**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Trincas nas calçadas e espécies muito utilizadas na arborização:
comparação entre Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e Falsa-murta
(*Murraya paniculata* (L.) Jacq.), no município de Piracicaba/SP**

Andrea Volpe-Filik

Tese apresentada para obtenção de título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2009**

Andrea Volpe-Filik
Engenheiro Agrônomo

Trincas nas calçadas e espécies muito utilizadas na arborização: comparação entre Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e Falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.), no município de Piracicaba/SP

Orientador(a):
Prof^a. Dr^a. **ANA MARIA LINER PEREIRA LIMA**

Tese apresentada para obtenção de título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Volpe-Filik, Andrea

Trincas nas calçadas e espécies muito utilizadas na arborização: comparação entre Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e Falsa-murta (*Muraya paniculata* (L.) Jacq.), no município de Piracicaba/SP / Andrea Volpe-Filik. - - Piracicaba, 2009.
96 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Arborização 2. Árvores 3. Calçadas - danos 4. Fabaceae 5. Políticas públicas 6. Raiz
7. Ruteles 8. Via pública I. Título

CDD 715.2
V931t

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Ao meu amor...

Eu sem você, não tenho porque
porque sem você, não sei nem chorar
Sou chama sem luz, jardim sem luar
luar sem amor, amor sem se dar
E eu sem você, sou só desamor
um barco sem mar, um campo sem flor
Tristeza que vai, tristeza que vem
Sem você meu amor, eu não sou ninguém

Vinicius de Moraes

Minha alma gêmea, companheiro, confidente, herói,
amigo, amante e finalmente marido...

Marcelo

DEDICO

Não há, não,
duas folhas iguais em toda a criação.

Ou nervura a menos, ou célula a mais,
não há, de certeza, duas folhas iguais.

Limbo todas têm,
que é próprio das folhas;
pecíolo algumas;
baínha nem todas.
Umas são fendidas,
crenadas, lobadas,
inteiras, partidas,
singelas, dobradas.

Outras acerosas,
redondas, agudas,
macias, viscosas,
fibrosas, carnudas.

Nas formas presentes,
nos actos distantes,
mesmo semelhantes
são sempre diferentes.

Umas vão e caem no charco cinzento,
e lançam apelos nas ondas que fazem;
outras vão e jazem
sem mais movimento.

Mas outras não jazem,
nem caem, nem gritam,
apenas volitam
nas dobras do vento.

É dessas que eu sou.

António Gedeão

AGRADECIMENTOS

Ao Universo, pelo meu crescimento!

Ao programa de pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade de aprendizado.

À CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa.

À minha orientadora Prof^a. Dra. Ana Maria Liner Pereira Lima, por acreditar em meu potencial, pela amizade que surgiu, pelos conselhos que foram muitos, pelos trabalhos realizados em conjunto e por ser exatamente como ela é!

Ao Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva, meu “co-orientador”, pela disponibilidade, por sua incansável paciência e prontidão, e sua amizade.

Ao Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto pelo pronto auxílio na definição da amostragem e análise estatística.

Ao Jefferson Lordello Polizel, pela amizade sincera, pelas risadas que demos juntos e pela paciência com a “Secretaria da RevSbau”.

À Luciane, secretária da pós-graduação, por sua preciosa disponibilidade em cada solicitação, pelo surgimento da amizade regado a cafezinhos na cozinha juntamente com Solizete.

As secretárias do Departamento Célia e Bete, pela alegre convivência e a todos da “Horta”, em especial o Aparecido, o Chico e o Chaddad, pelo convívio mais próximo.

Aos meus amigos da pós-graduação: Giuliana, Hamilton, Luzia, Silvana, Ronan e Juliana... nosso encontro transformou a convivência em amizade! E viva a realização de um sonho: A Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana.

A todos os alunos do programa de Fitotecnia.

À Eliana Maria Garcia da Biblioteca Central, por sua atenção e ajuda na revisão.

Às minhas maravilhosas dogs: Allegra, Felícia e Vida... e como não podia esquecer, pois ainda vivem em meu coração: Zig, Megg, Malu e Bonna! Por fazerem minha vida muito mais feliz do que já é!!!

À descoberta da dança que encantou meu corpo, minha alma e meu coração...

Aos meus pais, João e Elsa, e irmãos, Débora e Alexandre, pela nossa família!

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 A Árvore na Cidade	21
2.2 Construção Civil X Árvore Urbana.....	24
2.3 O Solo Urbano	29
2.4 A Árvore como Ser Vivo	32
2.4.1 Fisiologia da árvore	33
2.4.2 As raízes	35
2.4.3 A poda de raiz	38
2.4.4 O equilíbrio da árvore	40
2.4.5 Indicadores de danos na raiz	41
2.4.6 A poda da parte aérea	42
2.5 Os Danos nas Calçadas e As Raízes	43
3 MATERIAL E MÉTODOS	49
3.1 Localização Geográfica, Clima, Geologia e Relevo	49
3.2 Definição das Áreas de Estudo	50
3.3 Análise dos Dados	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba	57
4.2 Indivíduos por Bairro	58
4.3 Árvores Suprimidas	59
4.4 Classe de CAP	60
4.5 Trincas na Calçada	63
4.6 CAP X Trincas na Calçada	66
4.6.1 Falsa-murta	67

4.6.2 Sibipiruna	68
4.7 Profundidade do Solo X Trincas na Calçada	70
4.7.1 Falsa-murta	71
4.7.2 Sibipiruna	71
4.8 Área Livre do Canteiro X Trincas na Calçada	72
4.8.1 Falsa-murta	72
4.8.2 Sibipiruna	73
4.9 Poda X Trincas na Calçada	75
4.9.1 Falsa-murta	75
4.9.2 Sibipiruna	76
4.10 Material do Piso X Trincas na Calçada	78
4.10.1 Falsa-murta	78
4.10.2 Sibipiruna	79
4.13 Estrutura Urbana Danificada	81
5 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	85

RESUMO

Trincas nas calçadas e espécies muito utilizadas na arborização: comparação entre Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e Falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.), no município de Piracicaba/SP

A arborização urbana oferece diversos benefícios para a população, e sua necessidade vem aumentando com o crescimento das cidades. Mas como qualquer outro equipamento urbano, existe custo de implantação, manutenção e, também, prejuízos. Dentre os potenciais prejuízos da arborização urbana, estão os danos em calçamentos e estruturas de construção civil. Este trabalho objetivou identificar quais os parâmetros que influenciam esses danos e, auxiliar na definição de políticas públicas para a arborização urbana. O estudo baseou-se no Inventário da Arborização Urbana do Município de Piracicaba, em 15 bairros. Para todo o inventário, foram identificadas as unidades e profundidades do solo baseado no Levantamento Pedológico Semidetalhado do Município de Piracicaba. Optou-se por utilizar, para análise das trincas na calçada, uma espécie arbórea, a sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e, uma arbustiva, a falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.), pois existe um conceito amplamente difundido, de que, as espécies arbustivas, não causam danos ao calçamento; já, as arbóreas, são conhecidas por danificar as calçadas. Na coleta de campo, avaliou-se os seguintes itens: endereço, espécie, árvore suprimida ou substituída, CAP, tamanho do canteiro, colo pavimentado, poda da parte aérea, estrutura urbana danificada, condições da calçada e material do piso. O índice de supressão da falsa-murta foi igual ao da sibipiruna (1,7%), sendo que 89,2% das falsas-murtas e 92,6% das sibipirunas não foram substituídas por outra espécie. Para a falsa-murta, a concentração de indivíduos, se deu na faixa de CAP de 21 a 80 cm (82,9%); 70,2% apresentaram trincas na calçada e 29,8% ausência de trincas; 44,6% dos indivíduos tinham canteiro de até 0,20 m²; 92,3% dos indivíduos sofreram poda considerada ruim e 75,1% dos indivíduos estavam em calçada de cimento. Para a sibipiruna, a concentração de indivíduos se deu na faixa de CAP de 101 a 160 cm (57,0%); 99,4% apresentaram trincas na calçada e 0,6% ausência de trincas; 44,6% dos indivíduos estavam plantados em locais classificados como canteiros indefinidos; 94,6% dos indivíduos sofreram poda considerada ruim e a calçada mais comum foi a de cimento com 63,1% de indivíduos. A profundidade do solo não teve influência em causar ou não trincas nas duas espécies. Com a análise estatística (teste Qui-quadrado) pôde-se contrapor alguns conceitos difundidos na arborização urbana, concluindo-se que os arbustos também causam danos e as podas influenciam nos danos em calçadas, entre outras. Não existe solução simples para eliminação do conflito entre as árvores viárias e os equipamentos e estruturas urbanas. A população precisa e deve ser informada sobre todos os parâmetros, opções, benefícios e prejuízos de cada ação que estimule ou iniba o plantio de uma árvore em calçada.

Palavras-chave: Arborização viária; Danos na calçada; Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.); Falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.)

ABSTRACT

Cracks in sidewalks and species widely used in forestry: comparison between Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e Falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.), In Piracicaba/SP

The urban forestry offers several benefits for the population and their need is increasing with the growth of cities. But like other urban equipment, there is cost of implementation, maintenance, and also losses. Among the potential damage of urban forestry, are paving the damage to structures and construction. This study aimed to identify the parameters that influence the damage and assist in the definition of public policies for urban forestry. The study was based on an inventory of urban forestry of the city of Piracicaba, in 15 districts. For the entire inventory, the units were identified and depths based on soil survey Pedológica semidetained the city of Piracicaba. Was used for analysis of cracks in the sidewalk, a tree species, the sibipiruna (*Caesalpinia rainy* Dc.), And a bush, the falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.), There is a concept widely widespread, that the shrub species, do not cause damage to the paving, while the trees are known to damage the sidewalks. In collecting field and focuses on the following: address, sort, tree removed or replaced, CAP, bed size, lap paved, pruning of shoots, damaged urban structure, and material conditions of the pavement of the floor. The rate of elimination of falsa-murta was equal to the sibipiruna (1.7%), whereas 89.2% of falsa-murta and 92.6% of sibipiruna were not replaced by other species. For the false-myrtle, the concentration of individuals, was in the range of CAP 21 to 80 cm (82.9%), 70.2% had cracks in the sidewalk and 29.8% no broken; 44.6% of individuals had bed tree to 0.20 m², 92.3% of individuals have suffered as bad pruning and 75.1% of individuals were in sidewalk cement. For sibipiruna, the concentration of individuals was in the range of 101 to 160 CAP cm (57.0%), 99.4% had cracks in the sidewalk and 0.6% absence of cracks, 44.6% of individuals were planted in locations classified as uncertain beds trees, 94.6% of individuals have suffered as bad pruning and sidewalk was the most common cement with 63.1% of individuals. The depth of soil had no influence on whether or not cause cracks in the two species. With the statistical analysis (Chi-square) could be countered some concepts available in urban forestry, concluding that the damage also shrubs and pruning influence the damage to sidewalks, among others. There is no simple solution to eliminate the conflict between the trees and road equipment and urban structures. The people need and should be informed about all parameters, options, benefits and harm of each action that stimulate or inhibit the planting of a tree in the sidewalk.

Keywords: Street forestry; Sidewalk damage; Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.); Falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Desenho esquemático do perfil geral de uma calçada e de concreto alisado (IPPUL, 2008)	27
Figura 2 -	Desenho esquemático do perfil de uma calçada de ladrilho hidráulico, pedra portuguesa e bloco intertravado (IPPUL, 2008)	28
Figura 3 -	Localização de Piracicaba/SP	49
Figura 4 -	Classe de CAP (cm) e quantidade de indivíduos para falsa-murta e sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP ..	62
Figura 5 -	Reforma de calçada com poda de raiz em uma sibipiruna (Caesalpinia pluviosa Dc.)	66
Figura 6 -	Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de falsa-murta, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	68
Figura 7 -	Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	70
Figura 8 -	Quantidade de indivíduos de falsa-murta em relação à estrutura urbana danificada, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Indicação de poda de raiz e relação com diâmetro da árvore	40
Tabela 2 -	Planilha de dados utilizada para coleta de campo	53
Tabela 3 -	Relação das 10 espécies mais frequentes encontradas no Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba em 15 bairros amostrados, realizado nos anos de 2003 a 2006, comparado com o estudo de Lima (1993) na região central de Piracicaba	57
Tabela 4 -	Quantidade de indivíduos de falsa-murta e sibipiruna coletados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	58
Tabela 5 -	Quantidade de indivíduos de falsa-murta e sibipiruna suprimidos e espécie replantada no lugar, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	60
Tabela 6 -	Quantidade de indivíduos das espécies analisadas e presença ou não de trincas nas calçadas, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	64
Tabela 7 -	Quantidade de indivíduos das espécies analisadas e presença ou não de trincas nas calçadas reformadas e verde, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	65
Tabela 8 -	Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de falsa-murta, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	67
Tabela 9 -	Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	69
Tabela 10 -	Quantidade de indivíduos de falsa-murta em relação às trincas na calçada e profundidade do solo, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	71

Tabela 11 - Quantidade de indivíduos de sibipiruna em relação às trincas na calçada e profundidade do solo, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	72
Tabela 12 - Área livre do canteiro (m^2) de falsa-murta e tipos de trincas encontradas na calçada dos indivíduos, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	73
Tabela 13 - Área livre do canteiro (m^2) de sibipiruna e tipos de trincas encontradas na calçada dos indivíduos, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	74
Tabela 14 - Classificação de podas efetuadas e trincas encontradas na calçada dos indivíduos de falsa-murta, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	75
Tabela 15 - Classificação de podas efetuadas e trincas encontradas na calçada dos indivíduos de sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	77
Tabela 16 - Material do piso da calçada encontrado nos indivíduos de falsa-murta nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	79
Tabela 17 - Material do piso da calçada encontrado nos indivíduos de falsa-murta nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP	80

1 INTRODUÇÃO

Em época de aquecimento global, falar em plantar árvores é mais do que ecologicamente correto, é questão de sobrevivência individual e de todo o planeta. Todos dizem que é necessário por melhorar-se o microclima, sequestrar o carbono, entretanto, ao sugerir ao morador plantá-las árvore na própria calçada, não existe essa unanimidade de discurso. Como demonstrou uma pesquisa de opinião realizada pela Prefeitura de Piracicaba, a população quer uma melhoria na arborização urbana, em qualquer calçada, mas não na própria calçada (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA, 2007a).

A mídia está constantemente divulgando os benefícios de um ambiente natural e saudável e isso passa por conceitos de ecologia e melhoria no verde urbano. Dessa forma a maioria da população já teve algum contato e sabe os principais benefícios que as árvores dão. Mas então, porque não existe uma adesão imediata à pergunta de ter uma árvore na calçada, mesmo dando-se a muda, fazendo-se a abertura da cova e o plantio? Dentre os vários motivos para a recusa estão a sujeira das folhas, entupimento das calhas e danos nos equipamentos urbanos, como em redes de transmissão de energia, fornecimento de água, coleta de esgoto, calçadas, guias, sarjetas e leito carroçável.

Segundo Mello Filho (1985), as principais funções da arborização urbana são: química - absorção do gás carbônico e liberação do oxigênio, melhorando a qualidade do ar urbano; física - oferta de sombra, absorção de ruídos e proteção térmica; paisagística - quebra da monotonia da paisagem, pelos diferentes aspectos e texturas; ecológica - abrigo e alimento aos animais e, finalmente, psicológica - bem estar às pessoas proporcionado pelas massas verdes.

As árvores desempenham um papel vital para o bem-estar das comunidades urbanas e sua capacidade única em controlar muitos dos efeitos adversos do meio urbano, deve contribuir para uma significativa melhoria da qualidade de vida, exigindo uma crescente necessidade por áreas verdes urbanas a serem manejadas como um recurso de múltiplo uso, em prol de toda a comunidade.

Para obter árvores saudáveis e estáveis, o sistema radicial deve estar adequadamente desenvolvido, livre de lesões ou defeitos que possam trazer risco para a estabilidade. O desenvolvimento das raízes depende de características endógenas da espécie e de fatores exógenos, típicos do meio, como o solo em que a árvore está crescendo. Para as árvores urbanas o solo passa a ter fundamental importância no desenvolvimento das raízes, pois normalmente é um meio muito alterado, totalmente distinto daquele solo florestal em que a espécie arbórea evoluiu, ao longo dos séculos. Associados, a este solo degradado, estão práticas de manejo do entorno da árvore e da própria espécie que tem efeitos extremamente danosos sobre o sistema radicial e, portanto, sobre a sanidade e estabilidade da árvore (SEITZ, 2006).

A população, geralmente, reclama da árvore viária devido à queda de folhas, que entope calhas e suja calçadas, pela interferência de galhos na rede elétrica, que pode interromper o fornecimento de energia, danos causados pelas raízes ao calçamento, encanamento e construção civil; além do receio de virem a servir como esconderijo para ladrões e usuários de droga.

Na opinião geral, esses problemas decorrem da utilização de uma espécie não adequada. Entretanto, fica uma dúvida: será que são as espécies utilizadas que acarretam tais problemas ou é a forma de manejo efetuado que ocasiona esses prejuízos?

O objetivo deste trabalho foi identificar, entre tantos problemas e prejuízos, quais os parâmetros que influenciam os danos em calçadas, no município de Piracicaba/SP, visando auxiliar nas definições de políticas públicas a serem adotadas para um plano diretor de arborização urbana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Árvore na Cidade

A utilização do verde está no inconsciente popular, como uma forma de adquirir beleza, tranquilidade e paz, já demonstrado nos míticos jardins do éden, jardins suspensos da babilônia e os mais variados bosques sagrados.

Na Europa do século XVI, foi registrada a primeira iniciativa do uso de árvores em vias públicas (SEGAWA, 1996). No Brasil, esse registro deu-se no século XVII em Recife, onde, por ordem do conde João Maurício de Nassau, fez-se o primeiro plantio de arborização viária, nas Américas (MESQUITA, 1996).

De acordo com Milano e Dalcin (2000), foi no ano de 1869, na cidade do Rio de Janeiro que se estabeleceu a primeira norma de plantio de árvores em ruas, e, em São Paulo, esse registro também se deu na segunda metade do século XIX (GOYA, 1992). Com a revolução industrial, surge o pensamento salubrista que se dedicou ao replanejamento das cidades, considerando essencial a implantação de vegetação em parques, praças e vias públicas (SEGAWA, 1996).

Com o aumento da migração para as cidades a partir do final do século XIX, ocorreu uma urbanização desordenada, resultando em espaços segregados por níveis econômicos, criando territórios exclusivos para classes de alta renda e locais ambientalmente frágeis, para as de baixa renda, atendendo aos interesses imobiliários (CARRIÇO, 2002). Essa ocupação desordenada aliada à necessidade de implantação de infra-estrutura urbana (energia elétrica, água, esgoto, telefonia e transporte automotivo), acarretou a mudança do desenho urbano, gerando prejuízos na arborização (MILANO; DALCIN, 2000).

Segundo alguns autores, a quantidade de árvores nas cidades depende do tamanho da população, clima, região, mas, principalmente, da alocação de recursos públicos. O programa de gestão da arborização urbana depende muito da alocação de recursos, pois precisa de trabalhadores especializados, equipamentos apropriados e, gestão e planejamento eficiente e técnico (TSCHANTZ; SACAMANO, 1994). Mas com recursos escassos e competindo com segurança pública, saneamento e outros serviços

públicos essenciais, o orçamento para a arborização vem sendo, cada vez mais, diminuído (BARTENSTEIN, 1981). Mas se as árvores vêm provendo seus benefícios para a população, a alocação de recursos para a arborização será justificada (MACO, 2004).

Na cidade de Davis, Califórnia, Estados Unidos, com 58.000 habitantes, o custo direto de manutenção por habitante foi de US\$6,75 e por árvore de US\$16,62, num total de US\$ 449.393 para o ano fiscal de 1999-2000. Nos custos diretos com as árvores, estão inclusos podas, podas domésticas, supressão, irrigação de verão, controle de pragas, recuperação, fiscalização, substituição e a administração do programa. Também foram calculados os custos externos ao programa, como reparo na infraestrutura, limpeza e responsabilidade civil. Na cidade de Davis, para cada US\$1,00 gasto diretamente com a arborização urbana, pública ou privada, a população teve um retorno de US\$3,78 em benefícios oferecidos pela árvore urbana (MACO, 2004).

Frequentemente, as árvores são as últimas considerações durante o planejamento e desenvolvimento urbano, mas as primeiras a serem consideradas para remoção quando conflitam com outros equipamentos públicos (McPHERSON, 2003)

A arborização viária e as áreas verdes oferecem benefícios como absorção do gás carbônico; liberação do oxigênio; retenção de poeira e material particulado; melhora na qualidade do ar e no microclima urbano, através da transpiração e sombra; absorção de ruídos; redução na velocidade do vento; proteção térmica; quebra da monotonia da paisagem pelos diferentes aspectos e texturas; abrigo e alimento aos animais, além do bem estar às pessoas proporcionado pelas massas verdes (BERNATZKY, 1978; BIONDI; ALTHAUS, 2005; BOLUND; HUNHAMMAR, 1999; BRADSHAW; HUNT; WALMSLEY, 1995; GREY; DENEKE, 1986; GUZZO, 1999; HARRIS, 1992; HEISLER, 1974; ISA, 2006; JIM, 1987; KIEBALSO, 1993; LOMBARDO, 1990; MELLO FILHO, 1985; MILANO; DALCIN, 2000; PAIVA; GONÇALVES, 2002; PHILLIPS, 1993; SILVA FILHO, 2007).

Uma árvore adulta (40 anos) promove, em média por ano, economia de energia de US\$20, conservação da água e solo de US\$75, melhoria na qualidade do ar de US\$50, valorização de propriedade privada de US\$85 e de propriedade pública de US\$25, proporcionando um benefício equivalente a US\$255 por ano (HANNA;

PHILSBURY; THOMPSON, 1994). Para Grey e Deneke (1986) os benefícios econômicos indiretos são os de maior importância, como sua sombra e decorrente redução do consumo de energia por condicionadores de ar, como citado por Schubert (1979), onde a transpiração de uma árvore e, conseqüente diminuição de temperatura, consegue equivaler-se a cinco condicionadores de ar ligados, 20h/dia. Velasco (2007) verificou que, na cidade de São Paulo/SP, locais com maior porcentagem de cobertura vegetal, apresentaram menor necessidade de refrigeração artificial, com conseqüente economia de energia.

A redução do volume e intensidade de enchentes e enxurradas pode ser diminuída com a arborização, através do aumento da infiltração, redução do escoamento superficial e retenção de água nas copas (XIAO et al., 1999; PAIVA; GONÇALVES, 2002). Silva (2008) constatou que a sibipiruan (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e a tipuana (*Tipuana tipu* (Benth) Kuntze) têm capacidade para interceptar 60% da chuva incidente em suas copas, nas duas primeiras horas de precipitação.

McPherson e Muchnick (2005) observaram que a arborização viária auxilia na conservação de asfalto, através do sombreamento e conseqüente diminuição na dilatação e incidência solar. Silva Filho (2006) adaptou o estudo acima e concluiu que o asfalto protegido pela sombra das árvores geraria uma economia de R\$0,51/m²/ano em manutenção, chegando ao montante de R\$900.000,00 de economia anual, para uma cidade com 18 milhões de m² de vias asfaltadas, como Piracicaba/SP.

Além disso, a arborização viária também tem função ecológica ao formar corredores, ligando os maciços vegetais formados por áreas verdes, parques e praças, favorecendo a conservação da natureza e sua avifauna (NUNES, 1992; CAVALHEIRO, 1995).

Apesar de todos esses benefícios, as árvores viárias, continuam sendo danificadas, mutiladas ou mesmo eliminadas quando se trata de alargamento de ruas, conserto de encanamentos, manutenção de fiação aérea, construção ou reforma de casas, entre outros (LIMA, 1993)

Diferentemente das florestas, no meio urbano, as árvores sofrem com poluição, estresses climáticos por falta ou excesso de água, problemas nutricionais, compactação do solo, pragas e doenças, danos físicos ocasionados por podas inadequadas,

vandalismo e acidentes, além de ter um manejo inadequado, com covas pequenas, mudas mal formadas e áreas diminutas de canteiro. E mesmo assim, elas continuam florindo e embelezando nossas cidades.

2.2 Construção Civil X Árvore Urbana

A árvore urbana está ilhada num mar de construções civis. A calçada, a pavimentação viária, as edificações e os equipamentos urbanos (postes de transmissão de energia, telefonia, redes de água, esgoto e gás), interferem, significativamente, na dinâmica do seu desenvolvimento natural.

A árvore precisa ser considerada um equipamento urbano essencial, assim como instalações elétricas, hidráulicas, pavimentação viária, calçadas e edificações. É primordial a definição de normas de manejo que englobem implantação, manutenção e monitoramento para garantir-lhe melhores condições para um pleno desenvolvimento desse ser vivo.

Para isso, deve-se atentar aos fatores que impedem o desenvolvimento normal da árvore urbana, segundo Pivetta e Silva Filho (2002), que são: compactação do solo, depósitos de resíduos de construção e entulhos no subsolo, pavimentação do leito carroçável e das calçadas, abertura de valas junto à árvore, mutilando o seu sistema radicular, dentre outros.

As calçadas devem atender a diferentes requisitos de acessibilidade, fluxo de pessoas, bem como às características de seus usuários: portadores de necessidades especiais, idosos e mães com carrinhos de bebês (AGUIAR, 2003). Pesquisas realizadas em cidades brasileiras mostram que mais de 30% dos deslocamentos em áreas urbanas são feitos a pé (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2003).

Segundo Santos (2002), mesmo tão importantes, as calçadas brasileiras apresentam um elevado grau de deterioração, com redução de sua vida útil e aumento dos custos de manutenção e reabilitação.

Bradshaw (1993) desenvolveu um índice de caminhabilidade que utiliza os critérios de largura da calçada, condição do piso, obstáculos, nivelamento, proteção das intempéries, mobiliário urbano, iluminação, uso lindeiro, travessia e segurança.

As normatizações de urbanismo e de tráfego destacam que o deslocamento do pedestre e a capacidade de circulação na calçada são afetados por várias condições, tais como mobiliário urbano, árvores, vitrines, paredes das edificações, proximidade do meio fio, obstáculos e desníveis. Para melhor acessibilidade, é necessária uma área livre efetiva de 1,20 m que permita a passagem de cadeirantes e pessoas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004; TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - TRB, 1994).

Andar é o meio de locomoção primordial do ser humano, além de não poluir, conservar energia e ser democrático, sendo o meio essencial do transporte coletivo urbano. Entretanto, apesar dos seus benefícios, as viagens a pé são normalmente consideradas de segunda relevância, ou mesmo ignoradas no planejamento dos transportes e a qualidade dos espaços para os pedestres recebe pouca ou nenhuma atenção do poder público (COOPERATION FOR URBAN MOBILITY IN THE DEVELOPING WORLD - CODATU, 1980; LTNZ, 2005; MELO, 2005; CARVALHO, 2006 apud FRENKEL; PORTUGAL, 2008). A arborização, a criação de áreas verdes e a boa iluminação ajudam a criar uma atmosfera que incentiva a realização de caminhadas e combate à degradação dos espaços públicos (METRO, 1997).

A ABNT (2004) normatiza a acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, pelo item 9.10.3: nas áreas adjacentes à rota acessível, não são recomendadas plantas dotadas de espinhos, produtoras de substâncias tóxicas, invasivas com manutenção constante, que desprendam muitas folhas, flores, frutos ou substâncias que tornem o piso escorregadio, cujas raízes possam danificar o pavimento.

A pavimentação viária é uma estrutura construída sobre o solo após terraplenagem e compactação, fornecendo, sob o ponto de vista da engenharia, a máxima qualidade e o mínimo custo (SANTANA, 1993), devendo resistir à carga do tráfego e ao desgaste, tornando mais durável a superfície de rolamento (SENÇO, 1997).

A operação de compactação aumenta a densidade do solo, através da aplicação de pressão, impacto ou vibração, expulsando o ar, diminuindo o espaço entre as partículas e a tendência de variação de umidade do solo (DIAS JUNIOR, 2000). Tem como objetivo obter uma máxima estabilidade, atenuando recalques devido ao tráfego que, ao longo do tempo, aumenta a compactação do solo e do pavimento. O perfil do solo compactado deve situar-se numa faixa de 0,60 a 1,50 m de profundidade (INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS - IPR, 2005).

Os pavimentos de concreto têm uma vida útil superior a 20 anos, com excelente desempenho estrutural e resistentes à abrasão, requerendo pouca manutenção. Refletem melhor a luz devido à sua coloração mais clara, que aumenta a visibilidade e diminui custos com iluminação, e apresentam um menor número de camadas em relação aos pavimentos flexíveis (asfalto), pois suas camadas têm função estrutural e de revestimento (SANTOS, 2002).

Ainda a autora, desenvolveu um estudo para valoração dos defeitos de pavimentos de calçadas, que foram classificados em: trincamentos (transversal, longitudinal e bordas), desnivelamento, separação entre calçada e bordas, depressão (afundamento), placas, desintegração, remendos e sua desintegração e intemperismo. Quando não são obedecidas as normas de construção, as calçadas podem se deteriorar facilmente devido às influências do meio externo e, na maioria das vezes, os reparos são executados de maneira inadequada.

Para o calcular a largura da calçada, recomenda-se que sejam acrescidas as áreas de influência dos equipamentos urbanos e elementos circundantes à faixa útil ou efetiva de circulação dos pedestres (TRB, 1994).

Para a construção de calçadas, sejam elas de concreto, pedra portuguesa, bloco intertravado, ladrilho hidráulico, ou outros revestimentos (Figura 1), recomenda-se a compactação do solo, feita manualmente, através de piloagem, ou utilizando-se de um compactador de solo, com capacidade de compactação mínima de 40 cm de profundidade (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE LONDRINA - IPPUL, 2008; FORMEQ, 2008; MEYER, 2007).

Para calçadas de concreto, após a compactação, assenta-se o contrapiso com uma camada de concreto magro de 3 cm, no mínimo, que também deverá ser

compactado. Feito isso, coloca-se mais uma camada de concreto com espessura mínima de 5 cm para passeio e 7 cm para as entradas de carro (MEYER, 2007).

Esquema geral da calçada

Calçada em concreto alisado

Figura 1 - Desenho esquemático do perfil geral de uma calçada e de concreto alisado (IPPUL, 2008)

Calçada em ladrilho hidráulico

Calçada em pedra portuguesa

Calçada em bloco intertravado

Figura 2 - Desenho esquemático do perfil de uma calçada de ladrilho hidráulico, pedra portuguesa e bloco intertravado (IPPUL, 2008)

Para manter a estabilidade física das edificações são necessárias diversas ações que evitem recalques, trincas ou abalos nas estruturas de engenharia das construções. Para a construção de muros (até 2,5 m de altura) ou paredes, recomenda-se a escavação de uma vala de, no mínimo, 40 cm de profundidade, compactação do solo da sua base e concretagem do baldrame (sapata corrida) para posterior assentamento dos tijolos ou blocos. Em toda a área de piso do imóvel (abrigo, garagem, casa), além da estrutura de alicerce e baldrame, também é necessária a compactação do solo do terreno e colocação de contrapiso de concreto de, no mínimo, 8 cm de espessura (MEYER, 2007).

2.3 O Solo Urbano

O solo é um dos elementos mais afetados pela urbanização e tem funções vitais antagônicas para o sistema urbano, atuando, ao mesmo tempo, como suporte das obras de engenharia e da vida vegetal, que necessitam, respectivamente, de um solo muito compactado e, outro, o mais natural possível. Assim, a urbanização afeta diretamente o solo, e conseqüentemente, a qualidade de vida da população.

Para um melhor planejamento de uso do solo nas cidades, faz-se necessário seu mapeamento e classificação, levando em consideração as características e propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, que permitem determinar seu potencial de uso, mapear áreas de riscos e definir, racionalmente, o uso desses espaços.

Os solos antrópicos contemplam aqueles que são intensamente modificados pela atividade humana como a exploração agrícola, mineral e urbana. Os solos urbanos sofrem alterações significativas e muitos autores indicam a necessidade de uma classificação taxonômica específica para eles (PEDRON; DALMOLIN; AZEVEDO, 2004).

Os autores ainda citam que as principais funções do solo urbano são: suporte para obras civis, agricultura, arborização urbana e filtragem de águas pluviais. Na área urbana, priorizam-se as obras civis, prejudicando as outras funções do solo. Sua compactação e impermeabilização diminuem a taxa de absorção de água, aumentando

o escoamento superficial, que chega mais rapidamente aos córregos e rios, aumentando o potencial de inundação, erosão e deslizamento de encostas, gerando diminuição da qualidade de vida e altos custos com perdas materiais e humanas (BERGER et al., 2001). A falta de fiscalização no cumprimento das legislações vigentes permite o descontrole da impermeabilização, tanto pelo revestimento de terrenos e/ou compactação do solo.

As características do solo formado pela atividade humana (CRAUL, 1985) são: presença de materiais antrópicos, ciclo de nutrientes e atividade de organismos do solo alterados, aeração e drenagem restrita, impermeabilização do solo devido a formação de crosta na superfície, solo alcalino, compactação e variação vertical e espacial.

Segundo Faria e Pedrosa (2005) a compactação e impermeabilização do solo, sua ocupação inadequada, a desflorestação e a construção de escoamentos pluviais sem condições técnicas adequadas, aumentam a proporção e frequência das inundações.

Como suporte às obras civis, o solo deve permitir a sua sustentação, onde os parâmetros geotécnicos de adensamento, permeabilidade, resistência ao cisalhamento, erodibilidade, colapsividade, resistência e compressividade devem ser observados. A questão negativa da urbanização é a artificialização do ambiente (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

Guardadas as características de cada solo, nas diferentes áreas urbanas e dentro das mesmas, todos os solos em áreas de loteamentos urbanos, sofreram com terraplenagens de corte e aterro e possuem características em comum: detritos oriundos de restos de construções; carência de nutrientes e micronutrientes; compactação; baixa aeração; baixa quantidade de microorganismos benéficos; ausência da camada superficial orgânica fértil; baixa capacidade de absorção de água de chuva; alta tendência a erosão laminar e por sulcos; aumento da carga difusa e problemas com enchentes.

O solo urbano, em sua maioria, oferece condições inadequadas ao desenvolvimento vegetal, já que têm seus horizontes removidos ou alterados, suas propriedades químicas, físicas e biológicas modificadas, provocando situações indesejáveis, muitas vezes de difícil correção. Vários autores citam que encontraram

esses solos muito alcalinos, com uma textura excessivamente arenosa e com as camadas superficiais compactadas (BOCKHEIM, 1974; FANNING; STEIN; PATTERSON, 1978; CRAUL, 1992; BIONDI; REISSMANN, 1995; PEDRON; DALMOLIN, 2002; PEDRON et al., 2007; GIASSON; NASCIMENTO; INDA JUNIOR, 2006).

Nas áreas adjacentes às construções, concentram-se os maiores problemas relacionados ao solo destinado às áreas verdes e arborização (HARRIS; CLARK; MATHENY, 1999): as necessidades de engenharia contrapõem-se às necessidades da planta para seu crescimento, sendo que a maioria das árvores do meio urbano tem uma vida mais curta do que na natureza (JIM, 1998). A intensa modificação do solo urbano torna-o inadequado para o desenvolvimento vegetal (BRADSHAW; HUNT; WALMSLEY, 1995; JIM, 1998).

Os solos das áreas verdes e destinados à arborização precisariam do mesmo tratamento destinado às áreas de agricultura, permanecendo o mais natural possível, evitando cortes, aterros ou compactação, pois esses processos dificultam a penetração das raízes das árvores e o fornecimento de oxigênio (PATTERSON, 1977; GREY; DENEKE, 1986; HUNT; WALMSLEY; BRADSHAW, 1991; PEDRON; DALMOLIN; AZEVEDO, 2004). Um bom solo agriculturável tem, aproximadamente, 50% de poros, ar e água; já um solo compactado, como o urbano, apresenta apenas, 25% (PATTERSON, 1976).

Pela terraplanagem ou aterro, o ser humano provoca diversas alterações morfológicas no solo: remoção do horizonte superficial, sobreposição de camadas superficiais, introdução de diversos materiais com diferentes texturas e descarte de restos de construção. Estas alterações modificam a capacidade de sustentar a vida vegetal, interfere no regime hídrico e térmico do solo e na resistência à erosão e deslizamento (PEDRON; DALMOLIN; AZEVEDO, 2004).

Um estudo na cidade de Curitiba/PR verificou, em um mesmo trecho de rua: solos com texturas diferentes, arenoso, argiloso e com diferentes graus de pedregosidade; difícil separação de horizonte e/ou camadas, ou inexistência dos mesmos; grande diversidade de coloração e presença de materiais antrópicos como vidros, plásticos, borracha, ferro, papel, tecido e madeira (BIONDI, 1995).

A compactação altera as propriedades físicas do solo, aumentando a resistência mecânica e diminuindo sua porosidade, principalmente macroporosidade, desejável na construção civil, mas prejudicial para o desenvolvimento vegetal (HILLEL, 1998; DIAS JUNIOR, 2000). Os solos naturais têm uma densidade volumétrica média de 1,1 a 1,4 g/cm³, enquanto os solos urbanos apresentam valores de 1,5 a 2,0 g/cm³; seu processo de compactação se dá em dois estágios: primeiro, nas obras de engenharia de preparação do terreno; segundo, pela carga do tráfego na área (ESTADOS UNIDOS, 2000). A compactação dificulta o desenvolvimento do sistema radicular, reduz a absorção de água e nutrientes pelas plantas e aumenta o escoamento superficial de água pela baixa infiltração, aumentando o processo erosivo (SCHUELER, 2000).

Segundo Craul (1994), a atividade humana é o agente ativo para formação do solo urbano, ao contrário da formação natural, gerando diversos problemas para o plantio e manutenção da vegetação urbana como compactação, restrição do movimento de água e ar, presença de materiais antrópicos, espaço confinado e limitado para as raízes e interrupção da ciclagem de nutrientes.

2.4 A Árvore como Ser Vivo

A raiz sustenta a árvore, tanto na parte estrutural, quanto na absorção de nutrientes e água. Seu tronco transporta os nutrientes e a água para as folhas, ligando as raízes à parte aérea, que é responsável pela fotossíntese, respiração, transpiração e processamento dos nutrientes, transformando-os em seu alimento (YAMAMOTO et al., 2004).

Todas as características genéticas de uma árvore já estão contidas em sua semente, antes mesmo da germinação do embrião: sua estrutura, raízes, tronco, galhos e folhas, não são processos aleatórios, sendo que seu genótipo, pode ou não se expressar completamente na fase adulta, dependendo do meio e das condições no qual crescerá (SEITZ, 1995).

A função das raízes é colonizar e reter os recursos do meio para sobreviver aos períodos de escassez. Para isso, ela sempre está em contínuo alongamento, expansão

radial, desenvolvimento lateral, manutenção do sistema de absorção, transporte de material, estoque de alimentos e processamento de materiais (CODER, 1998).

2.4.1 Fisiologia da árvore

As raízes absorvem a água e os nutrientes inorgânicos que são enviados, ascendentemente, pelo xilema aos órgãos do vegetal, através do fluxo de transpiração, sendo que, parte dessa solução, flui também, para os tecidos do sistema radicular e caulinar. Nas folhas maduras da parte aérea, a seiva elaborada produzida pela fotossíntese, é enviada, pelo floema, para a raiz, caule, flor e frutos. O sistema vascular vegetal é organizado de forma que permita a circulação eficiente de compostos para todos os órgãos e tecidos da planta (SALISBURY; ROSS, 1992; HOPKINS; HUNER, 2007).

Os hormônios vegetais são compostos orgânicos de ocorrência natural, produzidos na planta que, em baixa concentração, promovem, inibem ou modificam processos específicos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Alguns hormônios atuam no local onde são produzidos; outros, são transportados ao local de sua ação. De acordo com Salisbury e Ross (1992) e Hopkins e Huner (2007) os hormônios vegetais atuam da seguinte forma:

As auxinas são sintetizadas nas regiões apicais do vegetal (caule e raiz), e atuam sobre a parede celular, provocando sua elongação ou distensão e, consequentemente, o crescimento do vegetal. A sensibilidade das células à auxina varia nas diferentes partes da planta. O caule, por exemplo, é menos sensível à auxina que a raiz e, por isso, uma concentração de auxina suficiente para induzir crescimento do caule tem efeito inibidor sobre o crescimento da raiz, já que nestas, são as baixas concentrações que estimulam a elongação celular. A auxina é também responsável pela inibição do desenvolvimento das gemas laterais, pela iniciação radicular, pela diferenciação vascular e pelo desenvolvimento de gemas axilares, flores e frutos, controlando também, o fototropismo (resposta da planta à luz) e o geotropismo (resposta da planta à força da gravidade).

A maior parte das giberelinas é produzida em tecidos jovens do sistema caulinar e radicular e em sementes em desenvolvimento. Elas estimulam o alongamento celular, a germinação das sementes, a indução do florescimento e o desenvolvimento dos frutos.

As citocininas são reguladores vegetais que participam ativamente dos processos de divisão e diferenciação celular, sendo sintetizadas nas raízes e transportadas pelo xilema para outras partes da planta. As citocininas promovem um retardamento na senescência foliar e, também, participam da quebra na dominância apical; quando em maior disponibilidade, promovem o desenvolvimento das gemas laterais.

O etileno é considerado um hormônio, pois é um produto natural do metabolismo das plantas, sendo sintetizado no local de atuação. Em concentrações muito baixas, estimula a abscisão foliar, promove a maturação dos frutos e inibe o crescimento de raízes e gemas laterais. O etileno é, aparentemente, o único gás que participa da regulação dos processos fisiológicos das plantas.

O ácido abscísico é produzido por estresse fisiológico, como falta de água, solos salinos e baixas temperaturas, e tem como finalidade proteger a planta ou suas partes contra condições desfavoráveis do meio ambiente. Promove o fechamento dos estômatos, o retardamento do crescimento do caule e das raízes e atua na queda de folhas, flores e frutos; é também sintetizado no local de ação.

Segundo Brito (2006), é através do sistema vascular, da translocação da seiva bruta e elaborada e dos hormônios, nas plantas, que a parte aérea toma conhecimento do estado do solo e o sistema radicular toma conhecimento do estado aéreo, podendo assim adaptarem-se, mutuamente, de forma coordenada. Devido a isso, o crescimento da parte aérea não pode ser compreendido sem o entendimento do crescimento do sistema radicular, e vice versa.

O autor afirma que a planta sempre busca o equilíbrio entre a parte aérea e radicular através da relação citocinina/auxina, já que a auxina é sintetizada nos ápices caulinares e translocada para as raízes e as citocininas são sintetizadas nas raízes e transportadas para a parte aérea. Na poda da parte aérea, ocorre uma diminuição dos locais de síntese de auxina, aumentando a relação citocinina/auxina que inibe a

iniciação de raízes laterais. Quando ocorre a poda de raiz, diminui a relação entre ápices radiculares e caulinares, diminuindo assim, a relação citocinina/auxina, inibindo a parte aérea e iniciando novos primórdios radiculares devido ao maior fluxo de auxina às raízes.

A demanda de água e nutrientes exigida pela fotossíntese e transpiração influencia no crescimento das raízes, que enviam um sinal, através de reguladores de crescimento e tensão da seiva, para que as raízes finas continuem se multiplicando e suprimindo a demanda, principalmente nas porções mais úmidas do solo. A poda da parte aérea tem influência sobre essas raízes: quanto mais drástica for a poda, mais devastador será seu efeito sobre as raízes. Rapidamente são eliminadas as fontes dos reguladores de crescimento e a demanda por água e, como consequência, morrem a maior parte das raízes finas e pêlos absorventes, que somente serão regeneradas com a regeneração da copa. Pode ocorrer também a morte de raízes grossas, deixando a árvore instável (SEITZ, 2006).

2.4.2 As raízes

As raízes das árvores têm tanta ou mais importância para a manutenção da árvore saudável quanto o tronco ou as folhas, pois são elas que dão sustentação à árvore e absorvem água e nutrientes necessários ao seu crescimento e sobrevivência.

De acordo com Seitz (1996), é imprescindível conhecer sua morfologia para entender a dinâmica de seu crescimento. Em termos gerais, a raiz apresenta quatro regiões distintas:

- Coifa e meristema apical: na ponta das raízes (meristema apical) processa-se a multiplicação celular necessária para o crescimento em comprimento; essa ponta é protegida pela coifa, que, além da proteção, guia a raiz em formação, através dos espaços abertos dentro do solo.
- Zona de alongamento das células: local onde as novas células formadas pelo meristema apical aumentam de volume, através da absorção de água, e com isso, empurram a coifa para dentro dos espaços vazios do solo.

- Zona dos pelos absorventes: nesta área as novas células da epiderme da raiz tornam-se finas e longas, com paredes delgadas, assemelhando-se a pêlos; essa região deve ficar imóvel para evitar que os pêlos absorventes sejam destacados das raízes.
- Zona das raízes laterais: com a continuidade do crescimento das raízes, os pêlos absorventes perdem sua função e são substituídos pela epiderme protetora, que contém as gemas que darão origem às raízes secundárias.

Ainda segundo o autor, de acordo com seus diâmetros, ocorrem cinco tipos de raízes:

- Raízes finas (menores que 2 mm): são as raízes de absorção de água e nutrientes e se renovam constantemente.
- Raízes flexíveis (2 a 5 mm): são as raízes condutoras de água e sais dissolvidos e sua renovação já não é tão frequente.
- Raízes lignificadas (5 a 10 mm)
- Raízes grossas (10 a 20 mm)
- Raízes fortes (maior que 20 mm): responsáveis pela sustentação.

Disso, depreende-se um crescimento quase constante das raízes, assim como é a parte aérea, dependendo das condições ambientais. Inicialmente, a raiz cresce em profundidade, em busca de camadas de solo com umidade mais estável. As raízes de crescimento horizontal desenvolvem-se posteriormente e mais próximas à superfície do solo, para a absorção de nutrientes. Segundo vários estudos realizados, a proporção entre parte aérea e raiz é de 2:1, sendo que, no mínimo, 80% da biomassa de raízes estão nos primeiros 20 cm de solo, incluindo-se todos os tipos de raízes, mesmo em plantas com raízes pivotantes (verticais) pronunciadas (SEITZ, 1996; 2006; LILLY, 2001; APPLETON et al., 2006)).

As raízes podem estender-se até mais do que duas vezes em relação à projeção da copa, dependendo das condições do solo, sendo que as raízes próximas ao tronco (2 a 3 m) são fundamentais para a sua sustentação. À medida que nos afastamos do tronco, a área disponível para o enraizamento aumenta, mas nem toda esta área está enraizada (APPLETON et al., 2006; SEITZ, 2006).

As raízes crescem mais grossas em solo compactado, pois requerem mais força para conseguir penetrar do que nos solos menos compactados. Um estudo avaliou o crescimento das raízes em solos arenosos e argilosos com diferentes compressões. Nos solos arenosos, as raízes engrossaram 40% e 60% para uma compressão de 1,0 e 2,0 MPa (Megapascal), respectivamente, quando comparado a uma compressão de 0,7 MPa. Nos solos argilosos, o engrossamento das raízes foi 10% e 20 % para uma compressão de 1,0 e 1,5 MPa, respectivamente. A diferença entre o engrossamento no solo arenoso e argiloso se deve, provavelmente, ao maior atrito oferecido pelos grânulos de areia (KIRBY; BENGOUGH, 2002).

Com o aumento da biomassa aérea, algumas raízes passam a ter papel de sustentação da árvore, crescendo em diâmetro, normalmente de forma excêntrica, onde há um crescimento maior na parte superior das raízes devido à menor resistência do solo (SEITZ, 1996; 2006).

As raízes pivotantes são muito importantes para as árvores em sua juventude, e, com o crescimento, vão perdendo a função; para garantir a estabilidade, a planta desenvolve raízes laterais e o neilóide (base reforçada do tronco), que transfere para as raízes as tensões e pressões geradas no tronco. À medida que as raízes laterais aumentam em diâmetro, diminui o fluxo de seiva elaborada para a raiz pivotante. Um exemplo da dispensabilidade da raiz pivotante para a estabilidade da árvore, pode ser observado em uma taça de vinho: desde que o pé da taça esteja corretamente dimensionado para o volume de líquido, ela não vira. O mesmo raciocínio vale para o conjunto de raízes e o neilóide na base da árvore (SEITZ, 1996).

Normalmente, existe grande mortalidade de mudas arbóreas devido à compactação do solo urbano e sua pouca oxigenação. Nas pesquisas de Day et al. (1995), métodos para aumentar a drenagem do solo aumentaram a brotação e o desenvolvimento de raízes, com conseqüente diminuição da mortalidade, pois aumentaram a oxigenação do solo, mesmo no compactado.

Muitos concordam que, quando o nível de oxigênio fica abaixo de 20,9% (20,5 kPa - Kilopascal), o crescimento das raízes adapta-se a essa menor aeração, diminuindo seu crescimento (GLINSKI; STEPNIEWSKI, 1985). Em macieiras, verificou-se um decréscimo na absorção de minerais pelas raízes com níveis de oxigênio de 14,7

kPa no solo, e supressão de raízes novas com níveis menores que 11,8 kPa (BOYNTON; DEVILLIERS; REUTHER, 1938).

Para as raízes desenvolverem-se adequadamente, a oxigenação, a umidade e a temperatura do solo são fundamentais. Os parâmetros normais de oxigênio no ar contido no solo variam de 12 a 20%; valores abaixo de 12% causam danos nos meristemas apicais e, abaixo de 10%, causam a morte dos microorganismos do solo. A aeração do solo é afetada diretamente pela compactação e impermeabilização com asfalto, cimento ou outro tipo de pavimento, que dificultam as trocas gasosas e a infiltração de água. A umidade do solo deve ser suficiente para que as raízes consigam absorver os sais minerais e a água, aumentando seu volume celular; mas se, em excesso, a água ocupa os poros do solo, expulsando o ar e, em médio prazo, acaba por causar a morte de raízes. As raízes param de crescer quando a temperatura do solo for muito além ou aquém de determinados limites, próprios de cada espécie (SEITZ, 1996).

Para Appleton et al. (2006), a aeração do solo afeta o metabolismo das raízes e os microorganismos nele presentes: em um solo com 25% de oxigênio, as raízes se desenvolvem bem; com 5% de oxigênio a raiz para de crescer e, com apenas 2%, elas morrem.

2.4.3 A poda de raiz

A poda de raiz é a prática de retirar uma porção do sistema radicular da árvore, a fim de acomodá-la às características da paisagem, tais como calçadas, guias, tubulação subterrânea e outros equipamentos urbanos. As circunstâncias que requerem a poda de raiz variam, mas o objetivo principal dessa poda é a preservação do indivíduo arbóreo, garantindo sua saúde, estabilidade e longevidade (MASKALL, 2008).

Devido ao fato da capacidade de regeneração das raízes ser mais limitada que a da copa, sua poda deve ser feita com muito critério. Seitz (1996) recomenda que, ao cortar a raiz, deve-se proteger a parte viva contra o dessecamento e contra choques ou pressões.

A poda de raiz necessita de uma avaliação muito criteriosa para sua realização pois, sua utilização aleatória para abrir espaço para construções ou inibir seu

crescimento pode comprometer a sanidade das árvores e levá-la à morte. Normalmente as raízes podadas são substituídas rapidamente por outras, reduzindo a eficiência dessa medida (SILVA FILHO, 2005).

As raízes grossas são as responsáveis pela estabilidade e sustentação da planta, principalmente as raízes basais (próximas ao tronco), sendo a sua regeneração mais demorada do que a das raízes finas, que por sua vez já é mais limitada do que a regeneração da copa. Os riscos da poda de raiz, devido à dificuldade de avaliação visual do sistema como um todo, são elevados, principalmente em planos totais (valetas), podendo ocasionar a queda ou morte da árvore (THOMPSON; AHERN, 2000; SEITZ, 2006).

Seitz (2006) faz algumas recomendações básicas com relação à poda de raízes:

- cortar o menor número possível de raízes;
- cortar a, no mínimo, 2 m de distância do tronco (melhor 3m). A recomendação do mesmo autor, em 1996, era de apenas 0,50 m;
- cortar raízes de, no máximo, 5 cm de diâmetro;
- nunca cortar a raiz próxima ao tronco;
- nunca lesionar a base da árvore;
- utilizar sempre serra, nunca machado, facão ou retroescavadeira;
- evitar o dessecamento do solo junto ao remanescente da raiz, no lado da árvore.

O autor ainda comenta que a poda de raízes gera consequências diretas como a diminuição da estabilidade da árvore, e da absorção de água e sais minerais, podendo levar à criação de uma área de contaminação que comprometerá toda a estrutura de sustentação da árvore.

Segundo Maskall (2008), pode-se podar a raiz de uma árvore somente se o problema for resolvido através de remoção inferior a 33% das raízes, e não mais do que 25% de um mesmo lado. No caso das árvores com DAP menor que 30 cm, as raízes não devem ser removidas dentro de um raio de 1,2 m do tronco da árvore. Para árvores com DAP superior a 30 cm, a cada aumento de 7,5 cm no DAP deve-se adicionar 30 cm na distância do tronco para a poda de raiz, conforme tabela abaixo.

Tabela 1 - Indicação de poda de raiz e relação com diâmetro da árvore

Diâmetro da árvore (medida 1 m acima do solo)	Distância do tronco	
	Mínima	de Preferência
15 cm	1,2 m	1,5 m
22,5 cm	1,2 m	1,5 m
30 cm	1,2 m	1,8 m
37,5 cm	1,5 m	2,1 m
45 cm	1,8 m	2,4 m
52,5 cm	2,1 m	2,7 m

Fonte: Maskall (2008)

2.4.4 O equilíbrio da árvore

Segundo Mattheck (1991), Niklas (1992), Mattheck e Kubler (1995) e Mattheck e Breloer (1997) (apud BRAZOLIN, 2006), durante seu crescimento a árvore se adapta às tensões internas, otimizando sua forma, tamanho e estrutura para evitar rupturas do tronco e do sistema radicular quando expostos a forças de tensão, compressão, cisalhamento e momentos de flexão e torção. Estas forças podem ser visualizadas externamente na árvore através da formação de tecidos que compensem estes esforços, como calos, espessamentos no colo e no tronco, cicatrizes e “costelas”.

Os autores Mattheck e Kubler, 1995 (apud BRAZOLIN, 2006) descrevem, cinco axiomas que explicam os mecanismos de otimização das árvores:

- Tensão uniforme: tensões são distribuídas uniformemente na superfície da árvore, estimulando a deposição de material, como calos, espessamento do lenho e formação de madeira de reação, que alteram a forma e o tamanho de partes da árvore.
- Princípio da alavanca mínima: a árvore minimiza tensões internas, reduzindo o comprimento de galhos.
- Paralelismo de fibras e distribuição de tensões: as tensões de cisalhamento são minimizadas quando as fibras ou traqueídeos são arranjados no sentido das forças longitudinais ou tangenciais solicitantes.

- Anéis de crescimento e distribuição de tensões: a direção e o arranjo dos anéis de crescimento são otimizados e adaptados ao grau e tipo de esforço externo.
- Tensão de crescimento: pontos de menor resistência mecânica são compensados pelo crescimento da árvore, cuja distribuição e grau são controlados pelas tensões de crescimento.

Numa árvore sem injúria, a distribuição de forças decorrentes da ação do vento, do próprio peso e de tensões de crescimento é uniforme; já o mesmo não ocorre nas árvores com injúrias ou lesões, sendo passíveis a um maior risco de queda (YOJO, 2007).

As árvores se fixam ao solo combinando três forças às raízes de maior dimensão: as raízes basais (próximas a superfície) resistem a distensões e compressões, desenvolvendo lenho de compressão na parte superior; as raízes grossas e longas fornecem a ancoragem da planta, reagindo às tensões. O conjunto das raízes mantém coeso o torrão que funciona como um contrapeso, evitando a queda da árvore. Após chuvas prolongadas, quando o solo fica muito úmido, pode ocorrer desestabilização deste torrão provocando a queda da árvore (APPETLON et al., 2006; SEITZ, 2006b, SILVA FILHO, 2007)

Entender a linguagem corporal da árvore pode auxiliar os técnicos de arborização na avaliação dos riscos de queda e níveis de sanidade. A presença de um apodrecimento no tronco ou uma cavidade não é suficiente para afirmar que o exemplar esteja com sua saúde ou equilíbrio comprometidos, já que elas tendem a equilibrar as forças mecânicas engrossando os anéis de crescimento. Árvores com até 50% de sua secção transversal comprometida podem se mostrar seguras e saudáveis para o ambiente urbano (MATHECK et al., 1995).

2.4.5 Indicadores de danos na raiz

A competição por espaço, nas cidades, também é travada pelas árvores urbanas que têm que buscar sua sobrevivência em um ambiente hostil, prejudicando seu desenvolvimento saudável. Uma das partes da planta mais afetada é a raiz, e

segundo Appleton et al. (2006), os maiores indicadores de danos nas raízes são presença de galhos secos; folhas anormalmente pequenas e amareladas; presença de ramos epicórmicos; produção de frutos maiores do que o normal; enovelamento das raízes; estrangulamento do tronco; áreas secas na base da árvore, formando painéis; falta de neilóide; crescimento de fungos na base do tronco, raízes ou na área livre do canteiro, e atividade anormal de insetos.

A autora ainda afirma que as principais causas dos danos nas raízes arbóreas são causadas por ferimentos decorrentes de vandalismo ou acidente; plantio em profundidade inadequada; acúmulo de matéria seca ao redor do colar do tronco; danos por equipamentos, como cortadores de grama e escavadeiras; compactação do solo por pisoteio, tráfego de veículos, construção e equipamentos; erosão do solo; adição ou remoção do solo sobre as raízes; volume limitado de solo para o sistema radicular; conflitos com equipamentos urbanos; corte de raízes; redução na oxigenação das raízes; má qualidade da muda (volume pequeno de raízes absorventes, raízes enoveladas); excessiva quantidade de água no solo, encharcamento; falta de umidade no solo; contaminação do solo com produtos químicos; e presença de patógenos, causada por insetos, fungos, bactérias e nematóides.

2.4.6 A poda da parte aérea

Algumas cidades utilizam a poda de copa para conter os danos causados pelas raízes. Assim, a poda significativa da copa pode retardar o crescimento das raízes, mas a saúde da árvore pode ficar completamente comprometida (CODER, 1997). Do ponto de vista estético e arborícola, essa prática pode não ser uma solução satisfatória para os conflitos com as raízes.

A poda provoca um desequilíbrio entre a superfície assimilatória da copa (folhas) e a superfície de absorção de água e nutrientes (raízes finas), sendo que, a reação da árvore será a de recompor a folhagem original e restabelecer o equilíbrio (EHSEN, 1987).

Seitz (1999) afirma que a poda é uma agressão a um organismo vivo, e provoca desequilíbrios fisiológicos e estruturais. Dependendo do nível da poda, do estado da

planta (nutrição, época do ano, idade) e da sua capacidade de recuperação, podem ocorrer, como consequências, a formação de ramos epicórmicos, perda de ramos e raízes, danos na arquitetura e estrutura da copa e das raízes e até mesmo a morte.

A poda agride a planta, prejudicando sua estrutura, funções e mecanismos de defesa. Ela deve ser praticada de maneira correta nas árvores urbanas, a fim de evitar a entrada de patógenos nos ferimentos decorrentes desse ato (SEITZ, 1990, 1996; SANTIAGO, 1990).

A poda na parte aérea é, frequente e indiscriminadamente, utilizada pelas concessionárias de energia elétrica para eliminar o conflito da árvore com a rede de distribuição. Essas podas, em sua maioria, não atentam às necessidades fisiológicas e estruturais da planta, além de causar um enorme comprometimento paisagístico com as evidentes mutilações desses seres vivos. Velasco (2003) afirma que é totalmente viável economicamente a utilização de redes compactas de energia elétrica ao invés da rede convencional, diminuindo, assim, os gastos com manutenção das linhas de transmissão e as podas, que, segundo Andrade (2002), além de prejudiciais à saúde do vegetal, deixam a árvore desequilibrada e enfraquecida, podendo ocasionar sua queda.

2.5 Os Danos nas Calçadas e As Raízes

A necessidade de sobrevivência das árvores faz com que elas aproveitem os mínimos recursos disponíveis oferecidos pelo meio. A forma utilizada atualmente para a construção dos equipamentos urbanos oferece condições favoráveis para que as raízes consigam a sua sobrevivência: umidade, oxigenação e nutrientes. Os profissionais envolvidos no planejamento urbano devem deter maior atenção para conciliar o desenvolvimento da árvore com os projetos de construção civil e equipamentos urbanos (CODER, 1998).

Os danos causados pelas raízes das árvores nos equipamentos urbanos, como calçadas, guias e encanamentos subterrâneos são, em média 25% do custo de manutenção anual com árvores urbanas (McPHERSON; PEPER, 1996).

A forma tradicional de construção das calçadas favorece o crescimento das raízes no intervalo entre o solo e o concreto, onde a porosidade e oxigenação dessa

área são maiores do que a do solo compactado abaixo (RANDRUP; McPHERSON; COSTELLO, 2003)

Segundo Day (1991), aparentemente, os danos causados pelas raízes em solo não compactados são menores do que os danos em solo compactado. Uma explicação plausível para os maiores danos é que as raízes buscam o intervalo entre o solo compactado e a base da calçada, devido à sua maior umidade que estimula seu crescimento (KOPINGA, 1994).

Os afloramentos estão muito mais relacionados com o tamanho da árvore do que com a espécie (SYDNOR et al., 2000).

A forma de construção dos pavimentos (calçada e leito carroçável) com uma compactação elevada do solo faz com que as raízes engrossem (KIRBY; BENGOUGH, 2002), aumentando os danos potenciais.

O potencial conflito entre os equipamentos urbanos, em especial calçada e guia, são evidentes quando existem um ou mais dos seguintes fatores: espécie de grande porte, árvore de crescimento rápido, volume de solo restrito, solo raso, compactação da calçada, irrigação superficial, distância entre a árvore e a calçada menor que 2 a 3 m, árvores com idade acima de 15 a 30 anos (RANDRUP; McPHERSON; COSTELLO, 2003).

Um estudo na Califórnia demonstrou que 60% das árvores viárias causavam algum dano na calçada (HAMILTON, 1984a). Em San Jose, estimou-se que os custos com reparos de danos urbanos seriam US\$14,3 milhões, e os custos anuais com reparos em calçadas de US\$0,18 a US\$13,65 por árvore (PEPER; McPHERSON, 1995). Se tivéssemos soluções, mesmo que parciais, para esses problemas, poderíamos ter uma economia substancial para a cidade.

Na cidade de Cincinnati, onde a prefeitura era responsável pelos reparos em calçadas e em outros equipamentos urbanos, gastava-se no início da década de 90, mais de US\$135 milhões anualmente para reparar danos em infra-estruturas relacionados com árvores (McPHERSON; PEPER 1995). Para diminuir esses gastos, surgiram várias frentes de pesquisa, tais como: identificação de espécies que causem menos danos (WAGAR; BARKER, 1983; DIRR, 1990), utilização de barreiras de raízes (WAGAR, 1985; URBAN, 1995; GILMAN, 1996) e redirecionamento de raízes (WAGAR,

1985; BARKER, 1991, 1995). Em todos esses casos, a culpa pelo dano era sempre da árvore, mas existem alguns estudos que estão indicando outros fatores para a ocorrência de trincas na calçada, como a estrutura física e a idade da calçada, além da compactação que influencia na umidade e oxigenação do solo (SANDFORT; RUNCK, 1986; SANDFORT, 1997, WAGAR; FRANKLIN, 1994).

Nem todas as calçadas são danificadas por raízes: muitas vezes, os materiais da base do pavimento diminuem a vida útil da mesma. A idade do concreto e sua utilização podem ocasionar rachaduras no pavimento. Uma vez rachada, a calçada pode ser facilmente levantada com a expansão das raízes radialmente (GRABOSKY et al., 2001).

Muitos estudos encontraram uma correlação entre o tamanho das árvores e o conflito com infra-estrutura, evidenciando que árvores grandes causam mais danos que árvores pequenas (WAGAR; BAKER, 1983). Muitas árvores começam a causar danos nas estruturas quando o diâmetro na altura do peito (DAP) está entre 11-20 cm (WONG; GOOD; DENNE, 1988). Para árvores com tamanhos próximos, aquelas que tinham crescimento mais rápido apresentavam danos antes e com mais frequência (BAKER, 1983; DAY, 1991; McPHERSON; PEPER, 1995). Mesmo sabendo que existem diferenças na arquitetura das raízes para as diferentes espécies, o ambiente onde a árvore estava plantada tem maior influência do que sua herança genética (McPHERSON; PEPER, 1995).

Danos na guia são mais difíceis de ocorrer porque estão adjacentes ao leito carroçável (normalmente pavimentadas com cimento), que tem a base mais compactada e menos aerada, sendo então, uma barreira mais efetiva à penetração das raízes do que as calçadas. O valor crítico de DAP para danos nas guias são muito maiores do que para danos em calçadas (FRANCIS; PARRESOL; PATIÑO, 1996).

O aumento dos níveis de oxigênio causado pelas trincas leva ao aumento relativo das raízes se comparadas às áreas com menor concentração. Alguns nutrientes também podem penetrar pela trinca juntamente com a água da chuva, estimulando o crescimento das raízes (D'AMATO et al., 2002)

O material usado para preenchimento da base do pavimento, normalmente areia e pedrisco, tem uma capacidade de aeração maior que o solo compactado, além

do que, esse tipo de material favorece a condensação de água. Esses fatores, aeração e umidade, favorecem o crescimento das raízes (CODER, 1998).

Os níveis de temperatura e umidade são mais elevados em calçadas intactas (WAGAR; FRANKLIN, 1994), fatos que, somados aos menores níveis de oxigênio no solo compactado, ocasionam uma ação negativa no crescimento das raízes (GLINSKI, STEPNIEWSKI, 1985).

As árvores retiram uma grande quantidade de água do solo através de sua transpiração, e isso faz com que o solo se encolha, levando a uma movimentação para que o solo se reacomode (CODER, 1998).

O autor ainda comenta que os encanamentos, através do transporte de líquidos, geram uma interação termal com o solo que, através da expansão e contração dos canos, vão criando poros no solo ao seu redor. Esses poros podem ser ocupados pelas raízes que, ao longo do tempo, poderão causar danos nesses equipamentos.

Segundo Matheck e Bethge (2000), normalmente as raízes das árvores utilizam as tubulações como ancoragem; para as tubulações de água não existe risco à população mas, no caso de tubulações de gás, esse risco passa a ser real.

D'Amato et al. (2002) acompanharam o desenvolvimento de 600 indivíduos de 4 espécies (*Quercus*, *Koelreuteria*, *Zelkova* e *Gleditsia*) por 20 anos, observando a relação de danos às calçadas e visualizando as raízes, e chegaram aos seguintes resultados: das 351 árvores que não tinham raízes aparentes, 31% tinham a calçada intacta e 61% apresentavam trincas; das 260 árvores com raízes aparentes, 16,2% tinham a calçada intacta e 83,9% apresentavam danos. Avaliou-se a quantidade de oxigênio no solo para as calçadas trincadas e intactas, sendo encontrado concentrações mais elevadas nas calçadas trincadas, fato que pode ter induzido o crescimento das raízes. A difusão do oxigênio no solo varia com a textura, níveis de compactação e drenagem.

Deve-se atentar que as espécies utilizadas na arborização urbana são de ambientes florestais com modelos de arquitetura radicial próprios. O tamanho e o local de plantio dessas árvores, em ambiente urbano, é o principal modelador de suas raízes. A criação de espaço suficiente para a árvore enraizar-se é a forma mais eficiente de evitar problemas com as raízes. O plantio em solo compactado elimina as

possibilidades de acomodação em torno da raiz gerando os problemas e conflitos com os equipamentos urbanos (SEITZ, 2006a).

A ocorrência de afloramento de raízes nas calçadas pode ser causada por mudas com covas pequenas, compactação do solo com pequena quantidade ou ausência de poros entre as partículas, entulhos e lençol freático superficial. Uma forma de contornar o problema nos passeios é aumentar o tamanho dos canteiros ampliando-os sem cortar as raízes, o plantio deve ser em uma cova com tamanho de 70 x 50 cm, sendo mais importante canteiro ser largo e comprido do que profundo, pois as raízes se concentram nos primeiros 50 cm de solo (CRESTANA, 2007).

Segundo Bortoleto e Silva Filho (2008) é necessário reservar uma área livre de canteiro mínima de 1,0 x 1,0 m, preparar bem a cova de plantio, com adubação, revolvimento do solo ou troca. Citam ainda, que os danos causados pelas raízes da sibipiruna às calçadas, provavelmente são ocasionados pela falta de preparo no solo, não sendo uma espécie a ser dispensada da arborização viária.

Uma cova deve possuir dimensões mínimas de 60 x 60 x 60 cm. Caso o solo onde será plantada a árvore apresentar baixa fertilidade, como em aterros, deve-se fazer uma cova com 100 x 100 x 100 cm (YAMAMOTO et al., 2004). Segundo a ISA – International Society of Arboriculture (2004), para o bom desenvolvimento da árvore a cova deve ser de preferência no formato de taça, ter largura e comprimento no mínimo 3 vezes o diâmetro do torrão, sendo que a profundidade não deve exceder a altura do mesmo. A utilização de canteiros maiores pode minimizar a quantidade de danos na calçada.

Por seus benefícios, a árvore precisa ser considerada um equipamento urbano essencial, e como tal necessita de uma estrutura digna para seu pleno desenvolvimento: berço de plantio com dimensões adequadas (comprimento de 2,0 m, largura de 1,0 m e profundidade de 1,0 m, em formato de taça), com solo descompactado e fértil, e área livre do canteiro (2,0 x 1,00 m) com material permeável (grade, grama, pedrisco...). Em locais onde o plantio de árvores na calçada dificultaria a acessibilidade, sugere-se a utilização do leito carroçável para plantio como descrito por Moretti (1997 apud SILVA FILHO, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização Geográfica, Clima, Geologia e Relevo

O estudo foi realizado no município de Piracicaba (figura 3), Estado de São Paulo, situado a 161 km da capital. Com população de 358.108 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2000), área territorial de 1371,8 km², latitude 22°43'31"S, longitude 47°38'57"W e altitude de 580 m (APOLO11, 2008), a cidade localiza-se em uma das regiões mais desenvolvidas e industrializadas do Estado e vincula-se, historicamente, à produção sucroalcooleira (INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA - IPPLAP, 2008).

Figura 3 - Localização de Piracicaba/SP

Clima

O clima do Município de Piracicaba segundo a classificação de Köppen é do tipo mesotérmico, Cwa, isto é, subtropical úmido com estiagem no inverno; as chuvas do mês mais seco não atingem a 30 mm e a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, enquanto a do mês mais frio é inferior a 18°C (VIDAL-TORRADO, 2002).

Geologia e material de origem

O material de origem dos solos que predominam na região corresponde às Formações Corumbatai (Pc) e Irati (Pi), do Grupo Passa Dois, constituídas por argilitos, folhelhos, siltitos e arenitos finos que são depósitos marinhos do Permiano, assim como

arenitos de granulação heterogênea da Formação Itararé do Grupo Tubarão, que encontra-se embutida na depressão periférica. Além destas rochas sedimentares, há abundância de rochas eruptivas básicas como o diabásio, onde o relevo, geralmente, é suavemente ondulado a ondulado (VIDAL-TORRADO, 2002).

Relevo

O município de Piracicaba situa-se na média Depressão Periférica Paulista, que é uma região rebaixada por erosão e situada entre as terras altas do Planalto Atlântico e as escarpas elevadas das cuestas basálticas do planalto Ocidental. A área do município de Piracicaba, embora em sua maior parte constituída de sedimentos, apresenta zonas de intrusão de rochas básicas que marcam acentuadamente a topografia.

De um modo geral, a topografia é pouco acidentada com desníveis da ordem de 50-100m entre interflúvios e vales, sendo que a altimetria varia entre 450m na várzea do Tietê a sudoeste, até 750m nos topos mantidos pelos sills de diabásio, no divisor Tietê-Piracicaba (VIDAL-TORRADO, 2002).

3.2 Definição das Áreas de Estudo

Este estudo utilizou, como base, 15 bairros do Inventário da Arborização Urbana do Município de Piracicaba, desenvolvido sob a coordenação do prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva, do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP, nos anos de 2003 a 2006. Este inventário foi realizado por unidades amostrais dispostas sistematicamente sobre o tecido urbano (mapa do abairramento).

Os bairros inventariados e utilizados no estudo são: Castelinho, Centro, Cidade Alta, Cidade Jardim, Dois Córregos, Independência, Jardim Monumento, Nova América, Nova Piracicaba, Paulicéia, São Dimas, São Judas, Santa Cecília, Vila Monteiro e Vila Rezende.

Os dados do inventário foram disponibilizados em arquivo digital do programa Microsoft Office Access 2003, que continham as informações sobre os endereços e as características quantitativas e qualitativas de cada indivíduo arbóreo.

Para todo o inventário, foram identificadas as unidades e profundidades do solo baseado no Levantamento Pedológico Semidetalhado do Município de Piracicaba, desenvolvido sob a coordenação do prof. Dr. Pablo Vidal-Torrado do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, no ano de 2002, para o Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba - IPPLAP. As unidades de solo estão descritas no Apêndice e as classes de profundidade são:

- raso: apresentam profundidade até 50 cm;
- pouco profundo: apresentam profundidade maior a 50 até 100 cm;
- profundo: apresentam profundidade maior a 100 até 200 cm;
- muito profundo: apresentam profundidade maior a 200 cm.

Devido à grande variedade de tipos de solo encontrados em Piracicaba e, também, pela área de estudo ser urbana, com solo antrópico, optou-se por utilizar a profundidade do solo como parâmetro para análise e não a classificação com o tipo de solo, fazendo apenas seu relato.

Para identificação da localização geográfica de cada indivíduo, utilizou-se o programa Google Earth, disponível via internet. Com o auxílio do programa ArcMap 9.2, essa localização foi confrontada no Mapa de Abairramento do Município de Piracicaba e sobreposta no Mapa Temático de Profundidade e no Mapa de Solos do Perímetro Urbano de Piracicaba. A seguir, esses dados foram incorporados ao Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba. Todos os mapas foram fornecidos pelo IPPLAP.

Existe um conceito amplamente difundido, de que, na arborização, as espécies arbustivas, não causam danos ao calçamento; já, as espécies arbóreas, são conhecidas por danificar as calçadas.

Dessa forma, na concepção deste estudo, optou-se por utilizar, para análise das trincas na calçada e do afloramento de raízes, uma espécie arbórea, a sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) e, uma arbustiva, a falsa-murta (*Murraya paniculata* (L.) Jacq.). Estas duas espécies foram as mais plantadas na cidade de Piracicaba, nas décadas de 60/70 e 80/90, respectivamente.

Além do que, a sibipiruna, ainda é a espécie mais “caçada” na cidade de Piracicaba, pois, tem a imagem de ser uma árvore causadora de muitos danos ao calçamento e, inadequada para arborização viária.

Para a análise dos danos no calçamento das duas espécies selecionadas, foi realizada a coleta de campo, nos meses de março a maio de 2008, avaliando os seguintes itens:

- endereço:
 - rua, número e bairro
- espécie
 - suprimida
 - substituída por
- circunferência a altura do peito - CAP (cm)
- canteiro:
 - tamanho (largura e comprimento, em cm)
- colo pavimentado
- classificação da poda da parte aérea:
 - pesada boa: galho podado com diâmetro maior que 5 cm, com preservação de crista e colar e/ou lesão da poda compartimentalizada
 - pesada ruim: galho podado com diâmetro maior que 5 cm, sem preservação de crista e colar e/ou com lesão da poda não compartimentalizada
 - leve boa: galho podado com diâmetro menor que 5 cm, com preservação de crista e colar e/ou lesão da poda compartimentalizada
 - leve ruim: galho podado com diâmetro menor que 5 cm, sem preservação de crista e colar e/ou com lesão da poda não compartimentalizada
- estrutura urbana danificada por trinca ou deslocamento:
 - calçada
 - guia
 - leito carroçável
 - construção civil

- condições da calçada:
 - ° reformada: calçamento integral ou parcialmente novo
 - ° sem trincas: calçamento sem trincas ou com trincas, mas que, analisando visualmente o exemplar como um todo (CAP, afloramento de raiz no canteiro e altura), percebe-se que não foram ocasionadas por raiz
 - ° com trincas leves: calçamento com trincas pequenas de até 1 cm, sem levantamento do material do piso
 - ° com trincas médias: calçamento com trincas maiores que 1 cm e/ou com levantamento de material do piso de até 2 cm
 - ° com trincas pesadas: calçamento com trincas maiores que 1 cm e/ou com levantamento de material do piso maiores que 2 cm
 - ° muito danificada: calçamento com material do piso solto ou já retirado
- material do piso
 - ° cimento
 - ° pedra
 - ° calçada verde
 - ° outro
- Obs.: anotações não contempladas pelo questionário como, por exemplo, poda em topiária (poda decorativa em formatos geométricos)

Tabela 2 - Planilha de dados utilizada para coleta de campo

Rua		n.	Bairro
Espécie	() suprimida	substituída por	
CAP (cm)	Canteiro (cm x cm):		() colo pavimentado
poda da parte aérea		material do piso	
() pesada boa	() leve boa	() cimento	() calçada verde
() pesada ruim	() leve ruim	() pedra	outro:
calçada		estrutura urbana danificada	
() reformada	() sem trincas	() calçada	() leito carroçável
() trincas leves	() trincas pesadas	() guia	() construção
() trincas médias	() muito danificada	Obs.:	

Foram selecionados todos os indivíduos de falsa-murta e sibipiruna contidos no inventário e separados por espécie, classe de CAP, tipo de solo, rua e bairro. Para efeito de comparação, formaram-se pares com as mesmas características, sendo um

indivíduo com afloramento e outro sem. Com essa separação, obteve-se indivíduos sem o par correspondente, os quais seriam localizados durante a coleta em campo.

Em campo, verificou-se a impossibilidade de encontrar indivíduos sem afloramento para todas as sibipirunas e para a maioria das falsa-murtas. Sendo assim, optou-se por coletar os dados de todos os indivíduos de falsa-murta e sibipiruna do inventário, bem como todos os outros exemplares das espécies, encontrados no percurso da coleta de campo. Quando não havia mais o exemplar plantado, registrou-se como suprimido e, caso substituído, anotou-se também a espécie.

Para a coleta inicial, tinha-se, com afloramento, 298 indivíduos de sibipiruna e 61 indivíduos de falsa-murta, para os quais seriam buscados seus respectivos pares, perfazendo um total de 596 sibipirunas e 122 falsa-murtas. Na coleta de campo realizada, obteve-se 566 indivíduos de sibipiruna e 538 de falsa-murta para os 15 bairros analisados.

3.3 Análise dos Dados

Os dados foram analisados estatisticamente através do teste Qui-quadrado (X^2) que é um teste não-paramétrico, ou seja, não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância. Optou-se por este teste de hipóteses, já que avalia a associação existente entre variáveis qualitativas, proporcionando uma medida da discrepância entre as frequências observadas e esperadas dos dados analisados.

Conforme Conti (2008), pode-se dizer que dois grupos se comportam de forma semelhante, se as diferenças entre as frequências observadas e as esperadas, em cada categoria, forem muito pequenas, próximas a zero.

Percebe-se que as frequências observadas, são obtidas diretamente dos dados das amostras, enquanto que, as frequências esperadas, são calculadas a partir destas.

Trabalha-se com duas hipóteses:

- H_0 : as frequências observadas não são diferentes das frequências esperadas. Portanto, não há associação entre os grupos; as variáveis são independentes.
- H_1 : as frequências observadas são diferentes das frequências esperadas.

Portanto, há associação entre os grupos; as variáveis são dependentes.

É necessário obter duas estatísticas denominadas X^2 calculado e X^2 tabelado. A seguir, a fórmula do X^2 calculado (1):

$$x_{cal}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{[Fo_i - Fe_i]^2}{Fe_i} \quad (1)$$

em que:

Fo = frequência observada; e

Fe = frequência esperada.

As frequências observadas são obtidas diretamente dos dados das amostras, enquanto que, as frequências esperadas são calculadas a partir destas.

Assim, o X^2 calculado é obtido a partir dos dados experimentais, levando-se em consideração os valores observados e os esperados.

Já o X^2 tabelado, depende do número de graus de liberdade e do nível de significância adotado.

A tomada de decisão é feita comparando-se os dois valores de X^2 :

- Se $X_{cal}^2 > \text{ou} = X_{tab}^2$: rejeita-se H_0 . O teste é significativo.
- Se $X_{cal}^2 < X_{tab}^2$: aceita-se H_0 . O teste não é significativo.

O nível de significância (p), representa a máxima probabilidade de erro que se tem, ao rejeitar uma hipótese. Para este estudo utilizou-se $p = 0,001\%$.

O número de graus de liberdade (2), nesse caso é assim calculado:

$$gl = \text{número de classes} - 1 \quad (2)$$

No presente trabalho, os dados foram analisados no programa Microsoft Office Excell versão 2007.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba

No Inventário da Arborização Urbana do Município de Piracicaba, dentre as 10 espécies mais frequentes, encontrou-se três espécies arbustivas (falsa-murta, espiiradeira e resedá), representando 28,5% do total; no estudo da arborização viária da região central de Piracicaba, realizado por Lima (1993), essas mesmas espécies representavam 8,5% (tabela 3).

O exagero na utilização de arbustivas na arborização urbana de nossas cidades foi disseminado pelo conceito de que essas espécies causavam menos danos aos equipamentos urbanos, como calçadas e, principalmente, por não afetarem a linha de transmissão de energia elétrica. Mas essas espécies oferecem benefícios muito menores do que as arbóreas, além de necessitarem de uma manutenção constante devido ao crescimento de ramos na base do tronco, o que acaba por diminuir a acessibilidade nas calçadas.

Tabela 3 - Relação das 10 espécies mais frequentes encontradas no Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba em 15 bairros amostrados, realizado nos anos de 2003 a 2006, comparado com o estudo de Lima (1993) na região central de Piracicaba

Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba - 2003 a 2006			Lima - 1993
Nome comum	Espécie	Frequência (%)	
Falsa-murta	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.	13,2	3,1
Sibipiruna	<i>Caesalpinia pluviosa</i> Dc.	12,5	52,3
Espirradeira	<i>Nerium oleander</i> L.	8,0	0,3
Oiti	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch.	7,5	0,0
Resedá	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	7,3	5,1
Quaresmeira	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desc.) Cogn	3,5	1,7
Chapéu-de-sol	<i>Terminalia catappa</i> L.	3,4	4,6
Canelinha	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	3,1	0,6
Ipê-rosa-americano	<i>Tabebuia pentaphylla</i> Hemsl.	2,4	0,8
Ipê-amarelo-do-cerrado	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.) Stand.	2,3	0,7

De acordo com o estudo de Lima (1993), a espécie predominante foi a sibipiruna, com 52,3% do total de indivíduos, sendo a falsa-murta a quinta colocada,

com 3,1% na frequência das espécies. Para o inventário (2003-2006), a espécie mais frequente foi a falsa-murta, com 13,2%, seguida pela sibipiruna, com 12,5% (tabela 3).

Segundo Santamour Júnior (2002) para garantir a diversidade de espécies e a proteção contra pragas e doenças, recomenda-se utilizar uma frequência de espécies que não ultrapasse 10%.

Vale ressaltar que os dados de frequência do inventário e do estudo de Lima (1993) contêm áreas de levantamento de dados diferentes. O levantamento de Lima (1993) foi realizado em 12 bairros da área mais central e o Inventário da Arborização Urbana do Município de Piracicaba, em 15 centrais ou periféricos, sendo 7 bairros coincidentes. Mesmo com essas diferenças, as comparações são úteis para exemplificar as tendências de mudança.

4.2 Indivíduos por Bairro

A quantidade total de indivíduos coletados nos bairros analisados foi de 538 para falsa-murta e 566 para sibipiruna, conforme descrição na tabela 4, incluindo os exemplares suprimidos.

Tabela 4 - Quantidade de indivíduos de falsa-murta e sibipiruna coletados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Bairro	Falsa-murta (<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.)	Sibipiruna (<i>Caesalpinia pluviosa</i> Dc.)
Castelinho	38	22
Centro	17	41
Cidade Alta	18	38
Cidade Jardim	1	53
Independência	52	63
Monumento	71	54
Nova América	18	24
Nova Piracicaba	65	38
Paulicéia	19	39
Piracicamirim	30	32
São Dimas	75	52
São Judas	2	27
Sta Cecília	58	17
Vila Monteiro	12	29
Vila Rezende	62	37
Total	538	566

4.3 Árvores Suprimidas

Mesmo a falsa-murta sendo uma arbustiva ou considerada de pequeno porte, seu índice de supressão foi de 1,7% (tabela 5), igual ao da sibipiruna, uma árvore de grande porte. Isso talvez demonstre que a população está insatisfeita com qualquer árvore plantada em sua calçada, independente do seu tamanho. Nota-se que das supressões realizadas, 89,2% das falsa-murtas (83) e 92,6% das sibipirunas (87) não foram substituídas por outra espécie.

A Prefeitura Municipal de Piracicaba não dispõe de um procedimento no qual seja feita a retirada da árvore, destoca e plantio de outro exemplar, de forma integrada. O cidadão solicita a retirada da árvore através de uma central de atendimento telefônico (fone 156), que faz o cadastramento da solicitação e seu encaminhamento para que um técnico faça a avaliação da efetiva necessidade da supressão da árvore. Caso o técnico avalie que haja a necessidade real da retirada, é encaminhada a solicitação de corte para a equipe responsável, que a realizará por ordem cronológica de pedidos. A equipe de corte de árvore não faz a destoca, deixando a base do tronco nos locais. A destoca é um serviço que a Prefeitura não disponibiliza de forma continuada para o munícipe, existindo longos períodos sem esse serviço, que, na maioria dos casos, fica para ser realizado sob a responsabilidade do morador; este, por sua vez, quando retira o toco, dificilmente não veda o canteiro, igualando-o ao piso do calçamento. Para que haja o plantio de novo exemplar, o munícipe deve fazer uma outra solicitação à central de atendimento telefônico da prefeitura, que pode demorar mais de 90 dias, desde a solicitação até o efetivo plantio. Assim, o baixo índice de replantio deve estar relacionado a todo esse processo lento e dispendioso, aliado à falta de fiscalização posterior que deveria ocorrer para verificar o cumprimento à exigência de substituição do exemplar retirado.

Outro fator que pode influenciar a grande quantidade de locais sem replantio, é também a rejeição da população em relação ao plantio de árvores na própria calçada, que, segundo pesquisa realizada pela Prefeitura Municipal de Piracicaba, indica um índice de rejeição de 35%, ou seja, 1/3 dessa população não quer plantar árvore em sua calçada. Foi constatado, também, que das casas sem árvore na calçada, 25%

tiveram uma árvore que foi removida sem replantio posterior (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA, 2007a).

Tabela 5 - Quantidade de indivíduos de falsa-murta e sibipiruna suprimidos e espécie replantada no lugar, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	Falsa-murta (<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.)	Sibipiruna (<i>Caesalpinia pluviosa</i> Dc.)
sem replantio	83	87
Citros (<i>Citrus</i> sp)	-	1
Chuva-de-ouro (<i>Cassia fistula</i> L.)	1	-
coqueiro	1	-
Escovinha-de-garrafa (<i>Callistemon viminalis</i> (Sol. ex. Gaertn.) G. Don ex Loud.)	1	1
Espirradeira (<i>Nerium oleander</i> L.)	1	-
Falsa-murta (<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.)	-	1
Ipê amarelo (<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.) Stand.)	-	2
Oiti (<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch.)	1	1
Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i> L.)	1	1
Quaresmeira (<i>Tibouchina granulosa</i> (Desc.) Cogn)	1	-
Resedá (<i>Lagerstroemia indica</i> L.)	3	-
Total	93	94

Infelizmente, das espécies replantadas, somente duas delas, o ipê amarelo e o oiti, estariam melhor qualificadas em fornecer todos os benefícios que a arborização oferece à cidade. As demais, possuem características desfavoráveis à arborização viária: citros (frutífera); chuva-de-ouro (madeira mole); palmeira; quaresmeira (não se desenvolve bem na cidade de Piracicaba); escovinha-de-garrafa, espirradeira, falsa-murta, pitanga e resedá (arbustivas).

4.4 Classe de CAP

Pode-se observar na figura 4, que existe uma concentração bem evidente de indivíduos para as duas espécies. Na falsa-murta, a concentração se dá na faixa de CAP de 21 a 80 cm, com 369 indivíduos, representando 82,9%. Na sibipiruna, essa

concentração se dá na faixa de CAP de 101 a 160 cm, com 269 indivíduos, representando 57,0%. Essas diferenças de concentração podem ser explicadas pela falsa-murta ser uma espécie arbustiva e a sibipiruna, ser arbórea, e também, pelo período de plantio, que foram da década de 80/90 e 60/70, para falsa-murta e sibipiruna, respectivamente.

Para exemplificar as diferenças de CAP entre uma arbustiva e uma arbórea, na coleta de campo, através da informação dos moradores, encontramos uma sibipiruna com 161 cm de CAP, plantada em 1971 (37 anos), e uma falsa-murta com 97 cm de CAP, plantada em 1969 (39 anos), evidenciando que, para essas duas espécies, mesmo sob a mesma idade, o CAP apresenta uma grande variação em função da classe vegetal, respectivamente, árvore e arbusto.

Os arbustos são plantas com estrutura lenhosa ou semi-lenhosa, altura de 3 a 6 m, ramificados desde sua base. As árvores têm fuste único, lenhoso e são classificadas pelo porte: pequeno (altura de 4-6 m e copa com diâmetro menor que 4 m); médio (altura de 6-10 m e copa com diâmetro de 6-10 m); e grande (altura e diâmetro de copa maiores que 10 m) (MASCARÓ; MASCARÓ, 2005).

Pode-se dizer que na arborização existem alguns modismos, como afirma Souza (1982 apud MONICO, 2001) onde, nas décadas de 30 a 60, existia um direcionamento para utilização de árvores de grande porte como Chapéu-de-sol, Tipuana, Sibipiruna, Flamboyant, Jacarandá mimoso, Pau-ferro, entre outras. O uso da sibipiruna foi predominante em Maringá/PR, Botucatu/SP, Rio Claro/SP e Ilha Solteira/SP, estando entre as três mais frequentes também em Viçosa/MG e Vitória/ES (LIMA, 1993).

Com isso, essas árvores começaram a gerar uma demanda maior na manutenção das linhas de transmissão elétrica, e assim, como descrevem vários manuais de arborização confeccionados pelas concessionárias de energia elétrica, houve uma “arbustização” das cidades, impondo o conceito de que arbustos e árvores de pequeno porte são os ideais para plantio em calçada. Tal conceito virou norma nos departamentos de meio ambiente de várias cidades brasileiras, o que ficou demonstrado com a intensa utilização da falsa-murta, que passou de quinta colocada, com frequência de 3,1% (LIMA, 1993), para a primeira colocada, com frequência de 13,2%, nos bairros amostrados pelo Inventário de Arborização Urbana do Município de

Piracicaba. Em um programa de arborização da Prefeitura de Piracicaba denominado “Amiga Árvore”, a indicação de espécies arbustivas (espirradeira, grevêlea anã, flamboyant-mirim, cróton, chapéu-de-napoleão, acerola, entre outras), para plantio em calçada, era tão intensa, como citado por Aguirre Junior et al. (2007), que o plantio de falsa-murta, em 8 bairros periféricos, no período de agosto a setembro de 2002, correspondeu a 15% do total.

Além disso, houve uma “caça” indiscriminada à sibipiruna, a qual foi intensamente retirada e não mais indicada para plantio pela prefeitura de Piracicaba, como demonstrado na figura 2, pela inexistência de indivíduos com CAP menores que 40 cm. Sua frequência passou de 52,3% (LIMA, 1993) para 12,5%, no Inventário de Arborização Urbana do Município de Piracicaba (2003-2006).

Figura 4 - Classe de CAP (cm) e quantidade de indivíduos para falsa-murta e sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

A substituição das árvores de grande porte pelos arbustos não é justificável, pois, segundo Lesser (2001), o porte da árvore não é indicador do potencial de danos em equipamentos urbanos; em seu estudo, das 15 espécies com danos acima da média, apenas 2 eram de grande porte e, das 25 abaixo da média, 11 delas eram de grande porte. Surpreendentemente, algumas palmeiras e árvores de pequeno porte também estão associadas a danos em equipamentos urbanos.

A indicação de arbustos por parte das concessionárias de energia levou em consideração somente os interesses da empresa, com a diminuição de custos e redução de mão de obra técnica (especializada na realização de podas de condução nas árvores de grande porte). Elas desconsideraram todos os benefícios oferecidos pela árvores de grande porte à população.

Essa miniaturização da paisagem precisa ser melhor avaliada em relação ao seu custo benefício, pois segundo McPherson et al. (1999), as árvores de pequeno porte têm um custo de manutenção médio anual de US\$9,00 (para um período de 40 anos), e produzem um benefício valorado em US\$10,00 por ano. Por outro lado, uma árvore de grande porte tem uma manutenção média anual de US\$21,00 e oferece um benefício de US\$69,00 por ano (McPHERSON, 2000).

Ainda, segundo o autor, os conflitos entre o crescimento das árvores e o custo de manutenção dos equipamentos urbanos devem ser avaliados do ponto de vista econômico, ambiental, estético, psicológico, social e da saúde pública. Evitar os danos aos equipamentos pode diminuir os benefícios ofertados pela arborização e, aumentar a arborização, pode gerar elevados custos com a manutenção pública. Este é um regime do “perde-perde” onde a população precisa ser orientada, bem informada, para então, decidir quais benefícios quer e quanto está disposta a pagar.

4.5 Trincas na Calçada

A tabela 6 mostra que houve significância quando as duas espécies foram comparadas pelo teste χ^2 , ou seja, as espécies têm comportamentos diferentes em relação à presença ou não de trincas na calçada; dessa forma, já que as trincas dependem da espécie, as análises posteriores serão realizadas separadamente.

A quantidade encontrada de indivíduos sem trincas na calçada foi maior na falsa-murta (25,4%) do que na sibipiruna (0,4%). Já para as calçadas com trincas, têm-se 59,8% para a falsa-murta e 74,2% para a sibipiruna. Nas calçadas reformadas, considerando os indivíduos com e sem trincas, encontrou-se 13,0% de falsa-murta e 21,2% de sibipiruna, sendo que 5,8% de falsa-murta e 17,4% de sibipiruna já apresentavam trincas ao redor. Para as calçadas verdes, considerando os indivíduos com e sem trincas, encontrou-se 1,5% de falsa-murta e 1,7% de sibipiruna. As áreas de

calçada desprovidas de pavimento, em fase de reforma, foram 0,2% de falsa-murta e 2,5% de sibipiruna (tabela 6).

Tabela 6 - Quantidade de indivíduos das espécies analisadas e presença ou não de trincas nas calçadas, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	Falsa-murta (<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.)		Sibipiruna (<i>Caesalpinia pluviosa</i> Dc.)	
	quantidade	percentual	quantidade	percentual
sem trincas	113	25,4%	2	0,4%
sem trincas e calçada reformada	32	7,2%	18	3,8%
sem trincas e calçada verde	6	1,3%	1	0,2%
com trincas	266	59,8%	350	74,2%
com trincas e calçada reformada	26	5,8%	82	17,4%
com trincas e calçada verde	1	0,2%	7	1,5%
sem pavimento	1	0,2%	12	2,5%
Total	445	100%	472	100%

$$X^2_{calc} = 159,602; X^2_{tab} = 10,827; gl = 1; p = 0,001$$

Na tabela 7, para a falsa-murta, 55,2% dos indivíduos em calçada reformada estavam sem trincas, 31,0% com trincas leves e 13,8% com trincas médias; já para a sibipiruna, obteve-se 18,0% sem trincas, 31,0% com trincas leves, 27,0% com trincas médias, 18,0% com trincas pesadas e 6,0% com calçada muito danificada. Percebe-se que, mesmo nas calçadas reformadas surgiram trincas e, como não foi possível avaliar seu estado antes da reforma, optou-se por excluí-los das análises posteriores. Para as calçadas verdes, encontrou-se 85,7% de indivíduos de falsa-murta sem trincas e 14,3% com trincas pesadas; para a sibipiruna, 12,5% estavam sem trincas, 25,0% com trincas leves e 62,5% com trincas pesadas. Nas calçadas verdes com trincas, percebeu-se que o pavimento de concreto estava muito próximo do tronco. Esse tipo de calçada, tem área pavimentada muito menor quando comparada a uma calçada comum; assim, optou-se, também, por excluí-los das análises posteriores.

Tabela 7 - Quantidade de indivíduos das espécies analisadas e presença ou não de trincas nas calçadas reformadas e verde, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	Falsa-murta (<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq.)		Sibipiruna (<i>Caesalpinia pluviosa</i> Dc.)	
	quantidade	percentual	quantidade	percentual
calçada reformada - sem trincas	32	55,2%	18	18,0%
calçada reformada - com trincas leves	18	31,0%	31	31,0%
calçada reformada - com trincas medias	8	13,8%	27	27,0%
calçada reformada - com trincas pesadas	-	0,0%	18	18,0%
calçada reformada - muito danificada	-	0,0%	6	6,0%
Total calçada reformada	58	100,0%	100	100,0%
calçada verde - sem trincas	6	85,7%	1	12,5%
calçada verde - com trincas leves	-	0,0%	2	25,0%
calçada verde - com trincas -pesadas	1	14,3%	5	62,5%
Total calçada verde	7	100,0%	8	100,0%

Na reforma da calçada, é raro quando não se podam as raízes de sustentação das árvores, ou seja, aquelas com os maiores diâmetros (figura 5). Com a ação do vento e, sem as raízes de sustentação, ocorre um balanço no torrão da árvore, levando a uma vibração no pavimento da calçada, ocasionando as trincas. Além do que, essas vibrações ocorrem continuamente, podendo gerar fissuras e, conseqüente, trincas, antes da cura total do concreto da calçada.

Figura 5 - Reforma de calçada com poda de raiz em uma sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.)

4.6 CAP X Trincas na Calçada

O teste X^2 indicou que houve significância, as trincas na calçada dependem do CAP, ou seja, quanto maior o CAP, maior o dano no calçamento, tanto para a falsa-murta como para a sibipiruna (tabela 8 e 9).

4.6.1 Falsa-murta

Na tabela 8, os indivíduos de falsa-murta com trincas na calçada somaram 266 (70,2%) e sem trincas 113 (29,8%). A distribuição dos tipos de trincas na calçada se concentra em trincas leves com 39,1%, trincas médias com 25,6%, trincas pesadas com 4,5% e calçada muito danificada com 1,1%. Na faixa de CAP de 21 a 80 cm estão concentrados a maioria dos indivíduos de falsa-murta (82,8%). Dentro de cada tipo de trinca percebe-se um pico no número de indivíduos onde, conforme aumenta o grau das trincas, esse pico se desloca para a classe de CAP maior: CAP de 21-40 cm, pico com 44 indivíduos sem trincas; CAP 41-60 cm, pico com 52 indivíduos com trincas leves; CAP de 61-80 cm pico com 35 indivíduos com trincas médias; dessa forma, conforme seu crescimento em CAP, maiores serão seus danos.

Tabela 8 - Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de falsa-murta, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Classe de CAP (cm)	sem trincas	com trincas leves	com trincas médias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
0-20	5	4	-	-	-	9	2,4%
21-40	44	41	13	1	-	99	26,1%
41-60	40	52	28	5	-	125	33,0%
61-80	15	32	35	6	2	90	23,7%
81-100	8	16	15	4	1	44	11,6%
101-120	1	1	4	1	-	7	1,8%
121-140	-	1	1	-	-	2	0,5%
141-160	-	-	-	-	1	1	0,3%
161-180	-	1	-	-	-	1	0,3%
181-200	-	-	1	-	-	1	0,3%
Total	113	148	97	17	4	379	-
	29,8%	39,1%	25,6%	4,5%	1,1%	-	100,0%

$$\chi^2_{calc} = 149,389; \chi^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

Os picos em relação ao grau de trincas podem ser melhor observados na figura

6.

Figura 6 - Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de falsa-murta, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

As indicações de que, arbustivas na arborização não causam danos ao calçamento, estão equivocadas, pois como demonstrado acima, o dano está relacionada ao CAP e, conforme esses exemplares forem crescendo, maiores serão os danos causados. Hoje, os danos estão concentrados em sem trincas, trincas leves e médias, sendo que, daqui a alguns anos, esses mesmos danos, se deslocarão para danos maiores.

4.6.2 Sibipiruna

Os danos causados pela sibipiruna concentram-se em calçada muito danificada (48,0%) e trincas pesadas (34,9%) que, somados, representam 82,9% do total (292 indivíduos). Pode-se notar, a inexistência de indivíduos com CAP abaixo de 40 cm e, também, a sua pequena concentração para faixa de CAP menores, devido à falta de plantio recente dessa espécie (tabela 9). A classe de CAP com maior quantidade de indivíduos é a de 121-140 cm, com 20,2% e, 55,4% de indivíduos estão com CAP entre 101 e 160 cm. Pode-se notar que, basicamente, o calçamento ao redor de todos os indivíduos estava com trincas, sendo que somente para 2 indivíduos elas eram

ausentes (0,6%). Contrariamente à falsa-murta, a concentração de indivíduos dá-se em faixa de CAP mais elevada, e isso também se reflete no grau de danos à calçada: CAP de 61-80 cm, pico com 6 indivíduos com trincas leves; CAP 101-120 cm, pico com 11 indivíduos com trincas médias; CAP de 121-140 cm, pico com 31 indivíduos com trincas pesadas, CAP de 141-160 cm, pico com 37 indivíduos com calçada muito danificada. Percebe-se que, com o envelhecimento dos indivíduos e seu aumento de CAP, o nível dos danos é mais elevado.

Tabela 9 - Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Classe de CAP (cm)	sem trincas	com trincas leves	com trincas medias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
0-20	-	-	-	-	-	-	-
21-40	-	-	-	-	-	-	-
41-60	1	1	3	1	-	6	1,7%
61-80	-	6	2	6	3	17	4,8%
81-100	1	-	9	15	7	32	9,1%
101-120	-	2	11	23	27	63	17,9%
121-140	-	1	9	31	30	71	20,2%
141-160	-	-	6	18	37	61	17,3%
161-180	-	-	5	14	33	52	14,8%
181-200	-	-	2	13	15	30	8,5%
201-220	-	-	1	2	9	12	3,4%
241-260	-	-	-	-	5	5	1,4%
261-280	-	-	-	-	2	2	0,6%
281-300	-	-	-	-	1	1	0,3%
Total	2	10	48	123	169	352	-
	0,6%	2,8%	13,6%	34,9%	48,0%	-	100,0%

$$X^2_{calc} = 153,142; X^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

Os picos em relação ao grau de trincas podem ser melhor observados na figura

7.

Figura 7 - Classe de CAP (cm) e tipos de trincas na calçada encontradas nos indivíduos de sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Nota-se que os maiores CAP são os responsáveis pelos maiores danos na calçada, mas, não se pode concluir que é somente o CAP o vilão responsável pelos danos atuais. O problema provavelmente está na base: a construção civil das calçadas, ruas e alicerces de imóveis; a forma de plantio com covas diminutas e a má qualidade da muda, podem estimular a problemática dos danos.

Em um estudo de McPherson et al. (1998-1999), nos locais sem afloramento de raízes, não foram encontradas restrições ao desenvolvimento das mesmas, sendo que, as árvores menores apresentaram danos na calçada, sugerindo a existência de outros fatores que não o tamanho da árvore, e sim características do solo que contribuíram para os danos no calçamento. Solos com estrutura pobre ou com camadas restritivas próximas da superfície, aumentam grandemente o potencial de danos, nas calçadas, pelas raízes.

4.7 Profundidade do Solo X Trincas na Calçada

O teste χ^2 indicou que não houve significância, as trincas na calçada independem da profundidade do solo, ou seja, o comportamento, em relação às trincas, foi semelhante em todas as profundidades, significando que, a profundidade do solo não teve influência em causar ou não trincas, tanto para a falsa-murta como para a sibipiruna (tabelas 10 e 11).

4.7.1 Falsa-murta

Na tabela 10, a maioria dos indivíduos (62,3%) está em solo profundo (entre 100 e 200 cm), 31,4% está em solo raso (menor que 50 cm) e o restante 6,3% está em solo muito profundo (maior que 200 cm).

Tabela 10 - Quantidade de indivíduos de falsa-murta em relação às trincas na calçada e profundidade do solo, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Profundidade (cm)	sem trincas	com trincas leves	com trincas medias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
raso: <50	29	45	37	7	1	119	31,4%
profundo: 50 a 100	79	91	53	10	3	236	62,3%
muito profundo: >200	5	12	7	-	-	24	6,3%
Total	113	148	97	17	4	379	-
	29,8%	39,1%	25,6%	4,5%	1,1%	-	100,0%

$$X^2_{calc} = 8,159; X^2_{tab} = 13,815; gl = 2; p = 0,001$$

4.7.2 Sibipiruna

A distribuição dos indivíduos pela profundidade do solo (tabela 11) é de 54,0% em solo profundo (entre 100 e 200 cm), 43,8% em solo raso (menor que 50 cm) e 2,3% em solo muito profundo (maior que 200 cm).

Tabela 11 - Quantidade de indivíduos de sibipiruna em relação às trincas na calçada e profundidade do solo, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Profundidade (cm)	sem trincas	com trincas leves	com trincas medias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
raso: <50	-	5	19	72	58	154	43,8%
profundo: 50 a 100	2	5	28	93	62	190	54,0%
muito profundo: >200	-	-	1	4	3	8	2,3%
Total	2	10	48	169	123	352	-
	0,6%	2,8%	13,6%	48,0%	34,9%	-	100,0%

$$X^2_{calc} = 3,141; X^2_{tab} = 13,815; gl = 2; p = 0,001$$

A presença ou não de trincas não foi influenciada pela profundidade do solo, contradizendo a idéia de que em solos profundos, não ocorreria afloramento de raízes e, conseqüentemente, trincas.

Essa independência da profundidade do solo na incidência de trincas, pode ser explicada pela compactação do solo abaixo das calçadas, e também, por 80% das raízes se concentrarem nos primeiros 50 cm do solo.

4.8 Área Livre do Canteiro X Trincas na Calçada

O teste χ^2 indicou que houve significância, as trincas na calçada dependem da área livre do canteiro, ou seja, quanto maior área livre do canteiro, menor o dano no calçamento, tanto para a falsa-murta como para a sibipiruna (tabelas 12 e 13).

4.8.1 Falsa-murta

O tamanho do tronco influencia, diretamente, a área livre do canteiro; dessa forma, calculou-se a área livre do canteiro, descontando-se a área do tronco da área total do canteiro.

Para a falsa-murta, tem-se um decréscimo na quantidade de indivíduos conforme aumenta a área livre do canteiro, indicando o pequeno tamanho deixado para os canteiros das árvores (tabela 12). Verificou-se que 44,6% dos indivíduos tinham canteiro de até 0,20 m², o que significa área menor que 45 x 45 cm e, 39,3% vivem em um canteiro entre 0,21 e 0,40 m², sendo menor que 63 x 63 cm. Na faixa de 0,01-0,20 m² de área livre de canteiro, que apresenta a maior quantidade de indivíduos, tem-se 27,8% de indivíduos sem trincas, 38,5% com trincas leves, 28,4% com trincas médias, 4,7% com trincas pesadas e 0,6% com calçada muito danificada. Encontrou-se 0,8% de indivíduos com canteiro indefinido (onde não foi possível identificar seu contorno) e 1,3% com colo pavimentado.

No Manual de Normas Técnicas de Arborização Urbana da Prefeitura Municipal de Piracicaba (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA, 2007b), não há a indicação da área permeável para árvores com copas menores que 8 m de raio e, como fator de comparação, utilizou-se a indicação padrão de tamanho de cova (70 x 50 cm - 0,35 m²). Dentre os indivíduos coletados, excetuando-se colo pavimentado e canteiro indefinido, encontrou-se 82,2% plantados em área menor que 0,35 m², sendo 0,29 m² (54 x 54 cm) a média do tamanho de canteiro para a falsa-murta, ou seja, a área do

canteiro não respeitou nem o tamanho mínimo da cova recomendado, apesar de não poder se afirmar o tamanho da cova.

Tabela 12 - Área livre do canteiro (m^2) de falsa-murta e tipos de trincas encontradas na calçada dos indivíduos, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Área livre do canteiro (m^2)	sem trincas	com trincas leves	com trincas médias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
canteiro indefinido	-	-	-	1	2	3	0,8%
colo pavimentado	2	2	-	-	1	5	1,3%
0,01-0,20	47	65	48	8	1	169	44,6%
0,21-0,40	39	67	38	5	-	149	39,3%
0,41-0,60	12	10	8	2	-	32	8,4%
0,61-0,80	8	4	1	1	-	14	3,7%
0,81-1,00	-	-	2	-	-	2	0,5%
1,01-1,20	2	-	-	-	-	2	0,5%
1,21-1,40	-	-	-	-	-	-	-
1,41-1,60	-	-	-	-	-	-	-
1,61-1,80	3	-	-	-	-	3	0,8%
Total	113	148	97	17	4	379	-
	29,8%	39,1%	25,6%	4,5%	1,1%	-	100,0%

$$\chi^2_{calc} = 179,98; \chi^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

4.8.2 Sibipiruna

Para a sibipiruna, 44,6% dos indivíduos estavam plantados em locais classificados como canteiros indefinidos, termo utilizado onde não era possível medir seus contornos, como em calçadas muito danificadas (38,9%). Uma prática condenável para a saúde da árvore é a pavimentação do colo, sendo essa prática usual, com 7,4% dos canteiros totalmente pavimentados. Nos indivíduos com canteiro definido, tem-se a maior concentração de indivíduos na faixa de 0,21-0,40 m^2 , com a seguinte distribuição: 13,9% de indivíduos com trincas leves, 22,2% de indivíduos com trincas médias, 52,8% de indivíduos com trincas pesadas e 11,1% de indivíduos com calçada muito danificada (tabela 13).

A média do tamanho do canteiro é 0,92 m^2 , basicamente 30% do que é definido como área permeável para uma árvore de grande porte (3,00 m^2), segundo o Manual de Normas Técnicas de Arborização Urbana da Prefeitura Municipal de Piracicaba (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA, 2007b). Dentre os indivíduos com canteiro definido, tem-se 117 (70,1%) abaixo de 1,00 m^2 de área de canteiro, de 1,01 a

2,00 m² tem-se 39 (23,4%), de 2,01 a 3,00 m² tem-se 6 (3,6%) e apenas 5 indivíduos (3,0%) tem área permeável maior que o recomendado (3,00 m²).

Tabela 13 - Área livre do canteiro (m²) de sibipiruna e tipos de trincas encontradas na calçada dos indivíduos, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Área livre do canteiro (m ²)	sem trincas	com trincas leves	com trincas médias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
canteiro indefinido	-	-	-	20	137	157	44,6%
colo pavimentado	-	1	2	8	15	26	7,4%
0,01-0,20	-	-	8	5	3	16	4,5%
0,21-0,40	-	5	8	19	4	36	10,2%
0,41-0,60	-	2	8	20	3	33	9,4%
0,61-0,80	-	-	7	13	2	22	6,3%
0,81-1,00	2	1	8	11	1	23	6,5%
1,01-1,20	-	1	2	5	1	9	2,6%
1,21-1,40	-	-	1	7	2	10	2,8%
1,41-1,60	-	-	1	5	-	6	1,7%
1,61-1,80	-	-	1	4	-	5	1,4%
>2,01	-	-	2	6	1	9	2,6%
Total	2	10	48	123	169	352	-
	0,6%	2,8%	13,6%	34,9%	48,0%	-	100%

$$X^2_{calc} = 263,70; X^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

Estudos já foram feitos sobre a correlação inversa entre o tamanho da área livre de pavimentação deixada na base das árvores e danos às calçadas (MILANO, 1996). A limitação de espaço parece ser a principal causa de danos às calçadas e guias, apesar de que plantas com crescimento rápido também são conhecidas por causar tais problemas (KOPINGA, 1994).

O problema de danos no calçamento sempre recai sobre a espécie utilizada, como no caso da sibipiruna, mas em pouquíssimos canteiros cumpre-se a recomendação técnica em relação à área livre. A norma é deixar o mínimo possível de área permeável, e, ainda se indignar, quando um ser vivo com copa de 25 m de diâmetro, começa a causar danos em um canteiro ínfimo menor que 1,00 m².

Além disso, para as árvores de grande porte é imprescindível considerar a área do tronco (CAP), quando adulta, para definição do tamanho do canteiro, criando, assim, uma área livre ideal.

4.9 Poda X Trincas na Calçada

O teste χ^2 indicou que houve significância, as trincas na calçada dependem da poda, ou seja, quanto maior o dano de poda, maior o dano no calçamento, tanto para a falsa-murta como para a sibipiruna (tabela 14 e 15).

4.9.1 Falsa-murta

Na falsa-murta (tabela 14) pode-se notar que 92,3% dos indivíduos (350) sofreram poda considerada ruim: 17,9% “leve ruim”, 70,7% “leve ruim e pesada ruim”, 0,3% “pesada boa e pesada ruim” e 3,4% “pesada ruim”. Os indivíduos “sem poda” foram somente 2,4%, e com poda “leve boa” apenas 1,1%. Para essa espécie encontrou-se ainda exemplares com topiária (4,2%). Nota-se que a maioria dos indivíduos se concentrou em poda “leve ruim e pesada ruim” (70,7%), estando nessa faixa 50,7% dos indivíduos com danos na calçada.

Tabela 14 - Classificação de podas efetuadas e trincas encontradas na calçada dos indivíduos de falsa-murta, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	sem trincas	com trincas leves	com trincas médias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
leve boa	1	1	2	-	-	4	1,1%
leve ruim	17	34	14	3	-	68	17,9%
leve ruim e pesada ruim	76	103	72	13	4	268	70,7%
pesada boa e pesada ruim	-	-	1	-	-	1	0,3%
pesada ruim	3	5	5	-	-	13	3,4%
sem poda	5	2	1	1	-	9	2,4%
Topiária	11	3	2	-	-	16	4,2%
Total	113	148	97	17	4	379	-
	29,8%	39,1%	25,6%	4,5%	1,1%	-	100,0%

$$\chi^2_{calc} = 27,154; \chi^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

Esses índices evidenciam um manejo inadequado da arborização urbana, tanto por parte da prefeitura quanto pela população, já que percebe-se que a poda efetuada nas falsas-murtas são executadas pelos próprios moradores, deixando tocos e lascas, que impedem a compartimentalização das lesões. Embora exista uma lei municipal que proíbe o munícipe de efetuar podas na árvore, estas ocorrem com frequência e de maneira inadequada, em função da grande demanda de solicitações, não atendidas, ao

órgão público municipal. A justificativa para tais podas, por parte dos moradores, é o não atendimento das solicitações e a afirmação de que não adianta perder tempo com isso.

No ambiente urbano, a relação árvore e poda está tão arraigada na mente das pessoas que estas acreditam estar realizando uma prática positiva para a planta. No entanto, a poda de árvores é uma agressão, pois elas possuem uma forma estrutural bem definida e poucos mecanismos de defesa. Na execução de podas, principalmente poda de manutenção, deve ser dada especial atenção à morfologia da base do galho pois, na inserção do galho no tronco principal, distinguem-se duas estruturas: a crista, na parte superior, e o colar, na parte inferior, que são de vital importância para garantir a cicatrização do lenho - compartimentalização (SEITZ, 1990).

Neste estudo, pôde-se verificar a relação entre danos na calçada e poda, com índice de danos maiores onde as podas foram mal executadas; com essa dependência verificada, faz-se necessário um manejo mais criterioso em relação às podas para, consequente, diminuição dos danos no calçamento.

A poda é uma prática muito comum nas árvores urbanas, mas, infelizmente, não está sendo realizada com os cuidados necessários para a manutenção da sanidade e equilíbrio, exigidos para a sobrevivência digna de um ser vivo que oferece tantos benefícios, graciosamente.

4.9.2 Sibipiruna

As sibipirunas por serem maiores, alcançando a rede de transmissão de energia, e, mais velhas, estiveram sujeitas às podas mal executadas, o que se nota com o elevado índice de podas “pesada ruim” (84,7%); acrescentando-se as outras classificações consideradas ruins (“leve ruim”, “leve ruim e pesada ruim” e “pesada boa e pesada ruim”), têm-se 94,6% (333). Mais uma vez, verificou-se que o manejo da arborização foi inadequado, demonstrado pelo alto índice de podas pesadas (346 - 98,3%), ou seja, efetuadas em galhos com diâmetro maior que 5 cm. Caso houvesse um manejo adequado, estas podas teriam sido efetuadas anteriormente, no momento oportuno, sem causar danos maiores ao exemplar arbóreo, agora adulto (tabela 15).

Tabela 15 - Classificação de podas efetuadas e trincas encontradas na calçada dos indivíduos de sibipiruna, nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	sem trincas	com trincas leves	com trincas médias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
leve ruim	-	-	-	-	1	1	0,3%
leve ruim e pesada ruim	-	2	4	6	-	12	3,4%
pesada boa	-	-	5	4	5	14	4,0%
pesada boa e pesada ruim	-	3	-	4	15	22	6,3%
pesada ruim	2	5	39	108	144	298	84,7%
sem poda	-	-	-	1	4	5	1,4%
Total	2	10	48	123	169	352	-
	0,6%	2,8%	13,6%	34,9%	48,0%	-	100,0%

$$\chi^2_{calc} = 44,975; \chi^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

Os conflitos entre árvores e redes elétricas aéreas são vistos de maneira crítica, pois há coincidência da altura das árvores de porte médio e grande com as redes elétricas aéreas, gerando o mito de não plantá-las sob fiação. Segundo alguns autores (MILANO; DALCIN, 2000; VELASCO, 2003), árvores de grande porte podem ser utilizadas sob redes, com restritos problemas e baixas demandas de podas, sendo até viável, economicamente, a troca da rede para fiação compacta. Existe uma necessidade de um melhor cuidado com as podas realizadas, que descaracterizam e desestabilizam a copa da árvore, principalmente por parte das concessionárias de energia, que efetivamente não respeitam a árvore como um ser vivo.

As lesões causadas por poda devem ser reduzidas ao máximo, pois funcionarão como entradas potenciais para microrganismos apodrecedores, insetos ou doenças, além de exigirem um tratamento extensivo e oneroso, muitas vezes infrutífero, em árvores isoladas, espalhadas pela cidade (MILANO; DALCIN, 2000). Ainda, a poda ocasiona um desequilíbrio na planta (folha-raiz), provocando uma reação de compensação na árvore proporcionalmente à sua intensidade. Também, desencadeia a quebra da dormência das gemas epicórmicas (brotos ladrões), levando a uma rápida brotação, além de descaracterizar o modelo arquitetônico original da espécie. De grande importância, acaba redundando, além do comprometimento fitotécnico, em gastos onerosos.

Na sibipiruna, as podas mal executadas são mais evidentes, sendo realizadas sem critérios técnicos adequados, desestabilizando a árvore. As podas “pesadas” (diâmetro superior a 5 cm), geram uma perda significativa de parte aérea e, a consequente, morte de raízes. Para voltar ao seu equilíbrio, novos ramos e raízes serão gerados, mas, até que seja restabelecido o equilíbrio dinâmico, haverá uma sobrecarga de esforço nas raízes remanescentes, gerando um engrossamento das mesmas, podendo assim, explicar os maiores danos no calçamento.

4.10 Material do Piso X Trincas na Calçada

O teste X^2 indicou que houve significância, as trincas na calçada dependem do material do piso, tanto para a falsa-murta como para a sibipiruna (tabela 16 e 17).

4.10.1 Falsa-murta

A calçada mais comum é a de cimento (75,1%), seguida pelas calçadas de pedra (19,2%) e as calçadas de tijolo (3,9%). Exceto as calçadas verdes, com 1,8%, as demais calçadas têm pouca permeabilidade, e seu método de construção exige a compactação do solo base (tabela 16). As maiores incidências de trincas nas calçadas foram: tijolo com 12 indivíduos (80,0%), cimento com 210 indivíduos (72,4%), pedra com 44 indivíduos (59,4%) e calçada verde com 1 indivíduo (14,3%). As calçadas de tijolo são de construção mais antiga e, provavelmente, apresentam maiores índices, também devido ao tempo de uso. A calçada de cimento foi o material que apresentou maiores danos quando comparado aos demais pisos: 40,0% leves, 26,2% médias, 4,8% pesadas e 1,4% de calçadas muito danificadas. A calçada verde apresentou menor índice de trincas: 85,7% estavam sem trincas no pavimento e, sem dúvidas, parece ser a melhor opção, tanto para pavimento, como para a árvore, já que tem uma maior área permeável, disponibilidade de água e oxigênio no solo.

Não foi identificada a utilização de grelhas ao redor do tronco ou outros materiais que permitissem uma maior área basal permeável (piso grama, tijolo, pedriscos, entre outros).

Danos no calçamento não estão totalmente relacionados às raízes das árvores, existem estudos que indicam que, ocorrem levantamentos e trincas nos pisos, mesmo

onde não há árvores plantadas (SYDNOR et al., 2000), e isso pode ser relacionado à engenharia e falhas no desenho da calçada (CUTLER, 1995; BRENNAN; PATCH; STEVENS, 1997; CODER, 1998).

Tabela 16 - Material do piso da calçada encontrado nos indivíduos de falsa-murta nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	sem trincas	com trincas leves	com trincas médias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
cimento	80	116	76	14	4	290	75,1%
pedra	30	23	18	3	-	74	19,2%
tijolo	3	9	3	-	-	15	3,9%
calçada verde	6	-	-	1	-	7	1,8%
Total	119	148	97	18	4	386	-
	30,8%	38,3%	25,1%	4,7%	1,0%	-	100,0%

$$X^2_{calc} = 21,967; X^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

Todos os materiais têm uma durabilidade natural e finita, principalmente aqueles influenciados pelas intempéries, com desgaste, erosão, acomodação do solo, carga, contração e dilatação, e isso certamente pode causar danos nas calçadas, que podem ser agravados com uma técnica de construção incorreta.

4.10.2 Sibipiruna

Para as sibipirunas, têm-se 63,1% dos indivíduos plantados em calçadas de cimento, seguido por calçada de pedra com 23,1%, calçada de tijolo com 11,4% e calçada com piso cerâmico com 0,3%. Em calçadas verdes, têm-se 2,2% dos indivíduos. Para a sibipiruna também não foi identificada a utilização de grelhas ou materiais que permitissem uma maior área permeável (tabela 17).

Pela sibipiruna ter um plantio mais antigo e maior CAP, percebe-se um crescente nas trincas nos diversos materiais de piso: cimento (0,9% sem trincas, 4,4% com trincas leves, 11,9% com trincas médias, 35,7% com trincas pesadas e 47,1% com calçada muito danificada), pedra (22,9% com trincas médias, 32,6% com trincas pesadas e 44,6% com calçada muito danificada), tijolo (2,4% com trincas médias, 36,6% com trincas pesadas e 61,0% com calçada muito danificada) e calçada verde (12,5% sem trincas, 25,0% com trincas leves e 62,5% com trincas pesadas).

Tabela 17 - Material do piso da calçada encontrado nos indivíduos de falsa-murta nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Descrição	sem trincas	com trincas leves	com trincas medias	com trincas pesadas	calçada muito danificada	Total	
cimento	2	10	27	81	107	227	63,1%
pedra			19	27	37	83	23,1%
tijolo			1	15	25	41	11,4%
piso cerâmico			1			1	0,3%
calçada verde	1	2		5		8	2,2%
Total	3	12	48	128	169	360	-
	0,8%	3,3%	13,3%	35,6%	46,9%	-	100,0%

$$X^2_{calc} = 54,981; X^2_{tab} = 18,467; gl = 4; p = 0,001$$

O tempo é um dos fatores que não está sendo considerado em relação aos danos em calçada, pois segundo alguns autores, não é razoável culpar as árvores por danos em calçadas com mais de 30 anos de idade (McPHERSON; PEPER, 1995, 1997). As árvores podem, realmente, deslocar as calçadas, entretanto, na pesquisa de Sydnor et al. (2000) as trincas em calçadas foram similares com ou sem árvores, e as árvores não apresentaram danos nos primeiros 15 a 20 anos. As falhas que acontecem em menos de 20 anos podem estimular o crescimento das raízes abaixo das trincas.

A sibipiruna teve sua fase de maior plantio nas décadas de 60/70, e em muitos casos, a calçada tem a mesma idade. O morador acredita que as calçadas devam durar “eternamente”, sem necessidade de manutenção ou reparos, sendo lógico, para ele, que o problema da calçada foi gerado pela idade da árvore, e não, pela idade da calçada.

A culpa das trincas nas calçadas normalmente recai sobre as árvores. Mas não será que os arquitetos, engenheiros e paisagistas também não são responsáveis por esses danos, ao não incorporarem, em seus projetos, um desenvolvimento inteligente que permita uma convivência com o mínimo de conflito entre as árvores e os equipamentos urbanos? (CODER, 1998).

Vários estudos indicam que a pavimentação da superfície, que é impermeável, aumenta a umidade do solo abaixo, e, os materiais utilizados, como a areia e o pedrisco, entre o solo compactado e a base de concreto da calçada, proporcionam maior oxigenação, além do que, o solo compactado favorece o engrossamento de raízes. As árvores urbanas estão inseridas em um meio adverso e buscam se adaptar

para conseguir a sua subsistência e sustentação, encontrando água e oxigenação logo abaixo das estruturas das calçadas, que, aliados ao solo compactado favorecem o desenvolvimento e engrossamento das raízes, ou seja, a estrutura que se está oferecendo às árvores urbanas ocasionará com o tempo um dano no pavimento.

4.11 Estrutura Urbana Danificada

O teste χ^2 indicou que houve significância, os danos nas estruturas urbanas dependem da espécie, ou seja, elas têm comportamentos diferentes em relação ao local de dano (calçada, guia, leito carroçável e construção civil). Pode-se notar, na figura 8, que o conceito de que as arbustivas não causam danos ao calçamento não é verdadeiro, já que a falsa-murta causou vários danos: na calçada - 65,8%, nas guias - 3,6% e no leito carroçável - 0,5%. Na sibipiruna, somente um indivíduo não causou qualquer dano. Os danos estão distribuídos em: calçada (93,0%), guia (56,8%) e leito carroçável (13,6%). Não encontrou-se danos em construção civil para as duas espécies.

$$\chi^2_{calc} = 140,86; \chi^2_{tab} = 10,827; gl = 1; p = 0,001$$

Figura 8 - Quantidade de indivíduos de falsa-murta e sibipiruna em relação à estrutura urbana danificada, encontrados nos 15 bairros amostrados na cidade de Piracicaba/SP

Percebe-se que os danos estão concentrados na calçada, tanto para a sibipiruna, quanto para a falsa-murta, fato que, pode ser explicado pelas barreiras estruturais existentes: de um lado, o alicerce dos imóveis; de outro, a guia e o leito carroçável. Mesmo com a compactação do subsolo da calçada, a resistência oferecida às raízes, é menor do que das outras estruturas urbanas e as raízes se desenvolverão onde tiver menor resistência.

Para refletir:

A árvore urbana está ilhada num mar de construções civis, com alicerces de imóveis de um lado, compactação e barreiras oferecidas pelo leito carroçável e estrutura de guias e sarjetas de outro, além de toda a compactação e impermeabilização superficial do local onde está plantada: a calçada. Isso, sem contar a poluição, o vandalismo e o manejo equivocado. Tudo para ser um ambiente inóspito! Mas a árvore, busca a melhor forma para sobreviver e, além de sobreviver, ainda oferece graciosamente sombra, oxigênio, flores, vida...

5 CONCLUSÕES

- ✓ Os arbustos também são causadores de danos nas calçadas.
- ✓ A profundidade do solo não influenciou na presença e no comportamento das trincas no calçamento.
- ✓ Podas mal executadas aumentaram o grau de dano no calçamento.
- ✓ Os níveis de danos em calçada aumentaram conforme o aumento do CAP dos indivíduos de falsa-murta e sibipiruna.
- ✓ A área livre do canteiro, disponível às plantas, está diretamente relacionada com as trincas: canteiros pequenos têm mais trincas que os maiores.
- ✓ As trincas também foram constatadas em calçadas reformadas.
- ✓ Os danos em calçadas não se devem somente às árvores, pois na ausência das mesmas, foram evidenciados.
- ✓ A árvore é e precisa ser considerada um equipamento urbano essencial, que necessita de serviços de engenharia que promovam seu pleno desenvolvimento.
- ✓ Árvores de grande porte devem voltar a serem plantadas em Piracicaba e, entre elas, a sibipiruna continua sendo uma boa opção para a cidade.
- ✓ O calçamento com cimento apresentou maior grau de danos.
- ✓ A busca por novos materiais de calçamento, que permitam, principalmente, drenagem e oxigenação, é premente.

- ✓ Um manejo efetivo, aliado a uma programação contínua de substituição e plantio, permitirá uma melhor qualidade da arborização urbana, com minimização de prejuízos e maximização de benefícios. Devendo levar em consideração os seguintes itens: qualidade e tamanho da muda, tamanho e preparação adequados do berço de plantio, disponibilização de área permeável adequada e aplicação de podas observando os critérios técnicos para o melhor desenvolvimento do vegetal.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, F.O. **Análise de métodos para avaliação da qualidade de calçadas**. 2003. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2003.

AGUIRRE JUNIOR, J.H.; VOLPE-FILIK, A.; LIMA, A.M.L.P. Programa amiga árvore: plantio de árvores em vias públicas na cidade de Piracicaba/SP. **Revista SBAU**, Piracicaba, v. 2, n. 2, p. 46-64, 2007.

ANDRADE, T.O. **Inventário da arborização viária da estância turística de Campos do Jordão, SP**. 2002. 112 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

APOLO11.COM. Disponível em: <<http://www.apolo11.com>>. Acesso em: 06 maio 2008.

APPLETON, B.L.; KILBURNE, K.; MAYS, S.; EVANS, S.R. **Making tree roots visible**: Parte 1, 2 e 3. Disponível em: <<http://www.ufe.org/atoz.lasso>>. Acesso em: 25 jan 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 97p.

BARKER, P.A. Root distribution of European sugarberry. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 17, p. 331, 1991.

_____. Managed development of tree roots. II. Ultra deep rootball and root barrier effects on southwestern black cherry. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 21, p. 251-259, 1995.

BARTENSTEIN, F. The future of urban forestry. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 7, n. 10, p. 261-267, 1981.

BERGER, M.G.; ROBAINA, L.E.S.; CRISTO, S.S.V.; PAULA, P.M. Análise dos ambientes urbanos de risco no município de Santa Maria - RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 23, p. 114-135, 2001.

BERNATZKY, A. **Tree ecology and preservation**. New York: Elsevier Scientific, 1978. 357 p.

BIONDI, D. **Caracterização do estado nutricional de *Acer negundo* L. e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex Dc.) Standl utilizadas na arborização urbana de Curitiba-PR**. 1995. 146 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

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

BIONDI, D.; REISSMANN, C.B. Características dos solos urbanos utilizados pelas espécies *Acer negundo* L. e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl. na cidade de Curitiba-PR. **Floresta**, Curitiba, v. 25, n. 12, p. 43-54, 1995.

BOCKHEIM, J.G. Nature and properties of highly-disturbed urban soils, Philadelphia, Pennsylvania. In: ANNUAL MEETING OF THE SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1974, Chicago. **Proceedings...** Chicago: Soil Science Society of America, 1974.

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

BORTOLETO, S.; SILVA FILHO, D.F. Situação da arborização viária da estância de Águas de São Pedro – SP. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 1, n. 3, p. 391-403, set./dez. 2008.

BOYTON, D.; DEVILLIERS, J.I.; REUTHER, W. Are there different critical oxygen levels for the different phases of root activity? **Science**, Washington, v. 88, p. 659-570, 1938.

BRADSHAW, A.; HUNT, B.; WALMSLEY, T. **Trees in the urban landscape: principles and practice**. London: E.F.N. Spon, 1995. 272 p.

BRADSHAW, C. Creating - and using - a rating system for neighbourhood walkability: towards na agenda for “locas heroes”. In: INTERNATIONAL PEDESTRIAN CONFERENCE, 14., 1993, Ottawa. **Proceedings...** Ottawa, 1993.

BRAZOLIN, S. Biodeterioração de árvores urbanas e análise de risco de queda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 10., 2006, Maringá. **Anais...** Maringá: CR Eventos, 2006. 1 CD-ROM.

BRENNAN, G.; PATCH, D.; STEVENS, F.R.W. **Tree roots and underground pipes**. Surrey: Arboricultural Advisory and Information Service, 1997. (Arboriculture Research and Information Note, 36/97/TRL).

BRITO, L.M. **Hormonas / fitohormonas**. Disponível em: <<http://www.ci.esapl.pt/miguelbrito/fisiologia/page59.html>> Acesso em: 13 maio 2006.

CARRIÇO, J.M. **Legislação urbanística e segregação espacial nos municípios centrais da Região Metropolitana da Baixada Santista**. 2002. 245p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CODER, K.D. Crown pruning effects on roots. In: EUROPEAN ARBORICULTURE CONGRESS, 3., 1997, Savoy. **Proceedings...** Savoy: F. Decembrini, 1997.

_____. **Tree root growth control series - tree roots and infrastructure damage.** Georgia: University of Georgia, Cooperative Extension Service Forest Resources, 1998. 5 p.

CONTI, F. **Biometria - Qui quadrado.** Disponível em: <<http://www.ufpa.br/dicas/biome/bioqui.htm>>. Acesso em: 20 maio 2008.

COOPERATION FOR URBAN MOBILITY IN THE DEVELOPING WORLD. Relatório da Conferência de Oscar sobre Transportes Urbanos. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP, São Paulo, v. 9, p. 43-46, 1980.

CRAUL, P.J. A description of urban soil and their desired characteristics. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 11, n. 11, p. 330-339, 1985.

_____. **Urban soil in landscape design.** New York: John Wiley, 1992. 242 p.

_____. The nature of urban soil: their problems and future. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 18, p. 275-287, 1994.

CRESTANA, M.S.M.; SILVA FILHO, D.F.; BERTONI, J.A.E.A., GUARDIA, J.F.C.; ARAÚJO, R.T. **Árvores & Cia.** Campinas: CATI, 2007. 123 p.

CUTLER, D.F. Interactions between roots and buildings. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON TREES AND BUILDINGS, 1995, Savoy. **Proceedings...** Savoy: International Society of Arboriculture, 1995. p. 88-98.

D'AMATO, N.E.; SYDNOR, T.D.; KNEE, M.; HUNT, R.; BISHOP, B. Which comes first, the root or the crack? **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 28, n. 6, p. 277-289, 2002.

DAY, R.W. Damage of structures due to tree roots. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, Washington, v. 5, p. 200-207, 1991.

DAY, S.D.; BASSUK, N.L.; VAN ES, H. Effects of four compaction remediation methods for landscape trees on soil aeration, mechanical impedance and tree establishment. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 13, n. 2, p. 64-71, 1995.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVALRES, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: SBCS, 2000. cap.1, p. 55-94.

DIRR, M.A. **Manual of woody landscape plants.** Champaign: Stipes Publ., 1990. 1007 p.

EHSEN, H. Pruning of street trees: cause, objective and execution. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 11, p. 245-263, 1987.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Urban soil compaction**. Auburn: Soil Quality Institute, 2000. 4 p. (Urban Technical Note, 2).

FANNING, D.S.; STEIN, C.E.; PATTERSON, J.C. Theories of genesis and classification of highly man-influenced soil. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE, 11., 1978, Edmonton. **Proceedings...** Edmonton, 1978. p. 283.

FARIA, R.; PEDROSA, A. Impactos da Urbanização na Degradação do solo urbano e sua relação com o incremento de inundações urbanas em Santa Maria da Feira. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN LAND DEGRADATION AND DESERTIFICATION, 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: União Geográfica, COMLAND, 2005. p. 1-12.

FORMEQ. **Equipamentos para construção**. Compactador de percussão Weber MT SRV 66. Disponível em: http://formeq.com.br/loja/produtos_descricao.asp?lang=pt_BR&codigo_produto=256. Acesso em: 20 maio 2008.

FRANCIS, J.K.; PARRESOL, B.R.; PATIÑO, J.M. Probability of damage to sidewalks and curbs by street trees in the tropics. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 22, n. 4, p. 193-197, July 1996.

FRENKEL, D.B.; PORTUGAL, L.S. Proposta de procedimento que estabeleça diretrizes de projeto fomentadoras do modal a pé em áreas de revitalização urbana. In: RIO DE TRANSPORTES, 6., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PET-COPPE/UFRJ, 2008.

GIASSON, E.; NASCIMENTO, P.C.; INDA JUNIOR, A.V. Solos urbanos: funções, impactos e planejamento de uso. In: DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; PEDRON, F.A. **Solos e ambiente / II Fórum: os solos e as cidades**. Santa Maria: Orium, 2006. v. 1, p. 101-124.

GILMAN, E.F. Root barriers affect root distribution. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 22, p. 151–154, 1996.

GLINSKI, J.; STEPNIIEWSKI, W. **Soil aeration and its role for plants**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 229 p.

GOYA, C.R. Relato histórico da arborização na cidade de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: Prefeitura Municipal de Vitória, 1992. p. 403-408.

GRABOSKY, J.; BASSU, N.; IRWIN, L.; VAN ES, H. Shoot and root growth of tree species in sidewalks. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 19, n. 4, p. 206-211, Dec. 2001.

GREY, G.W.; DENEKE, F.J. **Urban forestry**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1986. 299 p.

GUZZO, P. **Estudo dos espaços livres de uso público da cidade de Ribeirão Preto/SP, com detalhamento da cobertura vegetal e áreas verdes públicas de dois setores urbanos.** 1999. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro/SP, 1999.

HAMILTON, W.D. Sidewalk/curb breaking tree roots. 1. Why tree roots cause pavement problems. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 8, p. 37-44, 1984a.

_____. Sidewalk/curb-breaking tree roots. 2. Management to minimise existing pavement problems by tree roots. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 8, p. 223-234, 1984b.

HANNA, R.; PHILSBURY, N.; THOMPSON, R. **The elements of sustainability in urban forest.** San Luis Obispo: Urban Forest Ecosystems Institute; Polytechnic State University, 1994. 56 p.

HARRIS, R.W. **Arboriculture:** integrated management of landscape trees, shrubs and vines. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 674 p.

HARRIS, R.W.; CLARK, J.R.; MATHENY, N.P. **Arboriculture:** integrated management of landscape trees, shrubs, and vines. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. 687 p.

HEISLER, G.H. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 72, n. 8, p. 462-465, 1974.

HILLEL, D. **Environmental soil physics.** San Diego: Academic Press, 1998. 151 p.

HOPKINS, W.G.; HUNER, N.P.A. **Introduction to plant physiology.** 3rd ed. Ventura: AIPI, 2007. 537 p.

HUNT, B.; WALMSLEY, T.J.; BRADSHAW, A.D. Importance of physical conditions for urban tree growth. In: HODGE, S.J. (Ed.). **Research for practical arboriculture.** London: HMSO, 1991. p. 51-62. (Bulletin Forest Commission, 97).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 maio 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/Destaques/textos/relatorio.pdf>>. Acesso em: 6 maio 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE LONDRINA. Disponível em:
<http://www.londrina.pr.gov.br/ippul/calcadaparatodos/htmls/page7_dicas_de_calcada.htm>. Acesso em: 20 maio 2008

INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA. Disponível em:
<<http://www.ipplap.com.br>>. Acesso em: 06 maio 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2005. 334 p.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **New tree planting**. Champaign, 2004. 2 p.

JIM, C.Y. Urban trees in Hong Kong: benefits and constraints. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 11, p. 145-164, 1987.

_____. Urban soil characteristics and limitations for landscape planting in Hong Kong. **Landscape and Urban Planning**, London, v. 40, p. 235-249, 1998.

KIEBALSO, J.J. Evaluating of trees in urban areas. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 5, n. 3, p. 70-72, 1979.

KIRBY, J.M.; BENGOUGH, A.G. Influence of soil strength on root growth: experiments and analysis using a critical-state model. **European Journal of Soil Science**, Devon, v. 53, p. 119-128, Mar. 2002.

KOPINGA, J. Aspects of the damage to asphalt road pavings caused by tree roots. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON TREE ROOT DEVELOPMENT IN URBAN SOILS, 1994, Champaign. **Proceedings...** Champaign: International Society of Arboriculture, 1994. p. 165-178.

LESSER, L.M. Hardscape damage by tree roots. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 272-276, Sepy. 2001.

LILLY, S. **The tree climbers guide**. 3rd ed. Hagerstown: Exponent Publ., 2001. 143 p.

LIMA, A.M.L.P. **Piracicaba, SP: análise da arborização viária na área central e seu entorno**. 1993. 283 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

LOMBARDO, M.A. Vegetação e clima. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1990. p. 1-13.

MACO, S.E. **A practical approach to assessing structure, function, and value of street tree populations in small communities**. 2004. 218 p. Thesis (PhD) - Department of Environmental Horticulture, University of California, Davis, 2004.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. 2. ed. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2005. 204 p.

MASKALL, W. **Tree root**. Disponível em:

<<http://vancouver.ca/commsvcs/planning/treebylaw/TREEROOT.HTM>>. Acesso em: 28 set. 2008.

MATHECK, C.; BETHGE, K. Biomechanical study on the interactions of roots with gas and water pipelines for the evaluation of tree sites. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 23, p. 343-377, 2000.

MATTCHECK, C.G.; BRELOER, H.; BETHGE, K.A.; ALBRECHT, W.A.; ZIPSE, A.W. Use of the fractometer to determine the strength of Wood with incipient decay. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 21, n. 3, p. 105-112, 1995.

McPHERSON, G. Costs of street tree damage to infrastructure. **Arboricultural Journal**, Hampshire, v. 20, p. 143-160, 1996.

_____. Street trees and urban infrastructure: getting at the root of the problem. **Arborist News**, Champaign, v. 6, n. 2, p. 34-35, 1997.

_____. Expenditures associated with conflicts between street tree root growth and hardscape in California, United States. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 26, n. 6, p. 289-297, Nov. 2000.

_____. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U.S. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2003.

McPHERSON, G.; PEPER, P.J. Infrastructure repair costs associated with street trees in 15 cities. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON TREES AND BUILDINGS, 1995, Champaign. **Proceedings...** Champaign: International Society of Arboriculture, 1995. p. 49-63.

McPHERSON, G.; COSTELLO, L.R.; PERRY, E.; PEPER, P.J. Reducing tree root damage to sidewalks in California cities: a collaborative study. **Slosson Report**, Davis, p. 1-5, 1998/1999.

McPHERSON, G.; SIMPSON, J.R.; PEPER, P.J.; XIAO, Q. Benefit-cost analysis of Modesto's municipal urban forest. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 25, n. 5, p. 235-248, 1999.

McPHERSON, G.; SIMPSON, J.R.; PEPER, P.J.; XIAO, Q.; MUCHNICK, J. Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 6, n. 31, p. 303-310, Nov. 2005.

MELLO FILHO, L.E. Arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1985, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 1985. p. 51-56.

MESQUITA, L.B. Memórias do verde urbano do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Salvador, 1996. **Anais...** Salvador: SBAU/COELBA, 1996. p. 60-70.

METRO. **Creating livable streets - street design guidelines for 2040.** Oregon: Metro Regional Services, 1997. 88 p.

MEYER, R.F.T. **Mãos à obra.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2007. 32 p.

MILANO, M.S. Arborização urbana no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBAU; COELBA, 1996. p. 1-6.

MILANO, M.S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas.** Rio de Janeiro: Light, 2000. 226 p.

MONICO, I.M. **Árvores e arborização urbana na cidade de Piracicaba/SP:** um olhar sobre a questão à luz da educação ambiental. 2001. 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. **Geologia de engenharia.** São Paulo: ABGE; CNPq; FAPESP, 1998. 513 p.

PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas:** planejamento para melhoria da qualidade de vida. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 180 p. (Série Arborização Urbana, 2).

PATTERSON, J.C. Soil compaction and its effects upon urban vegetation. In: BETTER TREES FOR METROPOLITAN LANDSCAPES. **Proceedings...** Washington: USDA, Forest Service, 1976. p. 91-102. (General Technical Report, NE-22).

_____. Soil compaction: effects on urban vegetation. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 3, n. 9, p. 161-167, 1977.

PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D. **Caracterização e manejo de solos urbanos.** Santa Maria: UFSM, 2002. 4 p. (Centro de Ciências Rurais, Informe Técnico, 5).

PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C. Solos Urbanos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1647-1653, set./out. 2004.

PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; BOTELHO, M.R.; MENEZES, F.P. Levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 147-151, abr./jun. 2007.

PEPER, P.J.; McPHERSON, E.G. Street trees and urban infrastructure: Getting at the root of the problem. **Newsletter of the Western Center for Urban Forest Research and Education**, Berkeley, Fall Update 1995. 3 p.

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

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana**. Jaboticabal: UNESP, FCAV; FUNEP, 2002. 69 p. (Boletim Acadêmico, Série Arborização Urbana).

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA. Secretaria de Defesa do Meio Ambiente. Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba. Arborização urbana: pesquisa de opinião. In: ENCONTRO PAULISTA DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2007. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2007a. 1 CD-ROM.

_____. **Manual de normas técnicas de arborização urbana**. Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2007b. 46 p.

RANDRUP, T.B.; McPHERSON, E.G.; COSTELLO, L.R. A review of tree root conflicts with sidewalks, curbs, and roads. **Urban Ecosystems**, London, v. 5, p. 209–225, 2001.

SALYSBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4th ed. Belmont: Wadsworth Publ., 1992. 682 p.

SANDFORT, S. I can't take it anymore. **Arborist News**, Champaign, v. 6, n. 4, p. 12-13, 1997.

SANDFORT, S.; RUNCK, R.C. Trees need respect too. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 12, p. 141-145, 1986.

SANTAMOUR JÚNIOR, F.S. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. In: METRIA CONFERENCE, 7., 1990, Lisle. **Proceedings...** Lisle: U.S. Forest Service, 1990. p. 57-66.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturados a frio**. Rio de Janeiro: IBP, Comissão de Asfalto, 1993. 298 p.

SANTIAGO, D.V.R. Controle fitossanitário em arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fupef, 1990. p. 101-114

SANTOS, L.M. **Desenvolvimento metodológico para valoração de defeitos de calçada**. 2002. 134 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

SCHUBERT, T.H. **Trees for urban use in Puerto Rico and Virgin Island**. Washington: USDA, Forest Service, 1979. 91 p. (General Technical Report, SO-27).

SCHUELER, T. The compaction of urban soils. **Watershed Protection Techniques**, Silver Spring, v. 3, n. 2, p. 661-665, 2000. (Technical note, 107).

SEGAWA, H. **Ao amor do público: jardins no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel; FAPESP, 1996. 255 p.

SEITZ, R.A. Consideração sobre a poda de árvores na arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Curitiba, 1990. **Anais...** Curitiba: Fupef, 1990. p. 87-100.

_____. **Manual de poda de espécies arbóreas florestais**. Curitiba: Fupef, 1995. 56 p.

_____. **A poda em árvores urbanas**. Curitiba: Fupef, 1996. 44 p.

_____. A planilha de custos de poda de árvores urbanas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 8., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBAU, 1999. p. 59.

_____. O manejo das raízes de árvores urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 10., 2006, Maringá. **Anais...** Maringá: CR Eventos, 2006a. 1 CD-ROM.

_____. Avaliação visual de árvores de risco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2006, Maringá. **Anais...** Maringá: CR Eventos, 2006b. 1 CD-ROM.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Editora Pini, 1997. v. 1, 760 p.

SILVA FILHO, D.F. **Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana**. 2004. 88 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2004.

_____. **Silvicultura urbana: o desenho florestal da cidade**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/urbana.asp>> Acesso em: 01 abr. 2005.

_____. Sombra também gera economia. **Gazeta de Piracicaba**, Piracicaba, 21 set. 2006. Dia da Árvore, p. 9.

_____. A importância da cobertura arbórea para as cidades. In: ENCONTRO PAULISTA DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2007. 1 CD-ROM.

SILVA, L.F. **Interceptação da chuva nas espécies de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e Tipuana (*Tipuana tipu* O. Kuntze).** 2008. 60 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SYDNOR, T.D.; GAMSTETTER, D.; NICHOLS, J.; BISHOP, B.; FAVORITE, J.; BLAZER, C.; TURPIN, L. Trees are not the root of sidewalk problems. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 26, n. 1, p. 20-29, Jan. 2000.

THOMPSON, R.P.; AHERN, J.A. **The State of Urban and Community Forestry in California: Status in 1997 and Trends since 1988.** San Luis Obispo: Urban Forest Ecosystems Institute; California Polytechnic State University, 2000. 48 p. (Technical Report, 9).

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway capacity manual.** Washington, 1994. (Special Report, 209).

TSCHANTZ, B.A.; SACAMANO, P.L. **Municipal tree management in the United States:** a 1994 report. Kent: Davey Resource Group, 1994. 58 p.

URBAN, J.R. Root barriers: an evaluation. **Landscape Architecture**, Washington, v. 84, n. 9, p. 28–31, 1995.

VELASCO, G.N. **Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica:** avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos. 2003. 94 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

_____. **Potencial da arborização viária na redução do consumo de energia elétrica:** definição de três áreas na cidade de São Paulo – SP., aplicação de questionários, levantamento de fatores ambientais e estimativa de Graus-Hora de calor. 2007. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VIDAL-TORRADO, P. **Levantamento pedológico semidetalhado do município de Piracicaba.** Piracicaba: ESALQ, Depto. de Solos e Nutrição de Plantas, 2002. 56 p.

WAGAR, J.A. Reducing surface rooting of trees with control planters and wells. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v.11, p. 165-171, 1985.

WAGAR, J.A.; BARKER, P.A. Tree root damage to sidewalks and curbs. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 9, p. 170-181, 1983.

WAGAR, J.A.; FRANKLIN, A.L. Sidewalk effects on soil moisture and temperature. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 20, p. 237–238, 1994.

WONG, T.W.; GOOD, J.E.G.; DENNE, M.P. Tree root damage to pavements and kerbs in the City of Manchester. **Arboricultural Journal**, Champaign, v. 12, p. 7-34, 1988.

XIAO, Q.; USTIN, S.; MCPHERSON, E.G.; PEPER, P. Characterization of the structure and species composition of urban trees using high resolution AVIRIS data. In: JPL AIRBORNE EARTH SCIENCE WORKSHOP, 8., 1999, Pasadena. **Summaries...** Pasadena: California Institute of Technology, Jet Propulsion Laboratory, 1999. p. 451-460.

YAMAMOTO, M.A.; SCHIMIDT, R.O.L.; COUTO, H.T.Z. do; SILVA FILHO, D.F. **Árvores urbanas**. Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2004. 18 p.

YOJO, T. Diagnóstico e análise de risco de queda em árvores urbanas. In: ENCONTRO PAULISTA DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2007. 1 CD-ROM.