

Por que manter árvores na área urbana?



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 89

Por que manter árvores na área urbana?

Maria Luiza Franceschi Nicodemo

Odo Primavesi

Embrapa Pecuária Sudeste
São Carlos, SP
2009

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luis, km 234
Caixa Postal 339, São Carlos, SP
Fone: (16) 3411-5600
Fax: (16) 3361-5754
Home page: <http://www.cppse.embrapa.br>
Endereço eletrônico: sac@cppse.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Ana Rita de Araujo Nogueira
Secretário-Executivo: Edison Beno Pott
Membros: Maria Cristina Campanelli Brito, Milena Ambrósio Telles,
Sônia Borges de Alencar

Revisão de texto: Edison Beno Pott
Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito
Foto(s) da capa: Maria Luiza Franceschi Nicodemo

1ª edição on-line (2009)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Pecuária Sudeste**

Nicodemo, Maria Luiza Franceschi

Por que manter árvores na área urbana? [Recurso eletrônico] / Maria
Luiza Franceschi Nicodemo, Odo Primavesi — Dados eletrônicos. — São
Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <[http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/
070publicacao gratuita/documentos/documentos89.pdf](http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacao gratuita/documentos/documentos89.pdf)>

Título da página na Web (acesso em 23 de junho de 2009).

41 p. (Documentos/Embrapa Pecuária Sudeste; ISSN: 1980-6841; 89).

1. Árvore. 2. Urbanização. I. Nicodemo, Maria Luiza Franceschi. II. Primavesi,
Odo. III. Título. IV. Série.

CDD: 635.9

Autores

Maria Luiza Franceschi Nicodemo

Zootecnista, Ph.D em Agricultura Pesquisadora
da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.
mlnicodemo@cppse.embrapa.br

Odo Primavesi

Engenheiro Agrônomo, Ph.D em Solos e
Nutrição de Plantas, Pesquisador aposentado
da Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.
odoprime@yahoo.com.br

Sumário

Introdução	7
O verde urbano	9
Bem-estar humano	11
Impacto da vegetação no ambiente urbano	14
Microclima	14
Redução da poluição do ar	16
Redução do ruído	19
Interceptação da água de chuva	21
Retenção de carbono	24
Valores estéticos e culturais	24
Resposta dos consumidores à arborização urbana	26
Subsídios básicos para o planejamento da arborização urbana	28
Comentários finais	33
Agradecimentos	33
Referências	33

Por que manter árvores na área urbana?

Maria Luíza F. Nicodemo
Odo Primavesi

Introdução

Quase a metade da população mundial (47%) vive em áreas urbanas e projeta-se o crescimento de 2% a.a. entre 2000 e 2015 (PNUMA, 2004). O Brasil tem cerca de 190 milhões de habitantes. A população brasileira no meio urbano (Fig. 1) passou de 52 milhões de habitantes em 1970 (56%) para 138 milhões (81%) em 2000 (MUNINET, 2008).

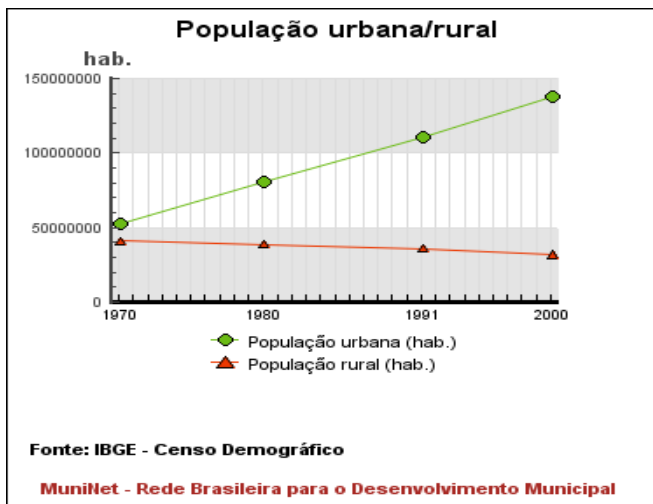


Fig. 1. Crescimento da população urbana de 1970 a 2000.

Fonte: MUNINET (2008).

As cidades dependem fortemente do meio rural para atender às suas necessidades de água, de alimento, de fibras e de outros produtos essenciais à vida e ao bem-estar. O impacto ambiental das cidades sobre o ambiente pode ser avaliado por uma medida chamada de “pegada ecológica”. Essa pegada, ou biocapacidade, corresponde à área de terra produtiva e de ecossistemas aquáticos necessários para produzir os recursos utilizados e absorver os resíduos produzidos por determinada população com padrão de vida específico, onde quer que essa área esteja localizada (PNUMA, 2004). Em 1995, o ecologista Herbert Girardet estimou que a pegada ecológica da cidade de Londres era 125 vezes maior do que a área ocupada por ela. A estimativa do ano 2000 é de que a pegada ecológica dessa metrópole seja equivalente a 49 milhões de hectares, o que representa 42 vezes sua biocapacidade e 293 vezes sua área geográfica, o que grosseiramente equivale ao dobro da área da Grã-Bretanha. Com a população de 7,4 milhões de pessoas, esse cálculo representa 6,63 ha por habitante urbano. Com base na capacidade da Terra de 2,18 ha por habitante, em média, pode-se estimar que seriam necessários três planetas idênticos à Terra para manter o atual estilo de vida dos londrinos (LSDC, 2008).

A cidade de Vancouver, no Canadá, consome a produção de uma área 174 vezes maior do que aquela referente à sua área política. A pegada ambiental urbana relativamente desproporcional é aceitável até certo ponto, porque a concentração de populações nas cidades reduz a pressão sobre a terra, possibilita economias de escala e facilita a proximidade da infra-estrutura e dos serviços (PNUMA, 2004).

As cidades são fruto do engenho humano, mas muitas vezes são inóspitas. Elas são consideradas por urbanistas como ecossistemas. São sistemas imaturos, se comparados aos sistemas naturais, pois estão em rápido crescimento e são ineficientes no uso de recursos, tais como água e energia (HAUGHTON e HUNTER, 1994 citado por BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

Nas cidades há produção e consumo de energia em grande escala; há importação e canalização de água, assim como incremento de importações e de exportações de outros materiais, com o acúmulo de enorme quantidade de dejetos e de lixo. Comparado com outros

sistemas, ocorre ali redução significativa da produção primária, com desequilíbrio em favor da atividade de consumo do homem; há mudanças no perfil do solo e alterações da topografia provocadas por movimentos de terra em grande escala e por pavimentação, aterro, escavação e compressão da superfície; há aumento da contaminação do ar, do solo e da água; há mudanças significativas nas populações, vegetais e animais, com acentuada diminuição do número das espécies autóctones e, em troca, aumento da quantidade das espécies adaptadas; e há alteração do clima, tipicamente urbano (GARCÍA, 1999, citado por CARVALHO, 2002). Essa alteração de clima pode trazer diversos e sérios problemas de doenças e de falta de qualidade de vida para a população urbana, além de impactos ambientais negativos que podem resultar em sérios prejuízos econômicos.

A presença de elementos naturais pode contribuir significativamente para o bem-estar humano nas cidades. Neste texto será analisado como a vegetação, em especial as árvores, podem contribuir para melhorar a qualidade de vida no meio urbano.

O verde urbano

A floresta urbana pode ser caracterizada por árvores encontradas nas cidades: em parques, em bosques e em áreas verdes públicas, em terrenos desocupados, em beiras de córregos e em várzeas, em ruas, em terrenos residenciais e de prédios públicos. As árvores urbanas contribuem para a boa qualidade de vida nas cidades, por meio de inúmeros serviços ou processos ecológicos, destacando-se os seguintes: redução da poluição do ar, interceptação da água de chuva, sombreamento e estabilização da temperatura, redução do ruído e promoção de melhorias no bem-estar psicológico e físico (KAPLAN, 1995; MCPHERSON et al., 1997). Elas também atuam na manutenção da umidade relativa do ar em nível adequado, por meio da vaporização de água, e evitam elevação muito brusca da temperatura, reduzindo amplitudes térmicas. A umidade relativa do ar tem relação direta com a temperatura. Com mais calor, aumenta a demanda evapotranspirativa da atmosfera e há menos água disponível no solo e no ar, se a amplitude térmica for muito grande (OMETTO, 1981; PRIMAVESI et al., 2007).

A competição pelos recursos escassos dos centros urbanos fez com que os serviços providos pela vegetação urbana fossem quantificados em termos financeiros. Programas de computação foram desenvolvidos para, com informações geradas localmente, calcular o impacto das árvores sobre o clima, sobre a redução dos gastos de energia com regulação da temperatura em edificações e sobre o controle da poluição, entre outros. Esses cálculos subsidiam políticas públicas de programas de arborização urbana (MCPHERSON et al., 1997; MCPHERSON et al., 1999; SOLECKI et al., 2005; ESCOBEDO et al., 2008; MCINTYRE, 2008; USDA, 2008b).

A base conceitual desses programas repousa no valor dos benefícios da floresta urbana percebidos pelas pessoas. Para estimar os benefícios, as relações entre a estrutura da floresta urbana (arranjos entre as árvores e outros componentes das cidades, como prédios) e os processos ecológicos estudados precisam ser conhecidas. É necessário relacionar as mudanças na estrutura da floresta urbana com os processos ecológicos. A relação de valor considera a maneira pela qual as mudanças nos processos ecológicos alteram a qualidade ambiental e se refletem na comunidade urbana.

Considere-se o caso do microclima urbano: a cobertura de árvores influencia a intensidade da ilha de calor¹ da cidade. Parte desse efeito está relacionado à área foliar, que interfere na interceptação de água das chuvas, na evapotranspiração e no sombreamento. O aumento da cobertura florestal modifica os fluxos de energia e de água, e causa mudanças na temperatura do ar, no regime de ventos e na concentração de poluentes do ar. A menor temperatura do ar durante o verão associada com a redução do efeito de ilha de calor pode ser relacionada com diminuição de gasto de energia elétrica por aparelhos de ar condicionado e ventiladores, de despesas médicas na população susceptível e de níveis de ozônio na baixa atmosfera, onde causa transtornos (MCPHERSON et al., 1997). Quando se mantém a temperatura mais baixa, há maior possibilidade da umidade relativa do ar permanecer em níveis adequados para a saúde.

¹ Anomalia térmica em que o ar da cidade ou de parte dela se torna mais quente do que o das regiões vizinhas que contêm áreas verdes. Por exemplo, a diferença de temperatura pode chegar a 13°C entre o centro de São Paulo e os Jardins, onde há alta concentração de árvores.

Outros estudos, usando metodologias mais diretas (avaliação contingente) para estimar o “desejo de pagar”, também mostraram a importância da floresta urbana para as populações de Curitiba (HILDEBRANDT, 2001) e de 15 cidades da Nova Zelândia (VESELY, 2007).

Bem-estar humano

As plantas provocam respostas psicológicas nas pessoas (KAPLAN, 1995; LEWIS, 1995; SUGIYAMA et al., 2008). A capacidade de as pessoas perceberem se determinado ambiente é capaz de fornecer alimento e abrigo, necessários à vida, desenvolveu-se numa resposta imediata ao ambiente, a qual é considerada atávica. Pessoas de diferentes culturas, de diferentes estratos econômicos e de diferentes etnias têm preferência por paisagens semelhantes: em geral elas selecionam lugares com vegetação em vez de paisagens sem vegetação, optando por campos com árvores e com pouca vegetação no sub-bosque. O local preferido pelas pessoas fica imediatamente sob o abrigo das árvores, na porção mais externa do bosque, de modo que permita observar o que se aproxima por fora (LEWIS, 1995).

A sensação de segurança em áreas com árvores é especialmente buscada em regiões onde problemas com violência urbana são comuns. Estudos mostraram a importância da disponibilidade de áreas verdes públicas com estrutura física adequada (bancos, *playground*, etc.), plantas bem cuidadas, e com boa iluminação e boa visibilidade, em comunidades carentes (TALBOT e KAPLAN, 1984). A presença de vegetação em conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda pode aliviar até mesmo problemas de violência doméstica (WELLS, 2000; KUO e SULLIVAN, 2001a). Moradores de áreas mais arborizadas relataram menos medo, menos problemas de convivência, e menos comportamento agressivo e violento. É interessante que os estudos mostram que as árvores podem contribuir para a redução da criminalidade, quando tradicionalmente a presença de vegetação era associada à presença de marginais (KUO e SULLIVAN, 2001b). A cor verde da vegetação exerce efeito calmante sobre as pessoas (AMBER, 1983).

Tanto a interação direta e proativa (plantio e manutenção de árvores, de jardins e de hortas) como a interação passiva (estímulo visual, sem responsabilidade pessoal pela manutenção da vegetação) têm efeitos positivos sobre as pessoas (LEWIS, 1995; HYNES e HOWE, 2004).

O ambiente natural tem características consideradas fundamentais para propiciar o relaxamento: 1) capacidade de atrair a atenção, sem que seja necessário esforço pessoal, desativando os mecanismos envolvidos na manutenção da atenção voluntária que inibem a urgência de responder às distrações – o som das folhas agitadas pelo vento, o canto dos pássaros, o burburinho de água em movimento, e a observação das nuvens e do pôr-do-sol são exemplos que servem para ilustrar a idéia; 2) distração dos problemas cotidianos – pode ser representada por uma mirada de uma janela ou por uma caminhada no parque, desde que dê oportunidade para uma pausa na atenção concentrada que ocasionou a fadiga; 3) sensação de estar em outro mundo ou conectado a uma realidade mais abrangente – o ambiente deve prover estímulos suficientes para ver, experimentar e sentir de modo a provocar envolvimento profundo com a experiência vivida; e 4) compatibilidade entre as inclinações pessoais e o ambiente, permitindo o repouso. Embora situações não naturais possam contribuir para a recuperação da fadiga mental, a natureza é considerada o mais confiável recurso de experiências restaurativas (KAPLAN, 1995; WELLS, 2000).

Muitos estudos controlados apóiam a tese da importância da vegetação para o bem-estar humano. A visita a parques, jardins botânicos e áreas verdes foi relacionada à redução do estresse, refletida em redução da pressão arterial e dos batimentos cardíacos e em melhoria de outros indicadores fisiológicos (LEWIS, 1995). A mera presença da vegetação ajuda: quando pessoas submetidas ao estresse foram posteriormente conduzidas a locais distintos, como a um *shopping center*, ao centro urbano ou a um parque, as que visitaram áreas verdes se recuperaram mais rapidamente da experiência. Doentes se recuperaram mais rapidamente de cirurgias, precisaram de menos drogas potentes e saíram mais rapidamente

do hospital quando da janela podiam ver vegetação, comparados àqueles pacientes que pela janela enxergavam apenas uma parede de tijolos (LEWIS, 1995; WELLS, 2000; HYNES e HOWE, 2004). Crianças de áreas pobres e estudantes universitários mostraram melhor habilidade cognitiva quando podiam avistar plantas da janela da sala de aula. A oportunidade de relaxar em ambiente natural também elevou o desempenho de estudantes quando comparados com outros grupos que permaneceram em ambiente urbanizado (KAPLAN, 1995; WELLS, 2000). O efeito restaurador de ambientes naturais parece ser mais significativo em situações de maior fadiga (HARTIG e STAATS, 2006).

Uma das teses que relacionam a mitigação de violência urbana ao maior contato com a natureza sustenta que surtos de raiva e de agressão podem ser minimizados se forem dadas condições de controle do estresse pelos mecanismos anteriormente descritos de redução da fadiga. Essa hipótese é fortalecida por estudos que mostraram que moradores de conjuntos habitacionais voltados para a população carente situados próximos a áreas verdes apresentaram menor índice de agressão e de violência do que moradores de conjuntos habitacionais situados em áreas menos vegetadas. A fadiga mental foi relacionada com a violência (KUO e SULLIVAN, 2001a). A saúde mental, mas não necessariamente a saúde física, foi melhorada com maior contato com a natureza (SUGIYAMA et al., 2008). Amber (1983) informa que a cor verde alivia, acalma, tanto física como mentalmente. Atua sobre o sistema nervoso simpático, alivia a tensão dos vasos sanguíneos e diminui a pressão do sangue. Dilata os vasos capilares e produz sensação de tepidez. É estabilizadora emocional e estimuladora da pituitária. Age sobre o sistema nervoso como sedativo e ajuda em casos de insônia, de esgotamento e de irritação.

Os benefícios do contato com a natureza no meio urbano, ainda que em poucos momentos do dia, provocam sentimentos positivos duradouros e estimulam a manutenção de hábitos que promovem essa interação (KAPLAN, 1995).

O incentivo de exercícios físicos ao ar livre é importante para minimizar os problemas relacionados a obesidade e doenças crônicas. A disponibilidade de áreas verdes, com abrigo do sol, cria um ambiente propício para caminhada e outras formas de exercício, como corrida e ciclismo. Parques e *playgrounds* arborizados estimularam a interação entre adultos e crianças, o que é importante para o desenvolvimento cognitivo delas, e promoveram mais brincadeiras ao ar livre. Crianças que vivem em ambientes com maior acesso a áreas naturais são beneficiadas em termos de habilidades cognitivas e de atenção concentrada (WELLS, 2000). A disponibilidade de áreas verdes fortalece as relações na comunidade. A sombra das árvores é utilizada para lazer e repouso, sendo procurada para descanso, para leitura, para conversação, para atividades que envolvem música e dança e para brincadeiras (SMARDON, 1988).

Em alguns estudos pode haver confundimento entre a resposta à maior presença de árvores e a situação socioeconômica, já que freqüentemente as regiões ocupadas pelas populações mais favorecidas apresentam maior quantidade de áreas verdes do que conjuntos habitacionais populares. Entretanto, em um estudo desenvolvido durante cinco anos por Takano et al. (2002), em que idade, sexo, estado civil e condição socioeconômica foram controlados, observou-se que a proximidade de áreas verdes acessíveis, que facilitassem sua utilização para caminhadas, contribuiu para maior longevidade da população idosa em Tóquio.

Impacto da vegetação no ambiente urbano

Microclima

A presença de árvores e de outros tipos de vegetação na cidade tem impactos físicos sobre uma série de características ambientais (HEISLER, 1974; AKBARI, 2002). Talvez os impactos mais óbvios sejam sobre a temperatura e sobre a umidade relativa do ar. A cidade apresenta microclima diferente daquele do meio rural no entorno. O microclima urbano é caracterizado por temperatura mais elevada,

nebulosidade mais intensa, umidade relativa do ar mais baixa e velocidade dos ventos e turbulência menos intensas. Ao se percorrer aproximadamente 53 km em linha reta a região central da cidade de São Paulo, verificou-se que a temperatura variou de 13°C a 26°C. Nesse estudo, comprovou-se o aquecimento de até 10°C nas áreas densamente urbanizadas, o que indica a existência de ilhas de calor, que poderiam ser amenizadas com a implantação de áreas verdes na cidade (PEREIRA et al., 2006).

O calor é refletido pelo material usado nas construções urbanas e produzido pelas atividades humanas associadas ao uso de combustíveis. A menor troca de ar causada pela restrição dos ventos contribui para manter o calor. As árvores tornam o ambiente mais agradável ao proteger as pessoas da radiação solar direta (predominantemente de ondas curtas, de luz visível) e da radiação de ondas longas (calor ou radiação infravermelha) emitida pelos prédios. De acordo com a estrutura da árvore, a maior parte dessa radiação incidente pode ser bloqueada pela copa. Da radiação solar interceptada por árvores, cálculos feitos no hemisfério norte sugerem que de 10% a 25% é refletida de volta para o espaço, grande parte é usada para transpiração das plantas e uma pequena parte aquece o ar ou aquece partes das árvores. Cerca de 1% da energia líquida ou 2% da energia bruta incidente na superfície é usado para fotossíntese. A troca de ondas longas entre pessoas e árvores é pequena, já que a temperatura costuma ser semelhante. Como a sombra da árvore protege também o solo, este não emite ondas longas de calor para as pessoas (HEISLER, 1974).

Em uma superfície pavimentada descoberta, não há proteção da luz solar incidente, o calor absorvido pelo pavimento é armazenado no chão e aquece o ar (nenhuma parte é usada para evaporação e ou transpiração vegetal). A alta temperatura do pavimento emite grande quantidade de radiação de onda longa, de modo que as pessoas sobre esse pavimento recebem radiação solar incidente e refletida, além da radiação de onda longa emitida pelo chão. Muitas dessas interações se repetem entre as pessoas e as edificações urbanas. À noite, a radiação armazenada nos prédios e no pavimento continua a ser emitida na forma de radiação de ondas longas e contribui para tornar

as cidades mais aquecidas do que áreas rurais no entorno (HEISLER, 1974). Isso se torna mais grave em cidades com muita poluição e pouco vento, gerando ilhas de calor ou de aquecimento local.

Árvores aumentam o sombreamento, o que, aliado à evapotranspiração, reduz a quantidade de calor na atmosfera. A evaporação de 1 mm de água (= 1 L/m²) requer 59 cal/cm² (1 cal = 4,184 J). Quanto maior for a superfície foliar, tanto maior será a capacidade de transpiração das árvores, desde que haja água disponível no solo para permitir essa troca. Por essa razão, um metro quadrado ocupado com vegetação é mais eficiente do que um metro quadrado de lâmina d'água na umidificação e na redução de temperatura do ar. Estima-se que a superfície evapotranspirante da lâmina foliar seja de quatro a dez vezes maior do que a da mesma superfície coberta por água (HEISLER, 1974; PRIMAVESI et al., 2007). Uma árvore de grande porte pode transpirar 450 L de água por dia e para tanto requer 1.000 MJ de energia calorífica (HOUGH, 1989, citado por BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

A alocação estratégica de árvores pode contribuir também para reduzir os gastos de energia com resfriamento ou com aquecimento (HEISLER, 1974; MCPHERSON et al., 1997) e com umidificação do ar. Uma estimativa para a cidade de Chicago indicou que o incremento em 10% na cobertura arbórea poderia reduzir a energia gasta com aquecimento ou com resfriamento em até US\$ 90 por ano por habitação, devido à sombra, à menor temperatura no verão e à menor velocidade dos ventos (MCPHERSON et al., 1997). Assim, potencialmente, os benefícios auferidos corresponderiam a mais do que o dobro do custo de plantio e de manutenção das árvores.

Redução da poluição do ar

A poluição do ar afeta a saúde dos moradores das cidades e penaliza de forma mais impactante os mais frágeis, como crianças, idosos e enfermos. A poluição do ar provoca sintomas conhecidos – tosse, dor de cabeça e irritação dos olhos, da garganta e dos pulmões –, e foi relacionada até mesmo ao câncer (NOWAK, 1994). A inalação de material particulado foi relacionada ao aumento de mortalidade, de admissões

hospitalares, de visitas ao pronto socorro e de utilização de medicamentos, devidos a doenças respiratórias e cardiovasculares, além de diminuição da função pulmonar e de aumento de mortes em pessoas com problemas cardiovasculares (ARBEX et al., 2004). A poluição pode afetar a saúde das crianças ainda em gestação, até mesmo em nível genético, com alterações no DNA, causadas, por exemplo, por hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, tais como o benzopireno, com sintomas visíveis que podem ser cabeça pequena em recém-nascidos (ou mesmo sem massa cerebral completa) e resultados insatisfatórios em testes de desenvolvimento, tais como menor coordenação motora e menor capacidade de socialização, conforme comprovam estudos realizados na China (FAGIN, 2008).

Árvores ajudam na redução da poluição do ar. Possuem a capacidade de absorver gases pelos estômatos das folhas. Além disso, muitas partículas ficam retidas na superfície da planta. Fatores que afetam a remoção da poluição pelas árvores incluem a quantidade de superfície foliar saudável, a concentração local de poluentes e as condições meteorológicas. A remoção de poluentes é tipicamente maior no caso do ozônio, seguido por material particulado com diâmetro menor do que 10 μm , dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono. A capacidade de remoção de poluentes do ar, calculada com base em dados de campo, mostrou variação em cidades norte-americanas de 19 t por ano em Freehold (Nova Jérsei) até 1.500 t por ano em Atlanta e em Nova Iorque. O valor econômico da remoção da poluição nessas duas cidades foi calculado com base nos valores médios de externalidade do país e correspondeu a US\$ 109.000 em Freehold e US\$ 8,3 milhões em Atlanta (NOWAK e DWYER, 2007).

A remoção da poluição do ar por árvores foi estimada na região de Chicago (cobertura arbórea = 19%), onde se calculou que as árvores urbanas retiraram 5.575 t de poluentes do ar durante 1991, o que correspondeu à economia de US\$ 9,2 milhões. Nesses cálculos, os custos da prevenção da emissão de poluentes usando estratégias conhecidas de controle das emissões foram multiplicados pelas toneladas métricas de poluentes removidos pelas árvores. As árvores removiam com mais eficiência o ozônio (2.000 t/ano) e particulados com até 10 μm (1.840 t/ano). Árvores grandes e

maduras removiam de 60 a 70 vezes mais poluentes do ar do que árvores pequenas, devido à maior área foliar. Estimou-se que as árvores com diâmetro maior do que 76 cm à altura do peito removeram individualmente cerca de 1,4 kg de poluentes no ano, enquanto árvores com diâmetro menor do que 8 cm removeram cerca de 0,02 kg de poluentes no ano (NOWAK, 1994).

O processo pelo qual as árvores retiram particulados da atmosfera está relacionado com a manutenção de pressão alta do ar (ar mais frio) na superfície durante o dia, o que cria um tipo de rarefação do ar que favorece a queda dos particulados. Áreas sem árvores esquentam muito mais durante o dia e geram térmicas intensas, que lançam as impurezas para o alto. Essas impurezas caem sobre as áreas verdes com térmicas mais fracas e por isso atuam como vácuo. Por isso é recomendável passear ou exercitar-se em áreas verdes, com ar mais limpo, até as 10h ou após as 20h no verão (o pior horário é em torno de 15 a 16h), quando houver muita produção de poluentes no ambiente do entorno (DANIELS et al., 1995; PRIMAVESI et al., 2007).

Em novos cálculos referentes a Chicago, gastos com energia, mitigação da poluição do ar, controle de enxurrada e outros benefícios oriundos das árvores foram computados. Quando se pressupôs o horizonte de 30 anos e o plantio de 95 mil árvores, verificou-se que o plantio e a manutenção das árvores custariam US\$ 21 milhões. Os benefícios proporcionados pelas árvores foram estimados em US\$ 59 milhões, refletindo-se em US\$ 38 milhões de valor presente líquido ou US\$ 402 por árvore plantada. A razão benefício:custo de 2,83 indicou que os benefícios previstos corresponderam a quase três vezes os custos projetados (MCPHERSON et al., 1997).

Num estudo conduzido em Santiago do Chile concluiu-se que árvores propiciam bom retorno econômico mesmo se fosse computada unicamente a capacidade de reter particulados com diâmetro menor do que 10 μm (ESCOBEDO et al., 2008).

O uso de cobertura vegetal muito fechada sobre vias de grande movimento de veículos, entretanto, pode comprometer o controle da poluição do ar se ela não permitir a circulação de ar, reduzindo o turbilhonamento.

Redução do ruído

O excesso de ruído no meio urbano pode provocar desconforto e doenças em seres humanos. Ruídos superiores a 70 dBA são incômodos para atividades externas realizadas durante o dia, especialmente quando se deseja conversar. São considerados aceitáveis os ruídos na faixa de 60 a 65 dBA durante o dia, e de 50 a 55 dBA no período noturno, quando os ruídos de fundo forem menores. Um veículo de carga pesado origina cerca de 100 dBA, enquanto um veículo leve produz 75 dBA, quando ambos estiverem à distância de cerca de 10 m do ponto de medição. O nível de ruído é de 65 dBA a 30 m do ponto de medição (há redução do ruído com o aumento da distância da fonte de emissão), aceitável pela maioria das pessoas durante o dia, mas inadequado para a noite. A utilização da vegetação como barreira pode minimizar o problema (COOK e HAVERBEKE, 1977).

Há bastante variação nos relatos sobre a efetividade de barreiras vegetadas no controle do ruído. Fang e Ling (2003) registraram redução superior a 6 dBA em faixas densas de arbustos, onde a visibilidade era de menos de 5 m; redução entre 3 e 5,9 dBA em faixas de árvores e arbustos pouco menos adensadas, com visibilidade entre 6 m e 19 m; e redução de menos de 2,9 dBA em áreas com árvores e arbustos esparsos, com visibilidade de mais de 20 m. Visibilidade é a distância em que um objeto fica obscurecido pela vegetação em determinada densidade. Há registros de redução de 4 a 8 dBA com faixas largas de árvores (FANG e LING, 2005). HERRINGTON (1974) mencionou estudos em que o som foi reduzido de 5 a 8 dBA (quebra-ventos) até 10 a 15 dBA (barreiras sólidas + árvores). Fatores como densidade, altura, espessura e comprimento da barreira e distância da fonte de ruído contribuem para a efetividade da barreira. De modo geral, a barreira deve ficar o mais próximo possível da fonte emissora do ruído, para produzir maior efeito (HERRINGTON, 1974; AYLOR, 1977; FANG e LING, 2003).

As barreiras de árvores fornecem melhor proteção contra ruído quando a altura da fonte e do receptor do ruído for pequena, assim como quando a barreira for densa, quando a faixa de árvores for alta e

larga, e a distância entre a fonte emissora e o receptor for menor do que oito vezes a altura das árvores. Quando se utilizam árvores e arbustos para a redução do nível de ruído, é indicado o uso de árvores altas, de folhagem densa, perenes. Associações de plantas podem ser usadas para permitir a formação de uma barreira desde o solo. As árvores e os arbustos devem ser plantados densamente, em faixas largas. Há relatos que indicam que cinturões espessos de árvores, com pelo menos 30 m de largura, podem reduzir o ruído em cerca de 4 a 8 dBA (FANG e LING, 2003, 2005). No caso da proteção de áreas urbanas contra ruído ocasionado pelo tráfego de veículos, recomenda-se o uso de faixas de pelo menos 5 m de largura. Em áreas rurais, podem ser recomendadas faixas ainda mais largas (de 20 m a 35 m), especialmente se há tráfego pesado. O comprimento da barreira deve ser de pelo menos duas vezes a distância entre a fonte de ruído e o ponto que se deseja proteger² (USDA, 2008a). Pode ser necessária a associação de barreiras sólidas (paredes e muros) com árvores e arbustos para que a mitigação do ruído seja mais efetiva (HERRINGTON, 1974; ANDERSON et al., 1984).

A presença de superfície macia ajuda a absorver o ruído, de modo que a associação de plantas rasteiras, como um gramado ou um jardim, e árvores funciona melhor do que calçamento e árvores no controle do ruído. Nessa situação, o gramado pode reduzir o ruído em 3 dBA. A vegetação é utilizada para isolar, por exemplo, o passeio público das ruas de muito movimento, tornando o ambiente mais agradável e menos impactante para os pedestres (BOLUND e HUNHAMMAR, 1999). Árvores e outros tipos de vegetação podem reduzir a reverberação do som (HERRINGTON, 1974). Há relatos de maior reverberação em ruas sem árvores (3,5 s) comparadas a ruas com árvores (2,5 s).

As plantas podem atenuar a intensidade do som pela reflexão (espalhamento) da energia do som (mecanismo mais importante), pela absorção da energia nas camadas próximas à superfície da

² = receptor.

planta e pela minimização do impacto do ruído por sons oriundos das plantas, que criam ruído de fundo (*white noise*). Além do efeito físico, há benefícios psicológicos na percepção do ruído que podem ser obtidos com o uso de barreiras de plantas. Quando a fonte do som estiver escondida, tende a ser menos irritante do que emissores visíveis. Porém, se a pessoa espera que o ruído seja reduzido com a presença de um anteparo entre ela e a fonte emissora, nas situações em que essa redução do ruído é muito pequena, a pessoa pode perceber o som com mais intensidade do que é na realidade. Nesse caso, podem ser preferíveis anteparos que seriam talvez menos eficientes em termos concretos, tais como faixas ralas de vegetação, mas que ao reduzirem a visualização da fonte sonora são percebidos como se fossem eficientes, isto é, parecem reduzir o barulho. As pessoas toleram melhor o barulho quando ele é esperado (HERRINGTON, 1974; AYLOR, 1977; ANDERSON et al., 1984).

Interceptação da água de chuva

No Brasil, são comuns chuvas intensas no verão do Sudeste e no inverno do Nordeste, as quais representam um desafio para a drenagem urbana. Frequentemente são investidos recursos em obras paliativas, na tentativa de conter os rios na época de cheia, impedindo-os de extravasarem nas várzeas, seus domínios naturais. Não há, então, cuidado com a manutenção de áreas para retenção natural e para infiltração lenta da água no lençol freático, e o número de parques, de áreas verdes e de parques lineares em fundos de vale é insuficiente (BEZERRA e FERNANDES, 2000). Os parques lineares foram concebidos com o intuito de recuperar fundos de vale e cursos d'água, resgatando o papel dos fundos de vale como parte do sistema de drenagem natural e acrescentando-lhes função social. A Prefeitura de São Paulo vai criar pelo menos onze parques lineares – há notícias de até 31 parques (PINTO, 2007). Esses parques, além de representarem expansão da área verde na cidade, contribuirão para melhorar a permeabilidade do solo, minimizando as enchentes, além de proteger os cursos d'água ainda não canalizados. Os parques reduzirão também as áreas de risco, na medida em que evitarão a construção de habitações irregulares nas áreas de várzea dos córregos (PMSP, 2007).

Infelizmente ainda hoje se observa a adoção de modelos de ocupação urbana ultrapassados, como a construção de avenidas marginais no fundo de vales, paralelas ao curso do rio, ocupando as áreas de várzea (Fig. 2).



Fig 2. Ocupação de fundo de vale por avenida marginal (Foto: M. L. F. Nicodemo, 2008).

A impermeabilização do solo nas cidades é um fenômeno bastante conhecido e causa impactos importantes sobre a capacidade de recarga do lençol freático e sobre as enchentes e as enxurradas que atingem as cidades. O crescimento radicular e a deposição de matéria orgânica aumentam a capacidade e a taxa de infiltração da água no solo. Ao mesmo tempo, as copas das árvores protegem o solo do impacto das gotas de chuva, de modo que ele mantém melhor permeabilidade. Durante o processo de transpiração, um

fenômeno que envolve a demanda atmosférica por água para manter a umidade relativa do ar, a água retirada do solo é lançada na atmosfera, aumentando assim o potencial de armazenamento de água no solo (CUFR, 2002). Em áreas com vegetação, verificou-se que de 5% a 15% da água das chuvas era perdida por escoamento superficial e que o resto evaporava ou se infiltrava no solo. Em cidades desprovidas de vegetação, 60% da água das chuvas é perdida (BERNATZKY, 1983, citado por BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

Espera-se, como consequência do aquecimento global, que a intensidade das chuvas aumente, o que exigirá estrutura urbana capaz de armazenar essa água a mais e evitar enchentes mais intensas e mais destruidoras. Folhas, galhos superficiais e casca das árvores interceptam e armazenam por algum tempo água das chuvas, reduzindo o escoamento superficial e atrasando o início do pico de enchente. Assim, as copas das árvores podem interceptar parte da chuva, liberando essa água mais lentamente ou perdendo-a para a atmosfera pela evaporação. Estimou-se que uma árvore de médio porte pode tipicamente interceptar 12.795 L de água de chuva por ano (CUFR, 2002). Silva et al. (2007) citados por Aguirre Junior e Lima (2007) relataram que algumas espécies de maior porte usadas na arborização urbana, como a sibipiruna e a tipuana, podem reter até 60% da água nas duas primeiras horas de chuva, liberando-a aos poucos.

As árvores são mais eficientes na interceptação da água de chuvas moderadas do que de chuvas torrenciais. Como as chuvas moderadas são as principais responsáveis pelo arraste de poluentes, as árvores tem papel importante na proteção da qualidade da água. As árvores urbanas foram responsáveis pela interceptação de 11% da precipitação anual na cidade de Sacramento (Califórnia, Estados Unidos da América) e essa interceptação foi descrita como a soma da água retida na superfície da planta com a água evaporada (XIAO et al., 1998).

Retenção de carbono

As árvores urbanas podem fazer parte do esforço na redução de gases de efeito estufa. No hemisfério norte, estimou-se que árvores frondosas, maduras, seqüestram cerca de 93 kg de C por ano, enquanto as árvores pequenas retêm uma quantidade bem menor (1 kg de C por ano). O seqüestro líquido de carbono pelas árvores foi calculado para a região de Chicago (Illinois, EUA) como equivalente a 140.600 t de C, o que corresponderia à quantidade emitida pelos veículos de transporte na mesma área em cerca de uma semana (NOWAK e DWYER, 2007). Como as taxas de crescimento nas regiões tropicais são muito maiores do que nas regiões de clima temperado, espera-se um impacto positivo muito maior das árvores em condições tropicais.

Em Canberra (Austrália), estimou-se que 425 mil árvores da floresta urbana seriam capazes de seqüestrar $30,2 \text{ t} \times 10^3$ de carbono entre 2008 e 2012. O valor estimado para o pagamento desse serviço, baseando-se no valor nominal de US\$ 10/t de carbono, seria de aproximadamente US\$ 300.000,00 (BRACK, 2002).

Valores estéticos e culturais

A presença de árvores na propriedade e a proximidade de parques e de áreas verdes aumentam o valor comercial de residências (SMARDON, 1988). Entretanto, quando a quantidade de árvores for grande, pode ser considerada inconveniente pelos interessados, passando então a reduzir o valor do imóvel. Calculou-se que cada árvore presente no terreno urbano representa o acréscimo de 1% no valor da residência. Em algumas cidades brasileiras, como em São Carlos, SP, já é dado desconto no valor do imposto predial e territorial urbano quando existirem árvores na calçada e áreas verdes permeabilizadas no lote (Fig. 3).

Nos Estados Unidos, a presença de árvores em terrenos residenciais urbanos aumentou o valor de mercado estimado em até 12% e em terrenos não urbanos esse impacto chegou a até 27% (SMARDON, 1988).



Fig. 3. Arborização recente em São Carlos, SP, facilitada por incentivos fiscais (Foto: M. L. F. Nicodemo, 2008).

A paisagem que se observa de janelas é a mais valorizada em residências. A grande maioria dos moradores prefere a vista que inclui vegetação do que terrenos e estacionamentos desprovidos de verde (SMARDON, 1988). Janelas que possibilitam a visão de vegetação parecem funcionar como foco de atenção que distraem o observador de tarefas e de demandas imediatas, provendo recursos para microexperiências de recuperação da fadiga e do estresse (KAPLAN, 2001).

Em muitas cidades, o cultivo de áreas comunitárias e a disponibilidade de áreas verdes são instrumentos para o fortalecimento das relações dentro de comunidades e para a melhoria da auto-estima (LEWIS, 1995; HYNES e HOWE, 2004). A permanência em ambientes desagradáveis, sujos e feios contribui para o sentimento de menos-valia. Na década de 1950, um programa voltado para o cultivo de plantas em beirais nas casas de uma comunidade carente nos Estados Unidos serviu como gatilho para uma série de transformações que culminou na associação dos moradores para reivindicar melhores condições de vida (LEWIS, 1995).

A horticultura terapêutica é usada com idosos, pacientes psiquiátricos e outros grupos com algum tipo de limitação, como forma de incentivar a participação na comunidade e na vida, auxiliando na construção de um foco de interesse que serve de alternativa ao emprego formal, quando este não for possível (SMARDON, 1988; LEWIS, 1995). As transformações observadas nas plantas que recebem os cuidados dessas comunidades podem resultar em sentimento de empoderamento e de capacidade de controle do ambiente capaz de promover a auto-estima e o bem-estar dos indivíduos (LEWIS, 1995; WESTPHAL, 2003). Ao mesmo tempo, essas ações contribuem para promover sentimentos positivos nas pessoas que têm oportunidade de usufruir dos resultados (LEWIS, 1995), isto é, os canteiros e as plantas viçosos e/ou floridos e seus frutos.

Resposta dos consumidores à arborização urbana

Freqüentemente proprietários de estabelecimentos comerciais preferem calçada sem arborização (WOLF, 2004), considerando que as árvores sujam e danificam a calçada, escondem letreiros e diminuem a segurança (Fig. 4).



Fig. 4. Mutilação de árvores em frente a estabelecimentos comerciais (Foto: Alisson Ishi, Ecoa – Ecologia e Ação (s. d.).

Estudos que relacionam a arborização de áreas comerciais e a percepção dos consumidores apontaram para a valorização das árvores nesses ambientes. A qualidade da paisagem da rua é percebida e processada de maneira tal que pode influenciar o comportamento do comprador, que busca não só bens e serviços, mas também experiências associadas com a atividade que lhe tragam satisfação. A atmosfera do lugar influencia a permanência e aumenta a possibilidade de maiores gastos no comércio (WOLF, 2004). Quando se estudaram áreas comerciais providas ou desprovidas de árvores (Fig. 5) quanto ao impacto sobre o consumidor, as áreas arborizadas foram significativamente preferidas (WOLF, 2003, 2004, 2005) e consideradas, pelo público, mais agradáveis e mais confortáveis. Foram capazes de inspirar sentimentos que melhoraram a disposição de interlocução com os comerciantes e deram a impressão de haver ali produtos de melhor qualidade, pelos quais o público se dispunha a pagar pelo menos 12% a mais do que os mesmos produtos em estabelecimentos localizados em áreas sem árvores. O público se propunha a se deslocar de mais longe e por mais tempo, visitar com maior frequência e por maior período de tempo e pagar mais pelo estacionamento de áreas comerciais arborizadas.



Fig. 5. Arborização de áreas comerciais: rua arborizada vs. rua sem arborização (Fotos: M. L. F. Nicodemo, 2008).

Subsídios básicos para o planejamento da arborização urbana

Árvores demoram a crescer e devem ser plantadas adequadamente: as espécies devem ser escolhidas de modo a se desenvolverem bem nas condições do local, na área disponível. Cabe lembrar que o Brasil possui a maior diversidade de árvores do planeta e que a facilidade de encontrar mudas de plantas nativas em algumas regiões, como no Estado de São Paulo, possibilita o seu uso, o que contribui para a provisão de recursos para a fauna e a conservação de espécies da flora com algum tipo de risco de extinção. Existe grande gama de árvores de grande valor ornamental, subutilizadas na arborização urbana (LORENZI, 1992; KULCHETSKI et al., 2006).

Deve-se buscar a diversidade. A dependência de algumas poucas espécies aumenta a preocupação com a estabilidade da população de árvores. A entrada de doenças e de pragas pode provocar alterações graves na estrutura da floresta urbana e implicar custos para tratamento ou reposição de árvores (MCPHERSON et al., 1997).

Se forem necessárias podas de formação e de manutenção, deve estar bem claro quem se responsabilizará por elas. O treinamento de equipes para plantar e para cuidar das árvores cria condições para incorporação de pessoas menos favorecidas ao mercado de trabalho formal e disponibiliza pessoas com capacidade técnica para prestar esses serviços às comunidades.

As árvores urbanas sofrem inúmeras agressões no seu dia-a-dia. As características ambientais da floresta urbana são muito distintas das condições das áreas rurais (MCDONNELL et al., 1997). O estresse mais intenso provoca redução no tempo de vida das árvores urbanas. A poluição do ar e do solo são fatores estressantes, bem como a menor disponibilidade de água no solo impermeabilizado, sem falar nas podas. A correta manutenção das árvores plantadas nas cidades deve ser buscada de modo a viabilizar a longa permanência de exemplares adultos, frondosos e saudáveis, já que esses indivíduos contribuem de modo mais impactante para a melhoria ambiental (MCPHERSON et al., 1997).

O tamanho das calçadas, a presença e o tipo de rede elétrica, a proximidade de esquinas e de rebaixamento de calçadas, a presença de equipamentos urbanos, a face de exposição – tudo isso deve ser considerado no planejamento da arborização. Manuais, como aquele disponibilizado por Pivetta e Silva Filho (2002), auxiliam nessas definições.

Um dos problemas constantes na utilização de árvores de porte grande na arborização urbana diz respeito à compatibilização entre a rede elétrica e as árvores. De modo geral, como não é comum a percepção do valor das árvores para as cidades, as árvores saem perdendo. É comum a mutilação de árvores que se encontram sob a rede elétrica convencional (Fig. 6). A poda feita sem critério técnico desestabiliza a árvore e a torna mais vulnerável ao ataque de doenças e de pragas, aumentando o risco de queda. Porém, uma vez que se conhece as vantagens econômicas e sociais das árvores, deveria haver adequação das tecnologias para as áreas arborizadas e não a adequação de árvores às tecnologias e aos serviços. As estruturas e os serviços ecológicos devem ser priorizados, pois nenhuma tecnologia pode substituí-la adequadamente (PRIMAVESI et al., 2007).



Fig. 6. Podas realizadas em árvores sob a fiação elétrica. Fotos: Alisson Ishi, Ecoa – Ecologia e Ação (s. d.).

Uma opção que precisa ser mais bem discutida é a substituição gradativa da rede elétrica convencional por outros tipos de rede. O maior custo da implantação de redes elétricas protegidas (compactas) ou subterrâneas é compensado pela redução de intervenções necessárias ao longo do tempo. O custo de implantação da rede compacta, que é capaz de permitir maior proximidade entre os fios e os ramos das árvores, é semelhante ao custo de implantação de redes elétricas convencionais e tem custo de manutenção 80% menor (VELASCO, 2003). Essas substituições permitiriam maior utilização de árvores de grande porte na arborização urbana, com muito mais sombra, trazendo maior conjunto de benefícios para a população.

A seguir são apresentadas orientações gerais sobre o planejamento da arborização urbana, extraídas do Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre (COMAM, 2006).

ESPECIFICAÇÕES DA MUDA PARA PLANTIO

Especificações mínimas das mudas de espécies arbóreas para plantio em vias públicas:

Altura do fuste³: mínimo de 1,8 m.

Altura total: mínimo de 2,2 m.

Diâmetro a 1,30 m de altura: 20 cm.

Palmeiras

Altura do estipe⁴: 3 m.

Altura total: 4 m.

Diâmetro na altura do peito: 15 cm.

Características desejáveis:

- Estar livre de pragas e de doenças.
- Possuir raízes bem formadas e com vitalidade.
- Estar viçosa e resistente, capaz de sobreviver a pleno sol.

³ Fuste: Porção inferior do tronco de uma árvore, desde o solo até a primeira inserção de galhos.

⁴ Estipe: Caule das palmeiras; compreende desde a inserção no solo até a gema que antecede a copa.

- Ter estado exposta a pleno sol no viveiro por no mínimo seis meses.
- Possuir fuste retilíneo, rijo e lenhoso, sem deformações ou tortuosidades que comprometam o seu uso na arborização urbana.
- O sistema radicular deve estar embalado em saco plástico ou em bombonas plásticas ou de lata.
- A embalagem deve conter no mínimo 14 L de substrato.

PLANTIO E MANUTENÇÃO

A execução do plantio deverá ser feita obedecendo aos seguintes critérios:

1. Providenciar abertura da cova com dimensões mínimas de 60 cm x 60 cm x 60 cm.
2. Retirar o substrato, que, se for de boa qualidade, poderá ser misturado na proporção de 1:1 com composto orgânico para preenchimento da cova; se for de má qualidade, deverá ser substituído integralmente por terra orgânica.
3. O tutor deverá ser cravado no fundo da cova, com uso de marreta; posteriormente, dever-se-á preencher parcialmente a cova com o substrato preparado, posicionando-se então a muda, fazer amarração em "8", para evitar a queda da planta por ação do vento, ou seu dano por fixação inadequada do tutor.
4. A muda com fuste bem definido deve ser plantada na mesma altura em que se encontrava no viveiro, sem enterrar o caule e sem deixar as raízes expostas.
5. Após o completo preenchimento da cova com o substrato, este deverá ser comprimido por ação mecânica, mediante pisoteio suave para não danificar a muda.
6. Deve-se dar preferência ao plantio de espécies de porte arbóreo.

7. A muda deverá receber irrigação, pelo menos três vezes por semana, em períodos cuja média de temperatura ultrapasse os 25°C, ou em que não haja precipitação de chuvas; nos demais períodos, a irrigação poderá ser realizada com periodicidade reduzida para duas vezes por semana, pelo período mínimo de um ano.
8. Conforme critério técnico, a muda poderá receber adubação orgânica suplementar por deposição em seu entorno.
9. Deverão ser eliminadas brotações laterais, principalmente basais, para evitar a competição com os ramos da copa por nutrientes e igualmente para evitar o entouceiramento.
10. Deverá ser realizado o retutoramento periódico das mudas.
11. Em caso de morte ou de supressão de muda, ela deverá ser repostada, em no máximo seis meses.

DISTÂNCIAS ENTRE ÁRVORES E ELEMENTOS URBANOS

- 5 m da confluência do alinhamento predial da esquina.
- 6 m dos semáforos.
- 1,25 m das bocas-de-lobo e das caixas de inspeção.
- 1,25 m do acesso de veículos a residências ou prédios.
- 2 m de postes e de transformadores.
- 5 m de placas de sinalização.
- 3 m de hidrantes.
- 3 a 6 m de distância entre árvores, de acordo com o porte da espécie arbórea.
- 60 cm do meio-fio viário, exceto em canteiros centrais.
- Nos locais onde o rebaixamento do meio-fio for contínuo, deverá ser plantada uma árvore a cada 7 m, atendendo às distâncias e aos padrões estabelecidos.

Deve ser lembrado que o poder público tem de prever o atendimento técnico para a população, no tocante ao plantio e ao manejo (podas) de árvores, e o serviço de encaminhamento, de recepção, de transformação (picagem e uso fresco ou compostagem) e de uso de resíduos vegetais, a fim de não sobrecarregar os aterros sanitários ou de gerar problemas em terrenos baldios.

Comentários finais

Ainda hoje em muitas cidades brasileiras as árvores são vistas apenas como decoração. O planejamento urbano muitas vezes é feito de maneira estanque e as diversas secretarias municipais não se comunicam adequadamente. É importante que os gestores percebam o papel desempenhado pela floresta urbana na melhoria da qualidade ambiental das cidades e do bem-estar humano, considerando aspectos sanitários e econômicos. Muitos estudos foram feitos para avaliar criticamente o custo-benefício de programas de arborização urbana e concluiu-se pela conveniência da ampliação da floresta urbana. A presença de áreas verdes próxima de conjuntos habitacionais e de permeio na malha viária colaboraria para a redução da fadiga mental e do estresse, e seria mais uma ferramenta para a redução da violência urbana, além de estimular exercícios físicos. Bem planejada, a arborização urbana traz múltiplos benefícios para toda a sociedade.

Agradecimentos

Agradecemos a Edison Beno Pott a valiosa colaboração.

Referências

AGUIRRE JUNIOR, J. H.; LIMA, A. M. L. P. Uso de árvores e arbustos em cidades brasileiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 4, p. 50-66, 2007.

AKBARI, H. Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. **Environmental Pollution**, v. 116, p. S119-S126, 2002.

AMBER, R. **Cromoterapia: a cura através das cores**. São Paulo: Cultrix, 1983. 178 p.

ANDERSON, L. M.; MULLIGAN, B. E.; GOODMAN, L. S. Effects of vegetation on human response to sound. **Journal of Arboriculture**, v. 10, n. 2, p. 45-49, 1984.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 2, p. 158-175, 2004.

AYLOR, D. E. **Some physical and psychological aspects of noise attenuation by vegetation**. In: CONFERENCE ON METROPOLITAN PHYSICAL ENVIRONMENT, 1975, Syracuse, New York. Use of vegetation, space and structures to improve amenities for people: **proceedings...** Upper Darby, PA: USDA, 1977. p. 229-233. (USDA Forest Service. General Technical Report, 25). Disponível em: < http://nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne25/gtr_ne25.pdf>. Acesso em: 8 out. 2008.

BEZERRA, M. C. L.; FERNANDES, M. A. (Coord.). **Cidades sustentáveis: subsídios a elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Parceria 21 IBAM-ISER-REDEH, 2000. 155 p.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, p. 293-301, 1999.

BRACK, C. L. Pollution mitigation and carbon sequestration by urban forest. **Environmental Pollution**, v. 116, p. S195-S200, 2002.

CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação: um estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal**. 2002. 288 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

COMAM – CONSELHO MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. **Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre**. Resolução Comam nº 5, de 28 de setembro de 2006. Disponível em: < http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/resolucao_5_comam_publicacao_final.pdf>. Acesso em: 9 out. 2008.

COOK, D. I.; HAVERBEKE, D. F. van. **Suburban noise control with plant materials and solid barriers**. In: CONFERENCE ON METROPOLITAN PHYSICAL ENVIRONMENT, 1975, Syracuse, New York. Use of vegetation, space and structures to improve amenities for people: **proceedings...** Upper Darby, PA: USDA, 1977. p. 234-241. (USDA Forest Service. General Technical Report, 25). Disponível em: <http://nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne25/gtr_ne25.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2008.

CUFR – CENTER FOR URBAN FOREST RESEARCH. **Fact sheet 4: control stormwater runoff with trees**. [2002]. Disponível em: < <http://www.fs.fed.us/psw/programs/cufr/products>>. Acesso em: 10 out. 2008.

DANIELS, P.; FALLOW, A.; KINNEY, K. (Ed.). **Tempo e clima**. Rio de Janeiro: Abril Livros, Time Life, 1995. 150 p. (Coleção Ciência e Natureza).

ESCOBEDO, F. J.; WAGNER, J. E.; NOWAK, D. J.; DE LA MAZA, C. L.; RODRIGUEZ, M.; CRANE, D. E. Analysing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using forests to improve air quality. **Journal of Environmental Management**, v. 86, p. 148-157, 2008.

FAGIN, D. Poluição: compromete saúde de crianças na China. **Scientific American Brasil**, v. 6, n. 76, p. 52-59, 2008.

FANG, C.-F.; LING, D.-L. Guidance for noise reduction provided by tree belts. **Landscape and Urban Planning**, v. 71, p. 29-34, 2005.

FANG, C.-F.; LING, D.-L. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. **Landscape and Urban Planning**, v. 63, p. 187-195, 2003.

HARTIG, T.; STAATS, H. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. **Journal of Environmental Psychology**, v. 26, p. 215-226, 2006.

HEISLER, G. M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, v. 72, n. 8, p. 466- 469, 1974.

HERRINGTON, L.P. Trees and acoustics in urban areas. **Journal of Forestry**, v. 72, n. 8, p. 462-465, 1974.

HILDEBRANDT, E. **Avaliação econômica dos benefícios gerados pelos parques urbanos: Estudo de caso em Curitiba – PR. 2001.** 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

HYNES, H. P.; HOWE, G. Urban horticulture in the contemporary United States: personal and community benefits. **Acta Horticulture**, v. 643, p. 171–181, 2004. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/643/643_21.htm>. Acesso em: 14 out. 2008.

KAPLAN, R. The nature of the view from home: psychological benefits. **Environment and Behaviour**, v. 33, p. 507-542, 2001.

KAPLAN, S. The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, v. 15, p. 169-182, 1995.

KULCHETSCKI, L.; CARVALHO, P. E.; KULCHETSCKI, S. S.; RIBAS, L. L. F.; GARDINGO, J. R. Arborização urbana com essências nativas: uma proposta para a região centro-sul brasileira. **Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 12, n. 3, p. 25-32, 2006.

KUO, F. E.; SULLIVAN, W. C. Agression and violence in the inner city: effects of environment via mental fatigue. **Environment and Behaviour**, v. 33, p. 543-571, 2001a. Disponível em: <<http://eab.sagepub.com/cgi/content/abstract/33/4/543>>. Acesso em: 14 out. 2008.

KUO, F. E.; SULLIVAN, W. C. Environment and crime in the inner city: does vegetation reduce crime? **Environment and Behaviour**, v. 33, p. 343-367, 2001b. Disponível em: <<http://eab.sagepub.com/cgi/content/abstract/33/3/343>> . Acesso em: 14 out. 2008.

LEWIS, C. A. Human health and well-being: the psychological, physiological, and sociological effects of plants on people. **Acta Horticulture**, v. 391, p. 31-39, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 2. 352 p.

LSDC – LONDON SUSTAINABLE DEVELOPMENT COMMISSION. **London's ecological footprint**. Disponível em: <http://www.london.gov.uk/mayor/sustainable-development/susdevcomm_footprint.jsp>. Acesso em: 12 dez.2008.

MCDONNELL, M. J.; PICKETT, S. T. A.; GROFFMAN, P; ZIPPERER, W. C.; PARMELEE, R. W.; CARREIRO, M. M.; MEDLEY, K. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. **Urban Ecosystems**, v. 1, p. 21-36, 1997.

MCINTYRE, L. Treeconomics. **Landscape Architecture**, Feb. 2008. p. 1-4. Disponível em: <<http://ccuh.ucdavis.edu/projects/quality-tree-initiative/Treeconomics.pdf>>. Acesso em: 9 out.2008.

MCPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; PEPER, P. J.; XIAO, Q. Benefit-cost analysis of Modesto's Municipal urban forest. **Journal of Arboriculture**, v. 25, n. 5, p. 235-248, 1999. Disponível em: <<http://treelink.org/joa/1999/sep/02mcpherson.pdf>> . Acesso em: 8 out. 2008.

MCPHERSON, G.; NOWAK, D; HEISLER, G.; GRIMMOND, S.; SOUCH, C.; GRANT, R.; ROWNTREE, R. Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. **Urban Ecosystems**, v. 1, p. 49-61, 1997.

MUNINET. **Rede Brasileira para o Progresso Municipal**. Disponível em: <http://muninet.org.br/banco/index.php?g_cod_hierarquia=1&newVisualizacaoID=5>. Acesso em: 9 out. 2008.

NOWAK, D. J. Air pollution removal by Chicago's urban Forest. In: MCPHERSON, E. G.; NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A. (Ed.). **Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project**. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1994. p. 63-81. (General Technical Report.NE-186). Disponível em: <http://www.fs.fed.us/ne/newtown_square/publications/technical_reports/pdfs/scanned/OCR/ne_gtr186a.pdf#page=71>. Acesso em: 15 dez. 2008.

NOWAK, D. J.; DWYER, J. F. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: KUSER, J. E. **Urban and community forestry in the Northeast**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p. 25-46. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/Pubs/Downloads/07_DN_JD_UnderBenCosts.pdf>. Acesso em: 8 out. 2008.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PEREIRA, G.; CAMARGO, F. F.; OLIVEIRA, L. G. L; GUERRA, J. B. Identificação do fenômeno de ilhas de calor para a região metropolitana de São Paulo através de dados provenientes do satélite Landsat 7 ETM+. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., 2006, Aracaju, SE **Anais...** Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/031_t.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2007.

PINTO, M. Parques lineares em SP pretendem combater ilhas de calor causadas pela 'selva de pedra'. **Ag Solve**, 15 out. 2007. Disponível em: <<http://www.agsolve.com.br/noticia.php?cod=296>>. Acesso em: 15 dez.2008.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização urbana**. Jaboticabal, SP: UNESP, FCAV, FUNEP, 2002. (Boletim acadêmico. Série Arborização Urbana). Disponível em: <http://sintropia.org/wp-content/uploads/2007/10/arborizacao_urbana.pdf>. Acesso em: 9 out. 2008.

PMSP – PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Para combater enchentes, SP vai ganhar 11 parques lineares**. 15/2/2007. Disponível em: <<http://www2.prefeitura.sp.gov.br/noticias/sec/habitacao/2007/02/0006>>. Acesso em: 15 dez. 2008.

PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. **Perspectivas do Meio Ambiente Mundial GEO-3**. Estado do meio ambiente e retrospectivas políticas: 1972-2002. Áreas urbanas. [2004]. Disponível em: <http://www.wwiuna.org.br/geo_mundial_arquivos/>. Acesso em: 9 out. 2008.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 213 p.

SMARDON, R. C. Perception and aesthetics of the urban environment: review of the role of vegetation. **Landscape and Urban Planning**, v. 15, p. 85-106, 1988.

SOLECKI, W. D.; ROSENZWEIG, C.; PARSHALL, L.; POPE, G.; CLARK, M.; COX, J.; WIENCKE, M. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. **Environmental Hazards**, v. 6, p. 39-49, 2005.

SUGIYAMA, T.; LESLIE, E.; GILES-CORTI, B.; OWEN, N.

Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships? **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 62, n. 5, May 2008. [Resumo]. Disponível em: <<http://pt.wkhealth.com/pt/re/jech/abstract.00004773-200805000-00026.htm?sessionid=L0YXhy3XnyczNgr1Ok2swJ9YIm616wOcdy3vTn1yw4gOrlgyj3q!1763103798!181195628!8091!-1>>. Acesso em: 14 out. 2008.

TAKANO, T.; NAKAMURA, K.; WATANABE, M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. **Journal of Epidemiological Community Health**, v. 56, p. 913–918, 2002. Disponível em: <<http://jech.bmj.com/cgi/reprint/56/12/913>>. Acesso em: 14 out. 2008.

TALBOT, J. F.; KAPLAN, R. Needs and fears: the response to trees and nature in the inner city. **Journal of Arboriculture**, v. 10, n. 8, p. 222-228, 1984.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Forest Service. **Tools for assessing and managing community forests**. Disponível em: <<http://www.itreetools.org/index.shtm>>. Acesso em: 09 out. 2008a.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. National Agroforestry Center. **Tree as noise buffers**. The overstory n. 60. Disponível em: <<http://www.agroforestry.net/overstory/overstory60.html>>. Acesso em: 12 jun. 2008b.

VELASCO, G. N. **Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica**: avaliação dos custos, estudos das podas e levantamento de problemas fitotécnicos. 2003. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, SP.

VESELY, E.-T. Green for green: the perceived value of a quantitative change in the urban tree state of New Zealand. **Ecological Economics**, v. 63, p. 605-615, 2007.

WELLS, N. M. At home with nature: effects of "greenness" on children's cognitive functioning". **Environment and Behaviour**, v.32, p. 775-795, 2000.

WESTPHAL, L. M. Urban greening and social benefits: a study of empowerment outcomes. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 3, p. 137-148, 2003.

WOLF, K. L. Business district streetscapes, trees, and consumer response. **Journal of Forestry**, v. 103, n. 8, p. 396-400, 2005. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/saf/jof/2005/00000103/00000008/art00006>>. Acesso em: 14 out. 2008.

WOLF, K. L. Nature in the retail environment: comparing consumer and business response to urban forest conditions. **Landscape Journal**, v. 23, p. 40-51, 2004.

WOLF, K. L. Public response to the urban forest in inner-city business districts. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 3, p. 117-126, 2003.

XIAO, Q.; MCPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; USTIN, S. L. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, v. 24, n. 4, p. 235-244, 1998.