seria manter afastados das árvores vias de acesso, áreas de estacionamento, calçadas e caminhos, estradas de acesso temporárias e plataformas de trabalho, mas, com as pressões dos dias atuais para ocupar terras, às vezes é necessário instalar novas superfícies impermeabilizadas perto de árvores. Nesses casos, onde as árvores são preservadas, o solo precisa ser protegido de alguma forma (ROSE, 2020).

Uma proposta para remediar essa situação é a instalação de um sistema formado por um colchão de geocélulas dispostas em forma de favo de mel, colocado sob a superfície do solo e depois preenchido com brita, que mantém o sistema permeável, permitindo a entrada de água e nutrientes e a difusão de gases dentro e fora do solo (Figura 19). A força



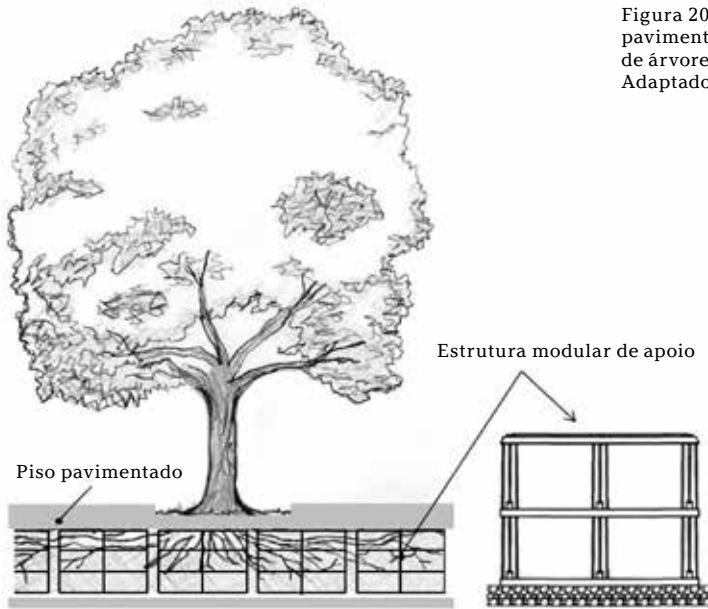
Figura 19 - Detalhes de uma estrutura de geocélulas dispostas em forma de favo de mel, combinadas com um geotêxtil. Fonte: www.abg-geosynthetics.com.

do sistema provém da contenção das pedras dentro da estrutura, o que melhora a propagação da carga mesmo sem a compactação e a subsequente perda de permeabilidade do solo. O sistema é fabricado a partir de tiras de polietileno de alta densidade soldadas em cruz para formar as células. As tiras podem ser perfuradas para permitir o movimento lateral do ar e da água através da estrutura. A superfície porosa também garante que a água possa transportar nutrientes essenciais para as raízes das árvores. Abaixo da geocélula é instalado um geotêxtil, posicionado para impedir a penetração de finos e, consequentemente, o entupimento do sistema. Muitos acabamentos de pavimentos são adequados ao uso de geocélulas, incluindo asfalto ou blocos vazados. Em construções temporárias, o sistema pode ser removido sem danificar as raízes após a conclusão das operações no local (ABG, 2020).

Sempre existe o risco de que os trabalhos preparatórios necessários para nivelar o solo possam causar danos às raízes das árvores, mas, segundo Rose (2020), na grande maioria dos casos o impacto de instalar sistemas de confinamento celular em zonas de raízes é baixo o suficiente para não resultar em uma deterioração da condição das árvores afetadas, e os benefícios de usar essa abordagem superam em muito os problemas da colocação de uma superfície convencional.

Pavimentos suspensos. De acordo com Marritz (2014), *pavimento suspenso* (também conhecido como calçadas em balanço) é um termo geral utilizado para definir qualquer tecnologia que suporte o peso da pavimentação e crie um espaço vazio subterrâneo preenchido com solo

Figura 20 - Esquema de um pavimento suspenso para cultivo de árvores urbanas. Fonte: Adaptado de Marritz (2014).



para o crescimento das raízes (Figura 20). O solo usado para encher o sistema pode ser original da própria área de escavação (se apropriado) ou uma mistura especificada. Nesse sentido, os pavimentos suspensos são essencialmente sistemas que criam uma área de enraizamento composta por solos de alta qualidade para raízes em ambientes fortemente pavimentados. Além de ajudar no crescimento de árvores, o solo também pode ser usado para o gerenciamento das águas pluviais, minimizando inundações e a poluição de cursos d'água. Os pavimentos suspensos são soluções ideais para a coexistência em longo prazo de árvores e vias, estacionamentos e calçadas. Com a oferta de quantidades adequadas de solo de boa qualidade, é possível cultivar árvores saudáveis e de vida longa em ambientes muito pavimentados.

Ainda segundo Marritz (2014), o pavimento suspenso pode ser confeccionado de modo personalizado para um determinado local e uso, geralmente utilizando concreto pré-fabricado ou fundido no local. O sistema também pode ser modular, no qual a estrutura é empilhada para atender à profundidade da área de escavação e se espalhar lateralmente na largura desejada. Os sistemas modulados podem ser facilmente acomodados e são muito mais baratos que um sistema personalizado. As pilhas de células são fixadas verticalmente, facilitando futuras escavações, reparos e manutenções.

6. Monitoramento das Árvores Remanescentes durante e após a Construção

Como já relacionado anteriormente, de acordo com Fisette e Ryan (2020), a decisão sobre quais árvores preservar se dá durante a fase de projeto, mas o acompanhamento da obra é muito importante para garantir a preservação. Para tanto, todos os trabalhadores devem seguir o Plano de Proteção preconcebido, mas essa atitude normalmente é incomum e pouco compreendida por muitos operários.

Elmendorf et al. (2017) lembram que todo o trabalho previsto no Plano de Proteção pode ser perdido com um descuido, levando apenas um momento para algum equipamento pesado ou pessoa com uma motosserra ferir ou matar uma árvore selecionada para preservação. Atividades tais como a limpeza de caminhões e de equipamentos podem injuriar seriamente uma árvore. Empreendedores, empreiteiros e construtores devem tomar todas as precauções para garantir os cuidados necessários, o que implica que todos os envolvidos sejam devidamente instruídos e monitorados.

Mas, apesar dos melhores esforços, algumas árvores podem sentir os efeitos danosos da construção. As árvores estressadas possuem uma tendência maior a serem atacadas por doenças e pragas que podem acelerar uma espiral de declínio. Os danos severos e o enfraquecimento podem ainda resultar em defeitos e fragilidades. As árvores podem levar anos para se ajustarem aos danos e mudanças ambientais que ocorreram durante a construção. Assim, o monitoramento deve ser contínuo, e os eventuais problemas devem ser resolvidos com a maior brevidade possível.

Poda de raízes e galhos. Em qualquer momento anterior ou durante o decorrer das obras, os ramos quebrados, lascados ou partidos deverão ser removidos, assim como quaisquer galhos secos ou doentes. Podas de desbaste ou redução para compensar a perda de raízes não devem ser realizadas, uma vez que não existem pesquisas conclusivas que apoiem essa prática, e o desbaste da copa pode fazer com que a árvore sofra ainda mais estresse. Elmendorf et al. (2017) lembram que trabalhadores da construção civil não são treinados em práticas arborícolas e frequentemente danificam as árvores quando se propõem a podá-las. O Plano de Proteção das árvores deve identificar quais raízes e galhos devem ser podados para acomodar a construção, operação que deve ser realizada por profissionais qualificados antes do início das obras.

Tratamento de ferimentos no tronco e galhos. Algumas vezes, a casca poderá sofrer danos ao longo do tronco ou galhos. Caso isso aconteça, é necessário remover a casca solta, aparar com uma faca afiada as bordas irregulares nas lesões, tomando cuidado para não cortar tecidos saudáveis. Já foi prática comum o uso de substâncias para proteção dos cortes na tentativa de acelerar o fechamento da ferida, proteger contra patógenos e reduzir o apodrecimento. Porém, as pesquisas mostram que esses tratamentos geralmente não produzem os resultados esperados e, por vezes, têm efeitos adversos. A maioria dos especialistas recomenda que nenhum tratamento de lesões seja utilizado além da sua limpeza. Caso seja utilizado para finalidades cosméticas, deve-se usar apenas uma fina camada de cobertura de um material não tóxico (ELMENDORF et al., 2017).

Instalação de cabos e barras de reforço. Caso os galhos ou os troncos das árvores precisem de um suporte extra, um arborista profissional pode instalar cabos ou barras parafusadas (hastes) de reforço (Figura 21). Se instalados, esses sistemas devem ser inspecionados regularmente. A segurança adicional oferecida pela instalação de estruturas de sustentação é limitada, uma vez que nem todos os galhos enfraquecidos são passíveis de receber tais soluções.

Irrigação e drenagem. Um dos procedimentos mais importantes para a manutenção de árvores concomitantemente às construções é a regularidade no fornecimento adequado de água na zona de raízes. É preciso regar o quanto for necessário, especialmente durante períodos secos e de temperaturas mais elevadas. O método preferencial para a

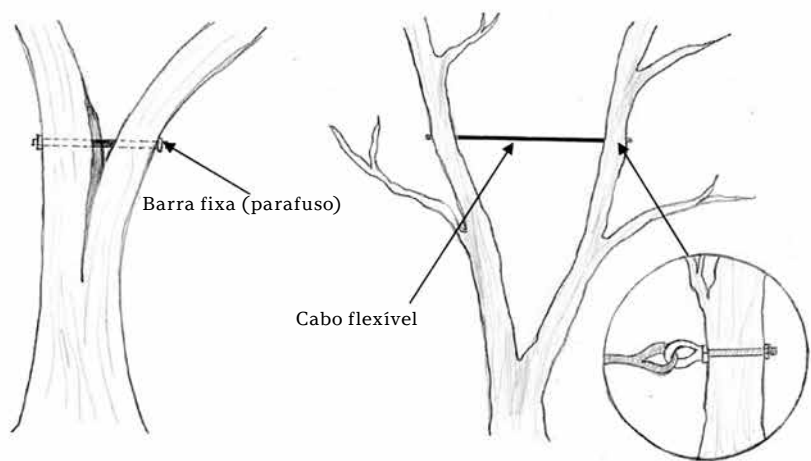


Figura 21 - Esquemas de instalações de cabos e barras de reforço.

rega é por meio de uma aplicação lenta e prolongada por toda a zona de raízes. Deve-se evitar a rega frequente e rasa ou excessiva. De acordo com Elmendorf et al. (2017), durante períodos de clima quente e pouca chuva, a irrigação pode ser usada sozinha ou em combinação com a fertilização para melhorar a saúde de uma árvore que foi fortemente afetada pela compactação do solo ou remoção de raízes.

Cobertura morta. Uma forma simples e eficiente de melhorar o crescimento da raiz é a aplicação de uma camada de 5 a 10 cm de cobertura morta, como lascas de madeira ou casca triturada, sobre o sistema radicular da árvore. Essa cobertura auxilia na estruturação do solo, controla a variação de temperatura, mantém a umidade e reduz o conflito com forrações e a grama. A cobertura morta deve ser estendida para além da projeção da copa da árvore, tanto quanto possível.

Melhoria da aeração da zona de raízes. A compactação e as mudanças de nível podem reduzir o oxigênio do solo e limitar a movimentação da água na zona de raízes da árvore. Caso a aeração do solo possa ser melhorada, o crescimento da raiz e a absorção de água também poderão ser melhorados. A aeração pode potencializar a saúde da raiz e a absorção de água e de minerais. Um método eficiente é através de um dispositivo de escavação a ar por alta pressão que quebra o solo compactado, causando um impacto mínimo às raízes. Esse processo por si só já pode ser benéfico, mas ele também pode ser combinado com a aplicação de corretivos, nutrientes e cobertura orgânica morta.

Adubação. A adubação deve ser evitada logo após constatados danos físicos às árvores, uma vez que os sais associados aos fertilizantes de rápida liberação podem fazer com que a água seja perdida das raízes para o solo. A adição de nitrogênio pode estimular o crescimento da árvore como um todo em detrimento do crescimento da raiz, desequilibrando fisiologicamente a árvore. Uma vez que a planta esteja completamente recuperada, a fertilização deve se basear nas necessidades nutricionais e nas características específicas do sítio.

Monitoramento e controle de pragas e doenças. De acordo com Sydnor e Heiligmann (1999), pragas e doenças podem aumentar o estresse das árvores, diminuindo sua saúde geral ou resultando em morte. Árvores com estresse ambiental significativo, como o resultado das atividades de construção, são frequentemente mais suscetíveis às

pragas do que as árvores mais saudáveis. É particularmente importante, portanto, monitorar as árvores durante e após a construção. A correta identificação da enfermidade é crítica para determinar se o controle é necessário e, em caso afirmativo, a definição da estratégia adequada. Se for utilizado um pesticida, para a máxima eficácia e segurança ambiental, de pessoas e animais, é preciso certificar-se de que a aplicação siga rigorosamente as recomendações.

7. Considerações Finais

Infelizmente, é fácil constatar que as obras civis associadas à construção de edificações são extremamente impactantes sobre a saúde das árvores adultas e estabelecidas. Por outro lado, as árvores são componentes essenciais, ao lado das materialidades, em fornecer conforto e bem-estar às pessoas. Dessa forma, todo esforço em incluir os elementos vegetais já entregues prontos pela natureza à composição arquitetônica pretendida pelo homem é plenamente justificável e imprescindível. As informações contidas neste capítulo podem não só orientar aqueles que já estão predispostos a receber de bom grado as árvores, mas também podem ser utilizadas como base para a proposição de uma legislação que preveja a proteção das árvores em ambientes de construção civil.

Referências

ABC ANCHORS. **Screw piling near protected trees**. Technical Bulletin 17-12/01. Heddington, NrCalne, Wiltshire, UK. 2018. Disponível em: <http://planpub.eppingforestdc.gov.uk/NorthgatePublicDocs/00632066.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

ABG. **Abweb TRP - Tree Root Protection**. Disponível em: <http://www.abg-geosynthetics.com/products/abweb-trp.html>. Acesso em: junho de 2020.

ARCHIO. **How close can you build trees part-3**. 2015. Disponível em: <https://www.archio.co.uk/blog/2015/09/03/how-close-can-you-build-trees-part-3/>. Acesso em: junho de 2020.

ARBORIOLOGICAL SERVICES. **Trees, foundations and soils**. 2017. Disponível em: <https://www.arboriological.com/articles/all-articles/article-repository/2017/february/trees-foundations-and-soils/>; Acesso em: junho de 2020.

AUSTRALIAN STANDARD. **Protection of trees on development sites**. AS 4970-2009. Council of Standards Australia. Sydney, Australia. 2009.

AUSTIN. **Manual de critérios ambientais**. Suplemento ao Manual de Critérios Ambientais 1 - 2020. Cidade de Austin, Texas. 2020. Disponível em: https://library.municode.com/tx/austin/codes/environmental_criteria_manual?nodeId=S3TRNAARPR

BARRELL. **Manual for managing trees on development sites**. Barral Tree Consultancy. 2017. Disponível em: <http://www.crosslanegroup.com/wp-content/uploads/2017/08/Manual-for-Managing-Trees-on-Development-Sites-V1.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Trees in relation to design, demolition and construction - Recommendations, 5837:2012**. Disponível em: <https://www.em-solutions.co.uk/insights/all-trees-should-be-protected-during-construction-work-in-accordance-with-british-standard-58372012/>. Acesso em: junho de 2020.

DENNIS, C.; JACOBI, W. R. 2014. **Protecting trees during construction- 7420**. Disponível em: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/yard-garden/protecting-trees-during-construction-7420/>. Acesso em junho de 2020.

DICKE, S. G. **Preservação de árvores em locais de obra**. Disponível em: https://www.cm-braganca.pt/cmbraganca/uploads/document/file/2769/6_Preserva_o_de_rvores_em_locais_de_obra.pdf. Acesso em: junho de 2020.

DRUMMOND, G. **Constructing buildings within the root protection area of trees (Part1)**. 2017. Disponível em: <http://open-spaces.co.uk/2017/11/02/constructing-buildings-within-root-protection-area-rpa/>. Acesso em: junho de 2020.

DRUMMOND, G. **Constructing Buildings within the root protection area of trees Part2)**. 2019. Disponível em: <http://open-spaces.co.uk/2019/01/30/constructing-buildings-within-the-root-protection-area-of-trees-part-2/>. Acesso em: junho de 2020.

ELMENDORF, W.; GERHOLD, H.; KUHNS, L. A **Guide to preserving trees in development projects**. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extension. 2017. Disponível em: <https://extension.psu.edu/a-guide-to-preserving-trees-in-development-projects>. Acesso em: junho de 2020.

FISETTE, P.; RYAN, D. **Preserving trees during construction**. University of Massachusetts Amherst, USA. 2002. Disponível em: <https://bct.eco.umass.edu/publications/articles/preserving-trees-during-construction/>. Acesso em: junho de 2020.

GENERALOVA, E.; GENERALOV, V.; KUZNETSOVA, A. **Cantilever structure in modern construction**. XXVI R-S-P Seminar 2017, Theoretical Foundation of Civil Engineering. MATEC Web of Conferences 117, 00057 (2017). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318656447_Cantilever_structure_in_modern_construction/link/5975efbca6fdcc83489e9db0/download. Acesso em: junho de 2020.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. 2013a. **Evitando danos às árvores durante construções**. Disponível em: <https://www.treesaregood.org/portals/0/docs/treecare/Evitando%20Danos%20%C3%A1s%20Arvores%20Durante%20Construcoes.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. 2013b. **Tratamento de árvores danificadas por construções**. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/03/Tratamento-de-%C3%81rvores-Danificadas-por-Constru%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

JOHN. **Use grade beams to protect mature tree roots**. 2014. Disponível em: <http://www.cslandscapearchitect.com/2014/02/03/use-grade-beams-to-protect-mature-tree-roots/>. Acesso em: junho de 2020.

MARRITZ, L. A **brief history of trees in suspended pavement**. 2014. Disponível em: <https://www.deeproot.com/blog/blog-entries/a-brief-history-of-trees-in-suspended-pavement>. Acesso em: junho de 2020.

MALVERN HILLS. **BS 5837 (2012) - Trees in relation to design, demolition and construction**. Malvern Hills District Council. Disponível em: <https://www.malvern hills.gov.uk/planning/heritage/the-natural-environment/trees-and-development/bs-5837-2012>. Acesso em: junho de 2020.

MORTON ARBORETUM. **Preventing construction damage to trees and shrubs**. Disponível em: <https://www.mortonarb.org/trees-plants/tree-and-plant-advice/horticulture-care/preventing-construction-damage-trees-and-shrubs>. Acesso em: junho de 2020.

ROSE, B. **The use of cellular confinement systems near trees - Good practice guide**. Disponível em: https://www.trees.org.uk/Trees.org.uk/media/Trees-org.uk/Documents/Tech%20Guides/The-use-of-cellular-confinement-systems-near-trees_consultation-draft.pdf. Acesso em: junho de 2020.

RYDE. **Tree management technical manual**: A tool to assist the Ryde community to understand the requirements for the protection of trees within the City of Ryde. 2016. Disponível em: <https://www.ryde.nsw.gov.au/files/assets/public/development/dcp/tree-management-technical-manual.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

SHAUGHNESSY, D.; POLOMSKI, B. **Protecting trees during construction**. 1999. Disponível em: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/protecting-trees-during-construction/>. Acesso em: junho de 2020.

SILLICK, J. M.; JACOBI, W. R. **Healthy roots and healthy trees**. Colorado State University Extension, Fort Collins, Colorado, USA. Disponível em: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/yard-garden/healthy-roots-and-healthy-trees-2-926/>. Acesso em: junho de 2020.

SYDNOR, T. D.; HEILIGMANN, R. B. **Trees and home construction: minimizing the impact or construction on trees**. The Ohio State University. Bulletin Extension 870. 1999.

Anexo 01: Síntese das atividades de construção que podem injuriar as árvores remanescentes e seus possíveis efeitos, de acordo com Sydnor e Heiligmann (1999).

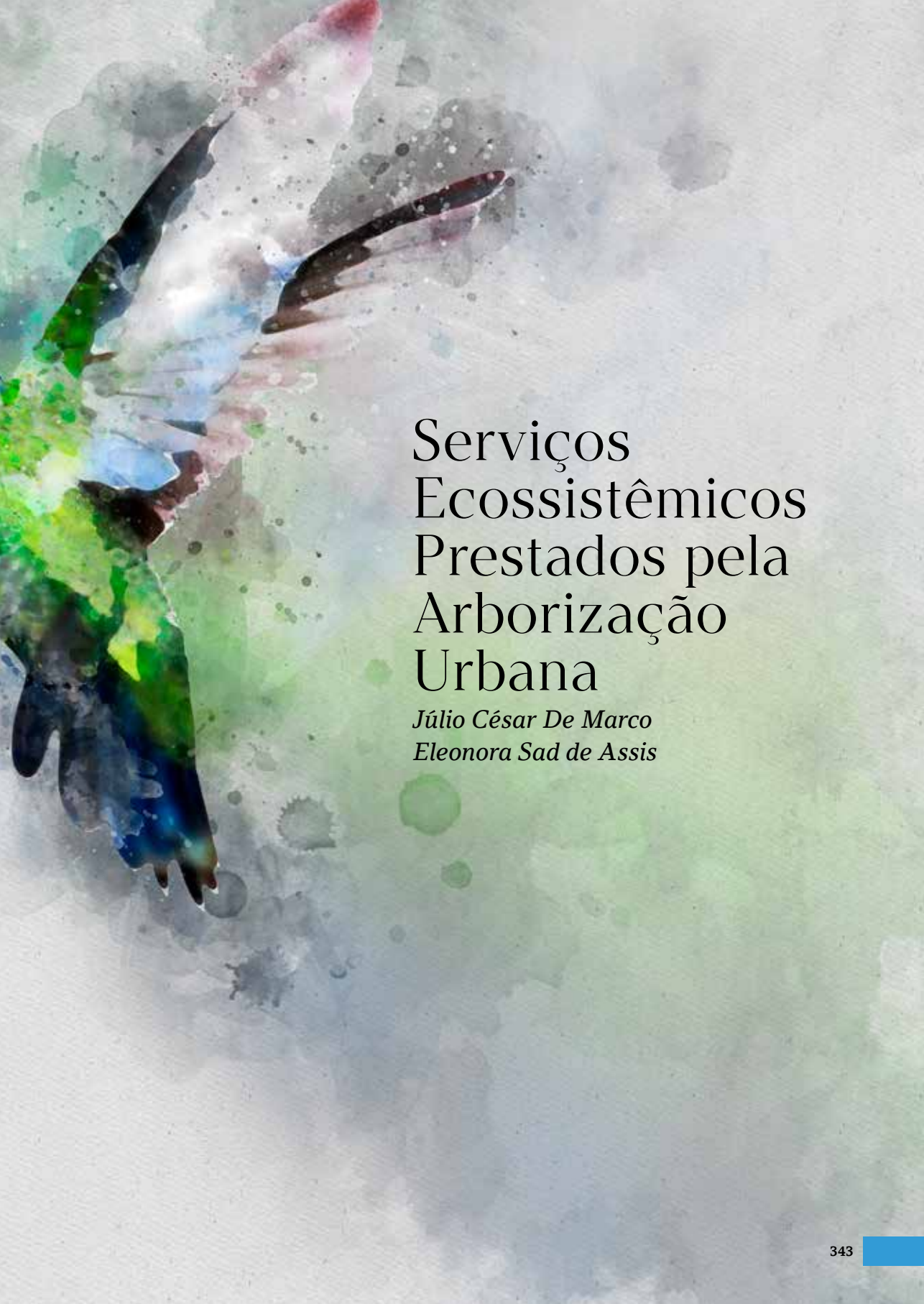
Atividade de construção	Possíveis efeitos diretos nas árvores
Movimentação de equipamentos - danos físicos às árvores	• Perda de porções da copa ou raízes. • Ferimento no tronco, galhos ou raízes.
Movimentação de equipamentos - compactação do solo	• Modificação na característica física do solo. • Alteração na quantidade de água retida no solo disponível para a absorção pelas raízes. • A aeração do solo é reduzida. • A quantidade de água que se infiltra no solo é geralmente reduzida.
Alteração no greide da superfície do terreno	• Aterros podem: - Posicionar o sistema radicular bem abaixo do seu nível normal. - Aumentar ou diminuir os níveis de nutrientes e umidade do solo no horizonte superficial. - Reduzir a aeração do solo. - Causar o desenvolvimento de condições anaeróbicas no solo que leva ao desenvolvimento de toxinas. - Compactação do solo. • Escavações podem: - Remover solo superficial. - Expor parte do sistema radicular. - Danificar fisicamente as raízes. - Expor raízes às lesões físicas futuras. - Desviar as águas superficiais, alterando a umidade do solo. - Reduzir os nutrientes disponíveis no solo. - Reduzir a capacidade de retenção de umidade do solo.
Escavação e abertura de valas	• Danos ao sistema radicular. - Absorção reduzida de nutrientes. - Absorção de água reduzida. • Restrição ao crescimento da raiz. • Alteração no movimento da água no subsolo.
Pavimentação e impermeabilização	• Alteração nos padrões de drenagem superficial e subsuperficial podem aumentar ou diminuir os níveis de umidade do solo. • Redução da aeração do solo. • Interrupção do ciclo normal de nutrientes. • As características do material usado podem danificar as raízes ou modificar as características do solo.
Disposição de resíduos	• Danos às raízes, ao tronco ou a copa. • Modificação nas características físicas e químicas do solo. • Restrição do desenvolvimento da raiz. • Interferência no movimento da água. • Introdução de toxinas na zona de raízes.
Remoção da vegetação	• Alteração na competição pela luz solar, nutrientes e umidade do solo. • Alteração na quantidade, qualidade e duração de luz que chega à planta. • Alteração na temperatura do ar e do solo. • Alteração na exposição da árvore ao vento. • Modificação das interações entre plantas.
Inclusão de edificações	• Restrição no desenvolvimento da copa e raízes. • Alteração na quantidade e padrão de drenagem da água (não apenas prédios, mas vias, calçadas, serviços etc.). • Criação de microambientes que modificam os solos e os microclimas.

Anexo 02: Síntese dos métodos sugeridos para minimizar o impacto das atividades de construção nas árvores remanescentes, de acordo com Sydnor e Heiligmann (1999).

Atividade de construção	Métodos sugeridos para minimizar o impacto
Dano físico às árvores	• Restringir entradas e rotas de trânsito na propriedade. • Estabelecer zonas de proteção de árvores individuais ou grupos. • Podar galhos que interfiram nas atividades de construção. • Negociar penalidade contratual por danos às árvores. • Reparar as árvores danificadas rápida e corretamente. • Avaliar a estabilidade estrutural da árvore.
Compactação do solo	• Restringir o tráfego de veículos e equipamentos. • Estabelecer zonas de proteção de árvores individuais ou grupos. • Usar uma camada de cobertura morta para reduzir a compactação.
Corte no terreno	• Realizar somente se absolutamente necessário. • Estabelecer uma área não perturbada ao redor da árvore. • Podar raízes danificadas ou cortadas inadequadamente. • Reter o solo superficial.
Aterro no terreno	• Realizar somente se absolutamente necessário. • Avaliar a tolerância das espécies. • Avaliar a conveniência de utilizar sistemas de aeração das raízes.
Escavação e abertura de valas	• Avaliar a capacidade da árvore impactada de sobreviver e crescer. • Avaliar o potencial de risco associado à árvore. • Reduzir a abertura de valas na área de projeção da copa redirecionando os utilitários. • Considerar encapsular ou desviar os utilitários em vez de abrir a vala. • Minimizar o número de valas agrupando utilitários. • Podar raízes danificadas ou cortadas inadequadamente.
Pavimentação e impermeabilização	• Evitar a impermeabilização dentro da zona de proteção da árvore. • Usar pavimentos que exijam escavação mínima. • Considerar o uso de material de superfície porosa. • Podar raízes danificadas ou cortadas inadequadamente.
Armazenamento e descarte de resíduos	• Designar um local para armazenamento longe das árvores. • Minimizar e restringir o tráfego à área de armazenamento. • Não enterrar materiais de construção no local. • Limpar o espaço antes da confecção de barreiras de proteção. • Limpar rapidamente os vazamentos para reduzir a contaminação do solo.
Remoção de vegetação	• Remover as árvores com cuidado para diminuir os danos nas árvores remanescentes. • Avaliar se as espécies são tolerantes às mudanças.



Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos.



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. Entretanto, 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 m² 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).¹ Esse índice estaria bem acima dos 12 m² 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.

¹ 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 despende 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

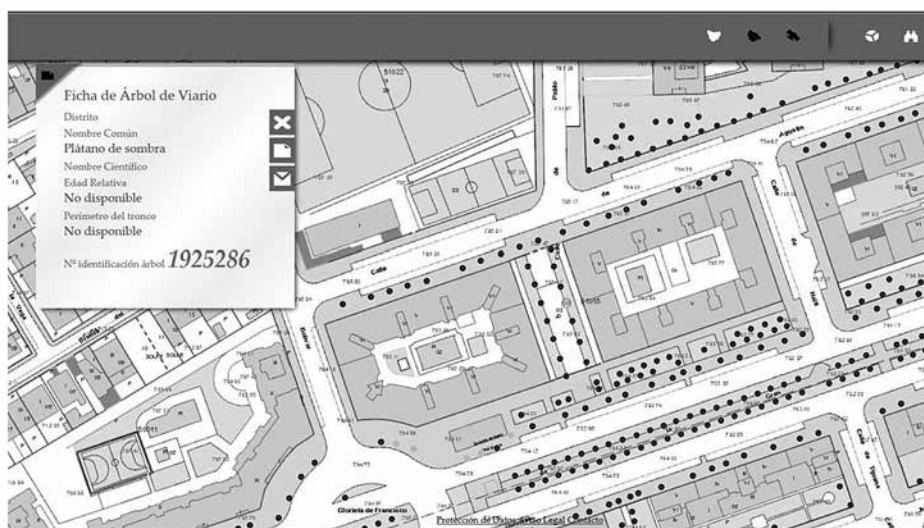


Figura 1 - Imagem capturada da web da plataforma “Un alcórque, un árbol”. Fonte: Disponível em: www-2.munimadrid.es/DGPVE_WUUAU/irAMapa.do. Acesso em: 22 set. 2018.

desenvolvida.² 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.³ 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-

² Disponível em: www.unalcorqueunarbol.com. Acesso em: 22 set. 2018.

³ Disponível em: 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*⁴ 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

⁴ Disponível em: 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. 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 m² 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 m²), 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 habitat 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 provê 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; Braumgart	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. 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.	Hueting 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 sobreamento 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 viemos 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 significantes 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 dispendar 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
• Superfície: interações com o lençol freático	• Hábitat para espécies generalistas	• Experiência direta com ecossistemas naturais
• Processos de desenvolvimento do solo	• Hábitat para espécies especialistas	• Recreação física
• Manutenção de regime(s) hidrológico(s)	• Movimentação de espécies em rotas e corredores	• Experiência e interpretação da história cultural
• Acomodação de regime(s) que sofrem perturbação	• Manutenção de regime(s) de perturbação e de sucessão	• Propicia o senso de isolamento e de inspiração
• Tamponamento de ciclos de nutrientes	• Produção de biomassa	• Oportunidade para interações sociais saudáveis
• Sequestro de carbono e GEE	• Provisão de reservas genéticas	• Estímulo às expressões abstratas e artísticas
• Modificação e tamponamento de extremos climáticos	• Suporte para interações flora e fauna	• Educação ambiental

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 CO₂ 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 O₃, 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 O₃.

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 NO₂, SO₂ 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 edifícios 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 hábitat* 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-

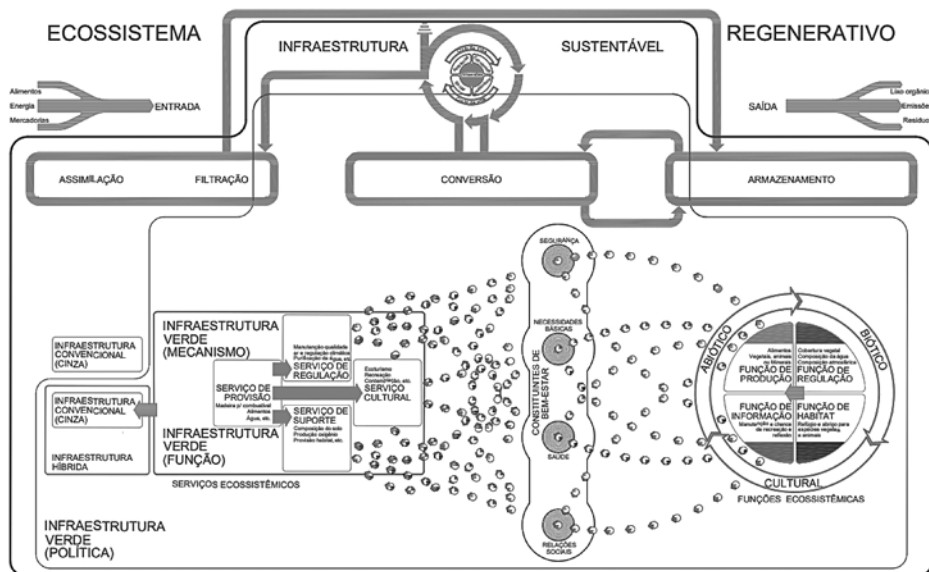


Figura 3 - Uma sistematização de elementos componentes de uma infraestrutura sustentável.

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 Gumuchdjian (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 (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), além de hidrofluorcarbonos (HFC) e perfluorcarbonos (PFC). À distância, o mais importante é o 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 ₂	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-ba8e809727ffdd88ec84852a8cd209fb.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.

BATELEY, 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. 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=2PNTzWz6nsyF_pfcfrw8pntaBy0#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'ARCE, 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. 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=5gilHCu-7yUDzOrfIIZDJxQPYu#w=onepage&q=Nature%E2%80%99s+services%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.

EGENTER, 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.; PULASEN, 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. 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 Ecológico**. 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. 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. 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. 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. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada**. Brasília: Itamaraty. 2016. Disponível em: 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. 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

Este livro foi composto nas tipologias Abadi MT Pro,
Argesta Text e Fairwater Script para Cemig e foi impresso em
papel Polen Bold 90g/m² pela Rede Editora Gráfica Ltda,
em Belo Horizonte, Brasil, em agosto de 2022.

