



Mogi Mirim, 03 de outubro de 2024.

Resposta Documentos Gerais nº 686/2023 – Requerimento 264/2023
De: Secretaria de Meio Ambiente
Para: Secretaria de Relações Institucionais

Prezados,

Em resposta ao requerimento 264 de 2023, disponibilizamos o diagnóstico de integridade das árvores avaliadas por meio de tomografia de impulso, elaborado em agosto de 2023.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para novos esclarecimentos.

Atenciosamente,

ISABELA
GUARDIA:3
1569858802

Assinado de forma
digital por ISABELA
GUARDIA:3156985880
2
Dados: 2024.10.03
14:06:50 -03'00'

Isabela Guardia
Engenheira Florestal M.Sc.
CREA-SP 5070862653
Gerente de Meio Ambiente

Avaliação da integridade de Árvores de alto valor, Mogi Mirim, SP.

Demóstenes Ferreira da Silva Filho
Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais
da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo.
Laboratório de Silvicultura urbana

Agosto 2023



Avaliação da integridade de Árvores de alto valor, Mogi Mirim, SP.

Demóstenes Ferreira da Silva Filho
Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da Escola
Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo.
Laboratório de Silvicultura urbana

Agosto 2023

Conteúdo

Introdução	
Impactos das cidades nas árvores	4
Objetivo	5
Métodos e materiais usados nesse trabalho	
Tomografia de árvores maduras	7
Localização das árvores	9
Instalação dos sensores e resultados	10
Conclusão	
Indicações de manutenção e supressão	13
Referências Bibliográficas	14

Introdução

A floresta urbana é definida por MOll (1995) como toda cobertura arbórea arbustiva contida dentro do perímetro urbano das cidades e próximas das aglomerações urbanas.

Tal definição abrange as árvores e arbustos contidos no tecido urbano, em especial as árvores que acompanham as ruas e avenidas das cidades. A arborização destas vias constitui um dos maiores desafios para silvicultores urbanos e demais gestores da cidade.

As ruas e avenidas possuem características que dificultam o estabelecimento do sistema florestal da cidade. Isso também é percebido pelos técnicos responsáveis pelo estabelecimento da floresta urbana. Devem elaborar políticas públicas, normativas e conhecer quantitativamente as características do espaço urbano para poderem desenhar e estabelecer a mais eficiente cobertura arbórea para as cidades.

Fotografia de 10 maio de 2023



O espaço viário é por excelência o local de fluxo de pessoas e toda sorte de produtos e serviços associados à comunidade urbana, é a verdadeira cidade viva e geradora de fluxos dentro do ecossistema urbano.

Tais fluxos são próprios e diferentes dos padrões naturais. São mais rápidos, veículos motorizados circulam em grande quantidade, mobilizam grande quantidade de energia, insumos e geram uma quantidade enorme de resíduos sólidos, líquidos, gasosos e sonoros.

Outra característica do espaço viário é a intensa impermeabilização do solo constituindo-se em superfícies feitas pelo homem como asfalto, calçadas de diversos tipos de pavimento.

Os lotes, oriundos do parcelamento do solo das cidades também são impermeabilizados em casas uni - familiares, prédios de moradia, galpões de fabricas, mercados e prédios públicos e empresariais. Tudo isso pode afetar as árvores em vias e praças.





Além disso, existem áreas abertas para circulação do ar e atividades de lazer interligadas por vias públicas. Estas áreas são muito importantes para a qualidade de vida da comunidade urbana, porém geralmente são escassas, mal distribuídas no tecido urbano e muitas vezes degradadas pela manutenção deficiente das administrações públicas e pouco ocupadas pela população, atraída pelas praças de mercado e lazer fechadas, os “shopping centers”.

O sistema viário é geralmente impermeável e, portanto o solo é compactado, sua função é a circulação de pessoas e demais veículos, porém é o espaço aberto que está presente em toda a cidade, possui distribuição uniforme e por esta razão constitui a melhor oportunidade para estabelecimento de uma eficaz floresta urbana.

Fotografia de 10 de maio de 2023

Objetivo

Este texto objetiva explicitar os conhecimentos e métodos usados para avaliar a sustentação da base e raízes de ancoragem de 27 exemplares arbóreos nas praças e vias públicas de Mogi Mirim



Problemas com infraestruturas urbanas

As cidades, ao longo da história foram modificadas para prover mais serviços e conforto para seus habitantes, porém seus espaços ao receberem equipamentos novos foram transformados e muitas vezes reduzidos. Da mesma maneira o verde urbano acabou também sofrendo com esses avanços. Um exemplo é a fiação elétrica que inundou as cidades de postes e fios e tomou conta do espaço aéreo do sistema viário público e passou a concorrer com a copa das árvores pelo seu uso. Além disso, existem novos sistemas associados a rede aérea como telefonia e redes de cabo de informação e também redes subterrâneas tubos de drenagem e fornecimento de água que estão em conflito com raízes das árvores. Ainda existem equipamentos de controle de trânsito e sinalização como postes de semáforos, placas e radares fotográficos. No Brasil, com a estabilização da moeda, proporcionada pelo plano real, ocorreu um aumento da quantidade de veículos tendo como consequência a necessidade de maiores e largas garagens com guias rebaixadas. Essa prática elimina áreas potencialmente arborizáveis do espaço viário e a impossibilidade do chamado ritmo na arborização, pois existirá uma descontinuidade nos locais arborizáveis (MILANO e DALCIN, 2000).

Todos esses conflitos criam dificuldades para o estabelecimento de uma efetiva cobertura arbórea e exercem pressões sob as árvores existentes.

Como resolver essas questões?

As prefeituras e a população não podem mais negligenciar a arborização de vias públicas e espaços livres de edificação em pró de outros equipamentos urbanos. Isto tem sido feito ao longo das últimas décadas e o resultado são cidades pobres em cobertura arbórea e uma população que geralmente não acredita nas vantagens de ter uma árvore de médio ou grande porte próxima de sua residência, preferindo plantar um arbusto no lugar.

O custo benefício de um arbusto deve ser comparado com o benefício de árvores maiores. A manutenção dos arbustos é mais cara, pois necessita de mais condução no local definitivo, devido a necessidade de liberação de espaço lateral para circulação de pedestres e veículos. Já as árvores não necessitam de tal condução.

Com arbustos os benefícios já citados diminuem cerca de 80%. Mesmo que exista diversidade no plantio de arbustos e que ainda sejam espécies bem adaptadas, nativas e com efeito plástico significativo, não devem ser utilizadas para substituir árvores de médio e grande porte. Este pode ser entendido como um serviço negativo do ponto de vista do planejamento urbano, pois não atingirá os objetivos já explicitados aqui.



Efeito das árvores para a conservação do asfalto.

Quantidade de reparos em 30 anos em área de 406 m² de asfalto em área não arborizada, com árvore de pequeno porte e com árvore de médio porte e economia pelo uso das árvores**.

Cenário	Buracos concertados	Custo total R\$	Economia R\$	Economia R\$/m ²
Sem cobertura arbórea	6	10.787,00	-	-
Árvore de pequeno porte (Resedá, Falsamurta)	5	8.988,14	1799,00	4,43
Árvore de médio porte (Pata-de-vaca, Oiti)	2,5	4.494,07	6.293,00	15,47

** Mcpherson, E.G; Muchnick, J. EFFECTS OF STREET TREE SHADE ON ASPHALT CONCRETE PAVEMENT PERFORMANCE, *Journal of Arboriculture* 31(6): Novembro, 2005.

→ 58,34% de economia

Tomografia de árvores maduras

O equipamento utilizado para elaboração das imagens tomográficas é de marca Rinntech modelo Arbotom. Possui 12 sensores do tipo acelerômetro, uma bateria e transmissor de dados e um computador portátil tipo Tablet PC marca one touch, além de cabos de conexão tipo “firewire”, figura 1.



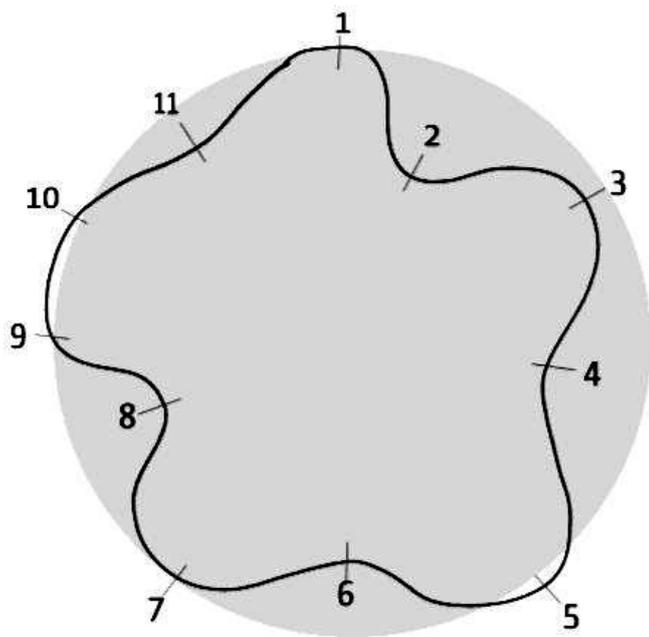
Figura 1. Maleta contendo todos os componentes do Tomógrafo de impulso e ao lado um detalhe de um sensor já montado em uma árvore contendo indicações sobre os componentes usados para produção de imagens internas de uma secção do caule das árvores.

As árvores foram tomografadas em seções transversais do caule em alturas diversas definidas conforme a estrutura morfológica de cada espécime e em locais onde poderá ocorrer uma possível falha biomecânica, figura 2.

Para cada seção tomografada foi necessário inserir ao longo da seção transversal 7 a 12 pinos, por meio de um martelo, até que a ponta dos pinos esteja em contato com o alburno. O primeiro pino foi localizado no rumo norte em todas as árvores.



Figura 2. Sensores instalados em Tipuana.



Após esse procedimento foi instalado em cada pino um sensor e nestes sensores foram encaixados os cabos de conexão entre os demais sensores como também com o componente de bateria contendo o distribuidor de dados para o computador, também por meio de um cabo USB. O computador contém o programa para decodificação e interpretação dos impulsos produzidos, chamado ARBOTOM 2.10c previamente instalado. Cada pino e sensor foi instalado em sequência, no sentido horário para reproduzir as principais deformações da seção em relação ao perímetro circular imaginário da secção transversal utilizando para isso de uma tabela onde foram inseridos as distâncias entre cada sensor e o quanto cada um estava localizado relativamente ao perímetro circular, conforme figura 3.

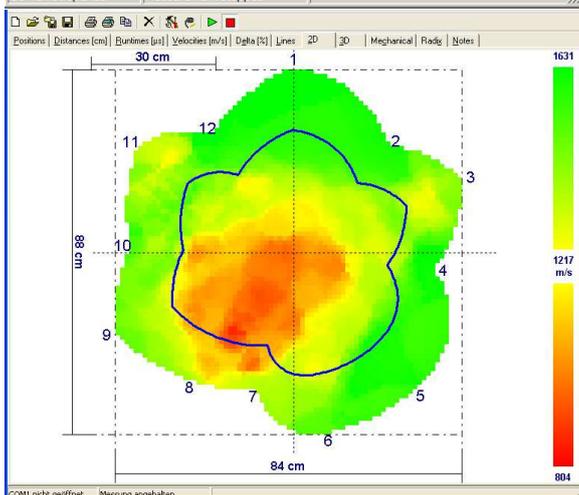
Após essa etapa, o aparelho foi acionado e cinco batidas foram produzidas com um martelo em cada sensor para gerar ondas mecânicas pelo tecido na seção transversal.

Arbotom 1.73a (c) 1999-2010 Frank Rinn / RINNTECH. - [balsamo meio.abt]

Sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1			4	1	1	1	3	4	2	3	3	4	2
2		1		1	2	0	1	1	0	3	0	1	6
3		1	7		1	2	1	2	2	1	2	2	1
4		2	4	5		5	1	1	1	1	1	1	1
5		2	1	2	4		3	1	1	2	1	7	2
6		1	4	3	2	3		2	2	2	1	4	4
7		2	7	2	1	2	4		2	3	2	3	3
8		5	5	5	5	4	6	1		19	7	6	5
9		3	2	2	6	1	2	2	5		2	2	3
10		2	2	1	8	1	0	2	2	3		0	3
11		2	4	2	1	3	3	3	2	1	1		2
12		17	3	2	2	1	1	1	3	3	3	11	

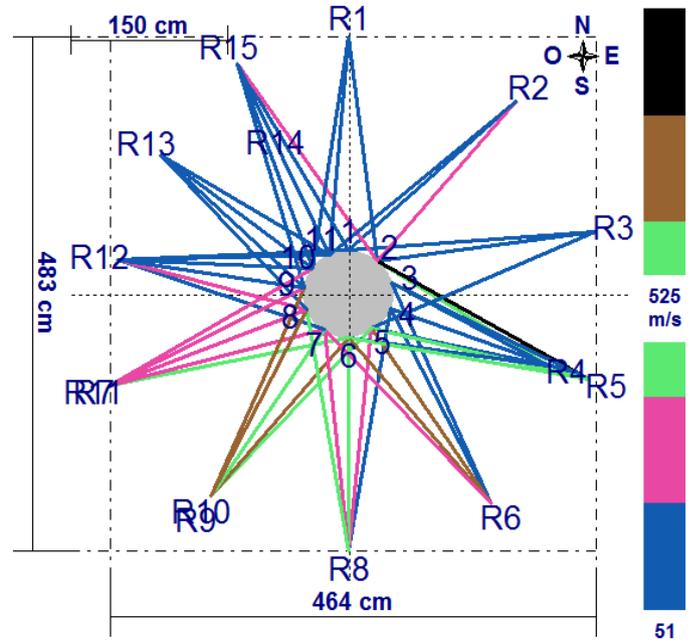
Percent dispersion of used measurement runtimes (coefficient of variation)

O programa Arbotom 1.73 filtrou os dados discrepantes de tempos de cronometragem de saída e chegada das ondas mecânicas produzidas, por meio do coeficiente de variação das cronometragens em cada um dos doze sensores e gerou uma imagem gráfica para predição da condição biomecânica da área sondada.



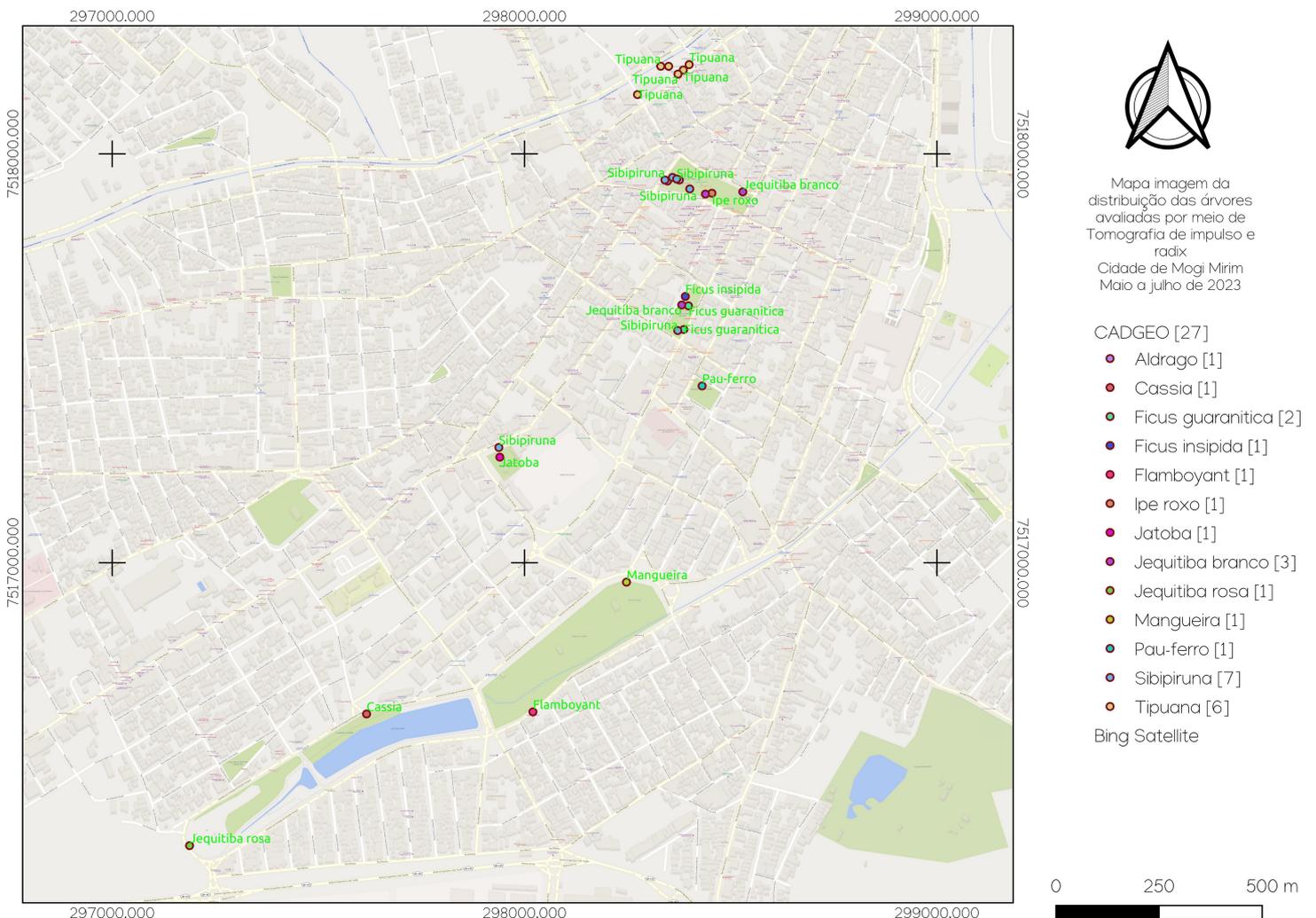
Ao lado a Matriz do programa Arbotom contendo o coeficiente de variação entre cada sensor e abaixo a imagem gerada a partir das velocidades de propagação de ondas mecânicas interpoladas pelo programa de computador do aparelho. A linha azul mostra o limite entre uma parede de 33% da área da seção e o interior com regiões com velocidades mais baixas.

Após a realização das medições foram feitas predições da resistência a queda baseado nos valores encontrados. O programa Arbotom faz o cálculo mecânico a partir da forma da seção e da forma das regiões de diferentes velocidades e produz um gráfico que mostra o sentido mais vulnerável para queda e quanto foi a perda de resistência e presença de raízes. Ao lado as imagens com um exemplo de avaliação de raízes.



Localização das árvores avaliadas

As Praças Duque De Caxias com um Pau ferro, Av. Luiz Gonzaga de Amoedo Campos com 3 árvores Jequitibá, Flamboyant e , Teatro de Arena com uma Mangueira, Centro Cultural "Profº Lauro Monteiro de Carvalho e Silva" com 5 tipuanas, Pr. Rui Barbosa, S/n - Centro com Mogi Mirim - SP,, a seguir o mapa de distribuição das árvores avaliadas por meio de tomografia de impulso, ao todo foram 30 tomografias em 27 árvores.



Resultados

Um Flamboyant, um ipê roxo e um Jequitibá foram avaliados com duas alturas de tomografia. A seguir o quadro sintético com os resultados das perdas mecânicas avaliadas em caule e raízes.

Tabela 1. Quadro síntese contendo os resultados e recomendações para cada árvore

Nome Comum	Nome botânico	Perda de integridade mecânica	Descrição local	Recomendação
Aldrago	<i>Pterocarpus violaceus</i>	36% de perda na base e 40% para raízes	Canteiro elevado ao lado da praça da matriz	Manter a árvore
Cassia - Pau cigarra	<i>Senna multijuga</i>	22% de perda na base e 33% para raízes	Caçada próximo do parque infantil no parque do lago	Manter a árvore
Fícus	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	25% de perda mecânica na base e 48% para raízes	Ilha perto do centro da Praça Floriano Peixoto	Manter a árvore
Fícus	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Árvore maior com 30% de perda na base e 53% de perda na raiz	Ao sul da praça Floriano Peixoto	Manter a árvore mas criar abertura para minimizar o arrasto da copa aos ventos fortes
Fícus	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	25% de perda para base e 48% para raízes	Ao norte do Jequitibá e próxima a igreja da praça Floriano Peixoto	Manter a árvore mas criar abertura para minimizar o arrasto da copa aos ventos fortes
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>	39% a 180 cm de altura e 26% na base com 43% de perda nas raízes	Muitas podas drásticas e gravidade dos alvos	Remover a árvore. Devido a calçada e fiação existe comprometimento elevado na primeira ramificação e dificuldades de manter a árvore
Ipê roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	perda de 30% a 170 cm, 25% na base e 50% para as raízes	Praça Rui Barbosa	Deve-se proceder uma amarração de cabos na copa para evitar que a lesão abra e a copa caia
Jatobá	<i>Hymenea courbaril</i>	Perda de 15% para base e 59% para raízes	Canteiro elevado impedindo raízes de ancoragem	Manter a árvore devido a relativa proteção contra ventos que ela possui, mas pode abrir corredor de vento pela copa
Jequitibá	<i>Cariniana estrelensis</i>	26% de perda na base e 13% a 94 cm de altura e 45% de perda para raízes	Próximo da igreja na praça Floriano Peixoto	Manter a árvore
Jequitibá	<i>Cariniana estrelensis</i>	25% de perda para a base e 56% para raízes	Praça Rui Barbosa	Manter a árvore mas criar abertura para minimizar o arrasto da copa aos ventos fortes
Jequitibá	<i>Cariniana estrelensis</i>	25% de perda para a base e 31% para raízes	Praça Rui Barbosa	Manter a árvore
Jequitibá	<i>Cariniana estrelensis</i>	11% de perda para a base e 56% para raízes	Parque do lago	Manter a árvore, mas criar abertura para minimizar o arrasto da copa aos ventos fortes
Mangueira	<i>Mangifera indica</i>	15% de perda para a base e 51% para raízes	Concha acústica	Manter a árvore
Pau-ferro	<i>Lbidibia ferrea var leiostachia</i>	Perda de 15% na base e 51% nas raízes	Praça Duque de Caxias	Manter a árvore embora possua cancos e não ter uma boa resposta de raízes mas possui boa proteção na praça
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	Perda de 38% na base e 44% nas raízes.	Praça Floriano Peixoto	Manter a árvore
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	39 de perda na base e 44% nas raízes	Praça São José, ponto de taxi	Manter a árvore porém com necessidade de acompanhamento e tomografia anual
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	35% de perda mecânica na base e 52% nas raízes	Praça São José atrás da igreja	Manter a árvore
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	32% de perda mecânica na base e 52% nas raízes	Praça São José	Manter a árvore, pois a igreja protege a árvore de ventos fortes
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	28% de perda mecânica na base e 56% nas raízes	Praça São José, possui corte devido a rampa da igreja	Manter a árvore, pois a igreja protege a árvore de ventos fortes
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	Perda de 39% na base e 47% para as raízes.	Praça São José no canteiro elevado atrás do antigo Banco	Manter a árvore
Sibiruna	<i>Cenostigma pluviosum</i>	Perda de 19% na base e 28% nas raízes	Praça 9 de julho	Manter a árvore
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	15% de perda mecânica na base e 44% nas raízes	Canteiro central atrás do teatro	Manter a árvore
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	Perda de 35% na base e 28% nas raízes	Praça do centro cultural, próximo do Frika café	Manter a árvore
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	Perda de 19% na base e 50% nas raízes	Praça do centro cultural, próximo do Frika café	Manter a árvore
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	34% perda base e 47% raiz	Praça centro cultural, próximo do Frika café	Manter a árvore
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	22% perda base e 33% raiz	Academia	Manter a árvore
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i>	34% perda base e 62% raiz	Academia	Manter a árvore

Conclusão

Indicações de podas e ou cabeamento possuem objetivo de manter as árvores por meio da eliminação ou reforço para que partes ou a própria árvore não caiam.

As nove árvores cujas perdas de resistência foram acima de 50% devem ser manejadas para evitar quedas.

O tempo de validade dessas recomendações é de seis meses devido as condições dinâmicas da árvore e de seu entorno imediato.

Novas avaliações devem ser feitas após seis meses.

Referências Bibliográficas

- DALCIN, E.C. Índice de importância relativa (Iir) e valor da espécie (Ve): Proposta de uma fórmula para avaliar exemplares arbóreos na arborização urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: CBAU, 1992. p. 291-305.
- GUARDIA, I. (2020). Velocidade de onda mecânica na avaliação de raízes de ancoragem de árvores nas cidades. **Dissertação de Mestrado**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. doi:10.11606/D.11.2020.tde-16072020-115909. Recuperado em 2023-08-02, de www.teses.usp.br
- GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. *Silvicultura urbana: implantação e manejo*. Viçosa: Editora Fácil, 2006. 201 p.
- BIÖNDI, D.; ALTHAUS, M. *Árvores de Curitiba: cultivo e manejo*, Curitiba: FUPEF, 2005, 182 p.
- BRANDÃO, H. A. *Manual prático de jardinagem*, Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2002, 185 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Manual técnico de arborização urbana**. São Paulo: SVMMA, 2ª Edição, 2005a, 48 p.
- MILANO, M.S. Planejamento e replanejamento de arborização de ruas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2. **Anais**, Maringá, 1987. p. 1-8.
- MILANO, M.S. Arborização urbana no Brasil: mitos e realidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3. **Anais**, Salvador, 1996. p.1-11.
- MATTHECK, C.; BRELOER, H. **The body language of trees: a handbook for failure analysis**. London: Her Majesty's Stationery Office, 260p, 1997.
- MILANO, M.S. & DALCIN, E.C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226p.
- MILLER, R. W. *Urban forestry: planning and managing urban greenspaces*. New Jersey: Prentice Hall, 1988, 404 p.
- MOLL, G. Urban Forestry: A National Initiative. In: BRADLEY, G.A., (Ed.) **Urban Forest Landscapes: integrating multidisciplinary perspectives**. Seattle and London: University of Washington Press, 1995. p. 12-16.
- NICOLOTTI, G.; SOCCO, L. V.; MARTINIS, R.; GODIO, A.; SAMBUELLI, L. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. **Journal of Arboriculture** 29(2): 66-78, 2003.
- NIKLAS, K. J. Wind, size and tree safety. **Journal of Arboriculture**, 28 (2): p.84-93, March 2002.
- RINNTECH. **User Manual - Arbotom 3-D Tree Impulse Tomograph**, version 1.59 for Microsoft Windows 98, 2000, XP. 42p., 2005.
- SILVA, L. M. Reflexões sobre a identidade arbórea das cidades. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3,n. 3, 2008, p. 65 – 71.
- TAKAHASHI, L. Y.; MARTINS, S. S. Desenvolvimento de mudas visando sua utilização na arborização de ruas. In: 2º CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. **Anais...** São Paulo: IEF, 1992, p. 553 – 557.
- GEORGIA FORESTRY COMMISSION. *Georgia model urban forest book*. Washington, 2001, 78 p.
- XIAO, Q.; McPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*, Davis, v.6, p.291-302, 2003.
- ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas invasoras. *Ciência Hoje*, n. 178, 2001.
- World Dictionary of Trees - WDT, Faculty of Forestry and Geomatics, Laval University, Quebec, Canadá, June 2011.

