

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'**

**Comparação entre métodos de diagnóstico de árvores em vias  
públicas**

**Mauro Angelo Soave Junior**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba  
2013**

Mauro Angelo Soave Junior  
Bacharel em Gestão Ambiental

**Comparação entre métodos de diagnóstico de árvores em vias públicas**

**versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011**

Orientador:

Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:  
Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba  
2013

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

Soave Junior, Mauro Angelo

Comparação entre métodos de diagnóstico de árvores em vias públicas / Mauro Angelo Soave Junior. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.

61 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Arborização 2. Biometria 3. Inventário 4. Metodologia 5. Tecnologia 6. Via pública  
I. Título

CDD 715.2  
S676c

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

## DEDICATÓRIA

***Dedico essa dissertação de Mestrado aos meus familiares que já faleceram e que com certeza contribuíram para minha formação pessoal e de caráter.***

***Carmem Adriana Cibim Marcello (Tia Carmem)***

***José Silvestre Soave (Tio Tato)***

***Paschoalina S. Soave (Vó Páscoa)***

***Terezinha Soave (Tia Tere)***



## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e pelas oportunidades que colocou em meu caminho para que eu pudesse chegar até o presente momento.*

*Também agradeço aos meus pais Mauro e Angélica, pelo apoio, carinho e estímulo aos estudos e por me ampararem nos momentos em que precisei.*

*Aos meus amigos, que na verdade são meus irmãos de alma: Grozélío, Pakato, Roró e Zé das Neves.*

*À Paula, minha “mãe psicológica”.*

*Aos também amigos, que me estimularam, consolaram, criticaram e com certeza me ajudaram a manter o equilíbrio nos momentos mais complicados: Aerolito, Daniel Acauã, Thais (a Fófis), Tobogão, Ana Zaguetto, Helena (a Queijo), Henrique Zorzín e Nati.*

*Ao pessoal da República Piscinão, fonte de muitas amizades e momentos inesquecíveis.*

*Ao pessoal da República Terra do Nunca, onde sempre dei uma passadinha para rir da vida.*

*À Iaiá, Kolar e Pagalanxi, com quem dividi moradia nos últimos meses do mestrado e que se tornaram grandes amigos.*

*À Joana Filleto, minha psicóloga/terapeuta, que sempre me ajuda a cuidar melhor de mim e a entender quem sou.*

*Ao Grupo Polis, que me ajudou em algumas etapas de campo e também foi um novo desafio durante o meu mestrado. Me orgulho muito deste grupo!*

*Ao Prof. Demóstenes, por aceitar me orientar nesta empreitada e por acreditar na minha capacidade de realizar este trabalho.*

*Ao Jeferson, ou Jeff, que sempre me ajudou com os equipamentos, ferramentas e softwares, grande Jeff!*

*Aos amigos que foram e aos que ainda fazem parte do Centro de Métodos Quantitativos: Larissa, Isadora, Sabrina, Léa, Francisca, Andrea, Luciana, Érica, Maísa, Daniela, Matheus, Eric, Jaime, Edgar, Tito, André, Bruno e Caio.*

*Aos amigos do Laboratório de Anatomia e Identificação da Madeira: Matheus, Angel e Carlos, com quem tive o primeiro contato e conversas sobre a pós-graduação.*

*Ao Departamento de Ciências Florestais, seus funcionários e professores por me acolherem e oferecerem a estrutura necessária para a realização do meu projeto de pesquisa.*

*Aos membros da Banca.*

*À FAPESP pelo apoio financeiro por meio do processo 2010/4115-0.*

## Epígrafe

*“Queremos ter certezas e não dúvidas, resultados e não experiências, mas nem mesmo percebemos que as certezas só podem surgir através das dúvidas e os resultados somente através das experiências.”*

*Carl Gustav Jung*





## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	15
2 OBJETIVO GERAL .....	17
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	19
3.1 Definições e conceitos.....	19
3.2 Benefícios das árvores nas cidades.....	20
3.3 Manejo da Arborização Urbana.....	21
3.4 Métodos de diagnóstico.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 Comparação entre os 5 métodos de diagnóstico .....	30
4.1.1 Método Clássico: .....	31
4.1.2 Método Foto: .....	31
4.1.3 Método Tablet: .....	32
4.1.4 Método Tablet 2:.....	32
4.1.5 Método Personal Digital Assistant (PDA): .....	32
4.2 Experimento distancia x Foto .....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5.1 Comparação entre os 5 métodos de diagnóstico .....	36
5.1.1 Comparação da Biometria .....	36
5.1.2 Comparação do Tempo.....	41
5.1.3 Tempo x Biometria .....	44
5.1.4 Avaliação dos custos por método.....	45
5.2 Experimento Vertex x Foto.....	48
5.3 - Vantagens e Desvantagens de cada método.....	51
6 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS .....	55
ANEXO.....	59



## RESUMO

### Comparação entre métodos de diagnóstico de árvores em vias públicas

Para planejar, manejar e estudar as árvores, seja em um fragmento florestal, uma plantação ou em uma cidade é necessário conhecer tanto suas características individuais quanto as do seu entorno. O inventário é uma ferramenta amplamente utilizada para este fim e demanda investimento em tempo e recursos para sua realização. O surgimento de novas tecnologias de registro e análise de dados permite uma nova perspectiva sobre essa ferramenta e traz inovações para sua aplicação. O presente estudo comparou cinco métodos de diagnóstico da floresta urbana diferenciados, principalmente, pela tecnologia de registro de dados: Clássico: com uso de papel e caneta, Foto: com mensuração de fotografias em software ImageTool, Tablet e Tablet 2: com uso de tablets de tecnologias diferentes e Personal Digital Assistant (PDA): com uso de um iPAQ. Os resultados apontaram que existe diferença estatística no tempo de realização do inventário de acordo com a tecnologia empregada. O método Foto é o mais econômico dos cinco. A comparação de biometria por teste de Wilcoxon aponta que os valores obtidos por todos os métodos são equivalentes estatisticamente. Foi realizado também um experimento de validação do método Foto onde se investigou a influência da distância de tomada da foto nos valores mensurados, no qual se obteve os resultados de que existe essa influência, mas ela não é significativa, sendo a mensuração por foto tão confiável quanto a mensuração por vertex.

Palavras-chave: Arborização viária; Inventário; Metodologia; Tecnologia



## **ABSTRACT**

### **Comparison of diagnosis methods for street trees**

To plan, manage and study the trees in a forest, a plantation or a city it's necessary to know both their individual characteristics as the characteristics of their surroundings. The inventory is a widely used tool for this purpose and demand investment in time and resources for its realization. The emergence of new technologies for recording and analyzing data allows a new perspective on this tool and brings innovations to its application. This study compared five urban forest diagnosis methods mainly differentiated by data collection technology: Classic: using pen and paper, Photo: with pictures measurement in software ImageTool, Tablet and Tablet 2: using different tablet technology and Personal Digital Assistant (PDA) with use of an iPAQ. The results showed that there is statistical difference in the time of completion of the inventory according to the technology employed. Photo method is the fastest and the cheapest of 5. The biometric comparison by Wilcoxon shows that the values obtained by all methods are statistically equivalent. An experiment was also performed to validate the method Photo and investigated the influence of photo distance in measured values, where the results show that there is influence, but it is not significant and the measurement by photo as reliable as measurement per Vertex.

Keywords: Street Trees; Inventory; Methodology; Technology



## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade de vida nas cidades e com a preservação do meio ambiente faz parte do cotidiano das sociedades modernas. Desde a implantação dos jardins nas cidades medievais ao advento do movimento ambiental, a preservação dos recursos naturais, principalmente das florestas, tem sido símbolo da vontade das sociedades em manter saudáveis os ecossistemas e ao mesmo tempo usufruir de seus benefícios, dando a essa atitude o nome de sustentabilidade.

As cidades médias e grandes concentram cerca de 50% da população humana mundial (UNICEF, 2012), e no Brasil 84% da população é urbana (IBGE, 2010). Dessa maneira, observa-se que a grande interface da relação homem-ambiente ocorre na relação cidade–recursos naturais, no entanto, o que se constata é que durante o processo de desenvolvimento das cidades isso não foi percebido, e agora busca-se maneiras de inserir mais elementos da natureza no ambiente urbano.

A maioria das cidades foi construída e desenvolvida em um modelo que não pensava na presença da natureza ou de seus elementos no dia-a-dia, na verdade não se pensava muito em planejamento urbano como um todo, e os interesses e necessidades da população eram outros. Muitas vezes, o símbolo do progresso e de desenvolvimento era justamente a ausência de elementos naturais, ou o uso desses elementos somente com fins estéticos. (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007; CAPORUSSO; MATIAS, 2008)

No entanto, o pensamento atual, assim como estudos e pesquisas sobre qualidade de vida urbana, apontam para uma nova direção: a inserção de elementos naturais nos espaços urbanos, como meio de se obter benefícios diretos e indiretos na qualidade de vida simbolizando assim, uma cidade desenvolvida e saudável.

O uso de benefícios dos ecossistemas florestais nas cidades, assim como o principal pensamento que liga o morador de uma área urbana à uma floresta e aos recursos naturais é a árvore e o seu conjunto: a floresta urbana, constitui uma das principais interfaces entre o habitante urbano e sua relação com a natureza assim como o estímulo ao sentimento de participação do ser humano na paisagem natural (HLADNIK ;PRINAT, 2011).

No entanto essa inserção dos recursos e elementos naturais no ambiente urbano não pode ser feita de maneira aleatória, mas por meio de um planejamento que vise maximizar seus benefícios e reduzir seus ônus, pois uma má implantação de floresta urbana pode gerar atrito com a população, assim como a falta de manutenção pode ser causa de acidentes e até mortes.



O conhecimento dos recursos e elementos naturais já presentes e os que são necessários de serem inseridos na cidade é um fator importante. No caso das árvores e da floresta urbana é preciso saber quais são as espécies existentes, os indivíduos saudáveis e aqueles que necessitam de cuidados para assim traçar um objetivo e os meios pelos quais ele será atingido.

O inventário é uma ferramenta de Engenharia Florestal utilizada para se diagnosticar uma população vegetal. Nas áreas urbanas ela é uma das mais utilizadas para diagnóstico da arborização e outros elementos, ao lado das metodologias que utilizam o sensoriamento remoto. Seus custos nem sempre são pequenos e é necessário um planejamento eficiente de seu método.

Novas tecnologias têm sido inseridas como ferramentas para otimizar a relação tempo x custo nos inventários, como fotografia, computadores de mão e GPS. Uma realização rápida e econômica serve de incentivo à realização de inventários pelas cidades, assim como gera dados para pesquisas sobre a situação da Silvicultura Urbana no Brasil.

Opções rápidas, baratas e confiáveis de realização de inventários, aliadas a essas novas tecnologias, podem ser um estímulo às cidades brasileiras para ter um banco de dados atualizado sobre a situação da sua vegetação urbana, oferecendo aos tomadores de decisão e pesquisadores, informações concretas para elaboração de políticas públicas e realização de estudos.

O presente trabalho comparou 5 métodos de realização de inventário, diferenciados principalmente pela tecnologia empregada na mensuração e registro de localidade das árvores. Após a realização das mensurações, foi orçado o custo de realização de cada método, comparadas as medidas obtidas individualmente, para averiguar se estes eram equivalentes.

Realizou-se também uma comparação entre as mensurações do Vertexe por fotografia, analisando a influência da distância de obtenção da foto e da inclinação do terreno nos valores de mensuração. Esse experimento buscou validar a avaliação de árvores por meio de fotografia digital e testar a confiabilidade dos valores obtidos com o método, de maneira semelhante à de Patterson et al (2011) para a obtenção do volume e densidade de copa por meio de fotografia.

## **2 OBJETIVO GERAL**

- Comparar 5 métodos de diagnóstico da Floresta Urbana, mais precisamente das árvores de rua, diferenciados principalmente pela tecnologia de registro de dados.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar o tempo de execução e o custo de cada método.
- Comparar os valores obtidos pelas mensurações em cada método e verificar se são equivalentes.
- Validar o método de inventário por foto.
- Avaliar as vantagens e desvantagens de cada método.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Definições e conceitos

A floresta urbana pode ser definida como toda vegetação arbórea e associada dentro e ao redor de assentamentos humanos, nos diversos espaços do perímetro urbano. Ela compreende árvores, arbustos e herbáceas e pode ser de origem antrópica, considerando as áreas verdes e arborização viária, ou natural englobando os remanescentes nas áreas periurbanas (GREY E DENEKE, 1978; MILLER, 1997; ROSSETI, PELLEGRINO; TAVARES, 2010). O ambiente da floresta urbana envolve local, espaço e pessoas, pois ela existe no espaço entre as estruturas criadas pela sociedade e deve ser um elemento de auxílio e qualidade de vida, não exercendo qualquer influência negativa sobre a vida na cidade (GREY; DENEKE, 1978), ou que essa seja a menor possível.

Kirchner apud Rachid e Couto (1999) conceitua floresta urbana com o termo 'arborização urbana', subdividindo-o em três partes: áreas verdes públicas, áreas verdes privadas e arborização viária, definição muito semelhante à apresentada por Michi e Couto (1996) para o termo silvicultura urbana. No Brasil, o termo arborização urbana é o mais difundido e utilizado, confundindo-se às vezes com a conceituação de floresta urbana. No entanto, o termo 'arborização' remete mais a um padrão de distribuição de árvores em vias públicas, enquanto a floresta engloba também as áreas verdes e vegetações não-arbóreas (ROSSETI, PELLEGRINO E TAVARES, 2010). Outro termo adotado recentemente na conceituação da vegetação urbana é infraestrutura verde, que considera todas as funções ecológicas, sociais e culturais que a vegetação pode oferecer à cidade e ao seu entorno. (TOSETTI; SILVA FILHO, 2010 e HERZOG; ROSA, 2010).

Konijnendiket al (2006) tratam da discussão sobre qual seria o conceito de 'urbanforestry' ou em tradução livre: silvicultura urbana, e quais seriam as suas competências e disciplinas; além do seu alcance dentro do manejo de elementos naturais nas cidades, comparando as perspectivas Norte Americanas e Européias sobre o tema. Segundo o autor, o termo foi utilizado pela primeira vez em 1894, no entanto seu uso somente foi consolidado nos anos 60 e 70 nos Estados Unidos, chegando à Europa a partir da década de 80 e hoje em dia, apesar das diferentes origens da atividade nos dois continentes os conceitos são semelhantes.

A definição de um termo consolidado, que diferencie floresta urbana, áreas verdes, vegetação urbana, infraestrutura verde, arborização viária entre outros tantos termos

utilizados para definir essa vegetação e seu estudo e manejo ainda não aconteceu, como se observa nos trabalhos de Grey e Deneke (1978), Miller (2007), Loboda e de Angelis (2005), Caporusso e Matias (2008), Michi e Couto (1996), Tosetti e Silva Filho, (2010), Rosseti, Pellegrino e Tavares (2010), Janson e Lindgren (2012).

A floresta urbana é resultado de uma evolução histórica e social da cidade, e pode representar o valor que uma população confere aos seus recursos naturais. A harmonização do conceito 'floresta urbana' é importante para os meios acadêmicos, a fim de facilitar o entendimento entre diferentes linhas de estudo sobre o tema (KONIJENIJDIK ET AL, 2006). O objeto de estudo deste trabalho são os indivíduos da arborização viária, pois estes se encontram nas vias públicas e são os que mais sofrem pressão por parte da sociedade e se encontram em locais de grande visibilidade e contato com a população.

### **3.2 Benefícios das árvores nas cidades**

Pesquisas sobre arborização e floresta urbana em geral tem enfatizado os benefícios ecológicos, ambientais e à qualidade de vida nas cidades, indicação de metodologias de amostragem, técnicas de quantificação de áreas verdes e cobertura arbórea, onde se destacam principalmente aquelas baseadas no uso de sensoriamento remoto e o inventário, que fornecem dados para cálculo de índices de qualidade, diversidade e valoração monetária (RACHID; COUTO, 1999, SILVA FILHO ET AL, 2002; LOBODA; DE ANGELIS, 2005; CAPORUSSO; MATIAS, 2008 TOSETTI; SILVA FILHO, 2010, KELLER; KONIJNENDJIK (2012).

De acordo com Grey e Deneke (1978), os benefícios das árvores urbanas podem se agrupar em quatro grandes categorias: Amenização do Clima, Usos de Engenharia, Usos Arquitetônicos e Usos Estéticos. Os benefícios climáticos, são perceptíveis principalmente pela influência na incidência de radiação solar, vento e umidade. Ao interceptar a luz solar aumentam as áreas sombreadas e diminuem a temperatura do solo e pavimentos, além dos efeitos da evapotranspiração, que pode levar uma planta a transpirar 400 litros de água por dia, o que auxilia na manutenção da umidade relativa e temperatura do ar, diminuindo a amplitude térmica e a sensação de calor.

Pelos autores, o uso da arborização, na engenharia, ocorre principalmente na área ambiental, para controle da erosão, diminuição da poluição do ar e sonora, absorvendo poluentes e particulados, tratamento de esgoto, absorvendo metais pesados, e diminuição de enxurradas, interceptando a água da chuva e diminuindo a velocidade com que se acumula no solo e pavimentos.

Na arquitetura, as árvores funcionam como elementos, individualmente ou em grupos, nas funções de articulação de espaços, moldura para visadas, controle de privacidade e progressão paisagística.

Os usos estéticos nas cidades valem-se principalmente da sua beleza inerente das árvores e arbustos. Sua natureza mutável de acordo com estações e fases de desenvolvimento, proporcionam a um local dinamismo de paisagem, além de destacar ou suavizar as linhas arquitetônicas de uma construção. Os valores dos usos estéticos geralmente são percebidos nos preços dos imóveis próximos a parques, jardins ou áreas arborizadas bem cuidadas (MCPHEARSON; SIMPSON, 2002).

### **3.3 Manejo da Arborização Urbana**

A floresta urbana é de propriedade de todos os habitantes daquela localidade, e deve responder ao propósito de cada um, sem distinção de importância ou tamanho da propriedade. Cada proprietário de terreno deve ser responsável pela manutenção de sua parte da floresta, proporcionando desta forma grande diversidade de espécies e espécimes na floresta urbana nas diferenças entre um lote e outro (GREY; DENEKE 1978).

Para a eficiente gestão da arborização deve-se primeiro tomar conhecimento de sua estrutura e composição. O inventário é um dos métodos mais importantes para a obtenção dos dados necessários para os gestores (TAIT et al., 2009), como base de informações para planos de gestão e políticas públicas, ainda constitui uma ferramenta de monitoramento para compreensão do funcionamento ecológico dos conjuntos de árvores no interior de cidades (NOWAK et al., 2008). Um bom manejo tem como objetivo maximizar os benefícios de floresta urbana a um baixo custo para o orçamento público, e suas principais atividades são o plantio, a manutenção e a remoção (GREY; DENEKE, 1978; MILLER, 1997).

A atividade de plantio consiste em localizar espaços próprios e escolha de espécies adequadas. A de manutenção começa com podas de condução, irrigação, controle de doenças e fertilização. A de remoção envolve a retirada de indivíduos mortos ou que apresentem algum risco para as pessoas ou de danos para edifícios e estruturas. (MILLER, 1997, TAIT et al., 2009).

A manutenção das áreas verdes e parques municipais geralmente é feita pelo gestor municipal, enquanto o manejo das árvores viárias tem responsabilidades diferentes, que vão de acordo com as leis locais, justificada como investimento na qualidade ambiental para a população (GREY; DENEKE, 1978, CAPORUSSO; MATIAS, 2008). O trabalho de Janson e Lindgren (2012). discute o uso do termo 'management', ou na tradução livre:

manejo, em paisagens urbanas e como tem sido utilizado na definição de atividades a serem realizadas pelos responsáveis da área, sendo muitas vezes confundido manejo e manutenção, onde o primeiro é mais voltado a definição de objetivos e estratégias enquanto o segundo é de ordem mais operacional.

O inventário arbóreo urbano não necessariamente precisa ser complexo, muito menos caro, no entanto deve fornecer o mínimo de informações técnicas para que sejam tomadas decisões eficazes e inteligentes de manejo (MILLER, 1997). Para criação e manutenção de um programa de manejo, é necessário conhecer a situação atual da floresta urbana, e a melhor maneira de se obter essa informação é por meio de um inventário (GREY; DENEKE, 1978).

A execução de um inventário das árvores urbanas deve seguir algumas premissas: o objetivo almejado, o tamanho da cidade onde se pretende realizar o levantamento de dados, além dos recursos disponíveis (SILVA FILHO ET AL, 2002; SILVA; GONÇALVES; LEITE, 2006 e ROSSETI, PELLEGRINO; TAVARES, 2010). Basicamente os inventários dividem-se em totais e parciais, sendo os primeiros executados somente quando viável, geralmente em pequenas cidades e o segundo em populações muito extensas. O inventário parcial é uma opção que busca reduzir custos, mantendo um nível desejado de precisão para estimativas da população total, estudando somente parcelas aleatórias ou de interesse para estimar tendências daquela população (SILVA, GONÇALVES; LEITE, 2005 E NOWAK et al. 2008, ROSSETI, PELLEGRINO; TAVARES, 2010).

O inventário também é importante no sentido de fornecer informações técnicas para a elaboração de um orçamento baseado em fatos e quantidades conhecidas e não somente em estimativas ou percepções subjetivas, o que orienta a alocação mais eficiente de recursos e mão de obra e um planejamento estratégico (GREY; DENEKE, 1978, MILLER, 1997).

De acordo com Keller e Konijnendjik (2012), os principais objetivos de inventários na Europa e na América do Norte foram o planejamento operacional e manejo, o planejamento orçamentário e estratégico, a segurança de tráfego, o registro e a centralização de informações, a pesquisa de manejos alternativos e o monitoramento. Os autores também citam os trabalhos de comunicação dos valores e serviços da floresta urbana para a sociedade na América do Norte, que apresentaram relevância na execução dos inventários urbanos.

No Brasil, existem muito poucos dados sobre levantamentos arbóreos em cidades, o que se observa é que a arborização das cidades brasileiras é feita sem

planejamento prévio, ou seja, sem um levantamento dos recursos arbóreos existentes e sem remediações para acompanhar o desenvolvimento dos espécimes plantados (ROSSETI, PELEGRINO E TAVARES, 2010; BOBROUWSKI, BIONDI E FIGUEIREDO FILHO, 2012)

Tosetti e Silva Filho (2010) utilizaram um inventário georreferenciado do Parque Ibirapuera, na cidade de São Paulo (SP), em estudo do valor monetário e ressaltaram a importância do seu uso no conhecimento do valor do patrimônio arbóreo, e ainda proporcionaram bases para o desdobramento em políticas públicas, programas de educação ambiental e estratégias de manejo de acordo com a realidade local.

Os trabalhos de Tyrväinen (2001), McPhearson e Simpson (2002), Escobedo et al (2008) e Donovan e Butry (2010) também trataram de valoração econômica de benefícios e serviços ambientais das árvores como maneira de inserir os custos com a manutenção da floresta urbana no orçamento das cidades como investimento em qualidade de vida e base para elaboração de políticas públicas, uma vez que os benefícios da presença dessas árvores tanto ambiental quanto economicamente superam os seus custos de manutenção.

Tyrväinen (2001) estudou diferentes métodos para estimar o valor que os moradores de Joensuu e Salo, na Finlândia, davam às suas áreas verdes. Ela averiguou que a estrutura dessas áreas, assim como o deslocamento necessário para chegar a elas, influenciou no valor que cada pessoa atribuiu a esses locais. A presença de áreas substitutas altera o valor atribuído à área. A autora também pesquisou os efeitos negativos como a presença de pessoas indesejadas, custos de manutenção, sujeira e queda de galhos, que eram percebidos pelos moradores, para uma informação mais precisa do que seria agregador e redutor de valor das áreas verdes. As conclusões da autora foram de que os moradores perceberam mais os múltiplos benefícios do que as externalidades, muito mais associadas à manutenção do local do que à sua presença.

McPhearson e Simpson (2002) compararam os benefícios e custos da Floresta Urbana em Santa Monica e Modesto. Essas cidades foram escolhidas pela quantidade de dados gerada por inventários e de gastos com árvores. Os autores estudaram por meio da modelagem estatística os benefícios e economia que foram oriundos das árvores como: melhoria da qualidade do ar, por meio de equações de crescimento das árvores e absorção de carbono; economia de energia por conta da sombra projetada sobre construções, redução da velocidade da água da chuva e benefícios estéticos.

Os resultados do trabalho indicaram que uma manutenção e remoção seletiva das árvores como meio de manter os benefícios de maneira distribuída ao longo do tempo, pois



algumas árvores são mais importantes quando já estão perto do fim do seu ciclo de vida, uma vez que apresentam maiores proporções de copa e estabilidade de crescimento.

Escobedo et al. (2008) estudaram o custo efetivo do uso de florestas urbanas como política de melhoria do ar em Santiago no Chile. Também pelo uso de modelos estatísticos e do software UFORE (*Urban Forest Effects*). Para o cálculo da remoção de poluentes feita pela arborização, os autores utilizaram dados de temperatura e concentração de material particulado no ar fornecido por estações meteorológicas e de mensuração de qualidade do ar, hora a hora, durante um ano. As mensurações foram feitas em parcelas aleatórias distribuídas em três estratos socioeconômicos de Santiago.

O estudo mostrou que o investimento e manutenção das florestas urbanas para melhoria do ar é válido em Santiago como política de redução de poluentes, sendo que o custo por tonelada para remoção de poluentes ficou menor que o estipulado pelo Banco Mundial e menor do que seria gasto com outros tipos de tecnologias, além de proporcionar outros benefícios e serviços que não foram contabilizados na análise (ESCOBEDO ET AL 2008)..

Donovan e Butry (2010) estudaram o valor que as árvores adicionavam ao preço de venda de casas em Portland, Estados Unidos. Com o uso do inventário e fotografias aéreas fizeram um levantamento dos lotes arborizados e da situação da casa e das árvores de rua próximas. Por meio da valoração hedônica estimaram os valores de árvores e descobriram que lá os benefícios das árvores de rua não se restringem somente ao lote em que ela pertence, mas também aos vizinhos que sofrem influência da copa e que quanto maiores as copas maiores são os benefícios à vizinhança. No entanto isso não deve ser extrapolado a outras cidades de maneira inescrupulosa, e sim por meio de estudos e investigações.

Esses trabalhos têm em comum, além do cálculo de valor monetário das árvores, o uso dos inventários como ferramenta de obtenção de dados. É importante dizer que a existência de dados atualizados sobre a floresta urbana traz benefícios e oportunidades de pesquisa da influência desse elemento natural na vida das pessoas, assim como informações para o seu bom manejo e consequente maximização dos seus benefícios. Existem diferentes tipos de inventários e diversos objetivos para sua realização.

No Brasil não existem dados de remediações de parcelas de inventários urbanos (BOBROWSKI; BIONDI; FIGUEIREDO FILHO 2012), talvez pelo fato de ainda não se constituírem como parte da rotina de manejo ambiental da maioria das prefeituras ou pelo custo e tempo despendidos na realização. No entanto isso não é uma exclusividade, Keller e Konijnendik (2012) atestam que poucas cidades na América do Norte e Europa fazem a

atualização contínua de seus inventários e conseqüentemente não dispõem de dados do inventário para planejamento e manejo, assim como desconhecem os resultados das intervenções na floresta urbana, pois estes dados se encontram desatualizados.

Para Miller (1997), o objetivo do inventário é extremamente importante para se decidir quais variáveis serão coletadas, estas podem ser permanentes ou transitórias. As variáveis permanentes são aquelas que não se alteram com o passar do tempo, como localização do indivíduo e espécie, já as transitórias são aquelas referentes ao momento em que a coleta foi realizada, como necessidade de poda e intervenções sanitárias por exemplo. No caso de um inventário somente para registro de espécies as variáveis permanentes são mais interessantes, enquanto que para um inventário que vise o manejo, a data de coleta dos dados e a de execução de atividade no indivíduo são dados mais importantes e devem estar sempre atualizados.

Para autor mencionado o método mais efetivo de inventário urbano é aquele que se adapta às necessidades específicas da comunidade. Algumas podem exigir somente poucos parâmetros, enquanto outras necessitam de uma enorme gama de variáveis e parâmetros que somente podem ser analisados com recursos computacionais.

Grande parte dos estudos sobre inventários trata dos métodos de amostragem ideais para a obtenção de dados confiáveis em curto prazo e menor custo possível, como a escolha do tamanho de parcelas e estratos influenciam nessas variáveis e na precisão dos dados obtidos, geralmente utilizadas as variáveis: número de árvores por quilômetro de calçada e cálculo de erros de amostragem por método, para obtenção dos resultados (MACHI; COUTO, 1996, RACHID;COUTO, 1999; SILVA, GONÇALVES; LEITE, 2005 e 2006; ALVAREZ et al., 2005, NOWAK et al., 2008, KELLER; KONIJNENDJIK, 2012).

As mensurações de árvores podem ser diretas, indiretas ou por estimativas, onde as primeiras são feitas pelo homem diretamente no indivíduo, a segunda por meio de instrumentos e a terceira baseada em métodos estatísticos de mensuração (SILVA, 1979).

Segundo Silva (1979), os erros mais comuns na mensuração florestal são os erros de compensação, de estimação e os sistemáticos. Os erros de compensação são aqueles causados por instrumentos de baixa exatidão, os erros de estimação são aqueles referentes a valores obtidos por amostragem e os erros sistemáticos são os causados por instrumentos mal calibrados ou defeituosos, ou erros de manuseio do operador.

Uma dificuldade encontrada na realização dos inventários é a referência para remedições (GREY; DENEKE, 1978), mas com o advento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), existe a oportunidade não somente de inserir e guardar informações, mas

também de manipular, analisar e acessar essas informações posteriormente (MILLER, 1997). Outra maneira que se mostra efetiva no registro de referência dos indivíduos para posterior comparação é a fotografia digital georreferenciada.

O grande volume de informação gerado por um inventário e a atual facilidade em para a aquisição de computadores e softwares de banco de dados, torna inadmissível o uso de outras formas de armazenamento e manejo de dados do inventário, assim como a associação de Personal Digital Assistants (PDAs) podem contribuir para redução de tempo de coleta de dados em até 30% e conseqüentemente seu custo de realização (MILLER, 1997, SILVA, PAIVA; GONÇALVES, 2007; TAIT et al., 2009).

A informatização possibilita o acesso, a atualização e o armazenamento das informações a uma alta velocidade e baixo custo. Mesmo com essas vantagens, no Brasil ainda é difícil encontrar softwares específicos para inventário e manejo de florestas urbanas, e quando existem, geralmente, são para situações específicas como trabalhos acadêmicos e necessidades próprias de prefeituras. Deste modo, o que se observa é o uso de softwares adaptados, como as planilhas eletrônicas como o *Excel*<sup>®</sup> e o *Access*<sup>®</sup> (SILVA, PAIVA; GONÇALVES, 2007).

Uma característica importante dos softwares a serem utilizados, é a facilidade de uso e aquisição, assim como baixo custo (SILVA, PAIVA; GONÇALVES, 2007). Softwares como o *Excel*<sup>®</sup> e o *Access*<sup>®</sup> que fazem parte do Pacote *Office* do *Windows*<sup>®</sup> apresentam essa característica, pois seu uso é difundido e se encontram na maioria dos computadores.

Os custos da execução de um inventário incluem os equipamentos utilizados, a mão de obra necessária e a manutenção da equipe nas ruas realizando a coleta de dados. Estes variam de acordo com as tecnologias utilizadas e o tempo de execução, incluindo: design ou compra de um software, coleta de dados em campo, transferência de informações para o banco de dados, verificação e processamento de dados, geração de notificações e atualização dos arquivos (MILLER, 1997; SILVA, PAIVA; GONÇALVES, 2007).

A falta de planejamento na introdução de árvores no ambiente urbano é comum na maioria das cidades brasileiras, o que torna caótica a sua presença nas calçadas uma vez que não são consideradas pelos gestores como parte de seu rol de equipamentos urbanos (SILVA FILHO ET AL, 2002 e ROSSETI, PELLEGRINO; TAVARES, 2010). O primeiro requisito de uma árvore urbana é sua capacidade de sobreviver e se desenvolver nas condições espaciais particulares deste local, principalmente na concorrência com prédios, calçadas, fiações e instalações subterrâneas (GREY; DENEKE, 1978).

A gestão de uma floresta urbana deve seguir as práticas de silvicultura tradicional, com podas, manutenção, adubação, corte, porém de maneira adaptada aos desafios que a urbe oferece à sua aplicação; combinando processos de avaliação e monitoramento contínuo para economia de recursos e tomada de decisões baseadas em informações concretas, visando o cumprimento de objetivos a curto e longo prazo de maneira participativa e transparente com a comunidade local (GADOW, 2002; JANSON; LANDGREN, 2012 e BOBROWSKI, BIONDI; FIGUEIREDO FILHO, 2012). No entanto, existe dificuldade por parte dos administradores públicos em transmitir para a população o valor monetário dos serviços ambientais da vegetação urbana e justificar a aplicação de verbas para sua manutenção e instalação (TOSETTI; SILVA FILHO, 2010), e estimular a participação nos processos de manejo.

### **3.4 Métodos de diagnóstico**

Os métodos de sensoriamento remoto trabalham principalmente com fotografias aéreas e imagens adquiridas por satélites, com suas mensurações feitas pela medição da área de copa, são mais abrangentes na obtenção de um diagnóstico da floresta urbana como um todo (NOWAK, 1996). Geram um grande volume de dados a um preço e tempo menores, quando comparado à mesma quantidade de dados obtida por outros métodos (ROLLO et al. 2007), e não possuem limitações físicas para obtenção de dados de vegetação tanto em áreas públicas (áreas verdes e arborização viária) quanto em propriedades particulares (NOWAK ET AL, 1996).

Taitet al. (2009) apresentam um método de inventário com uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de análise do estado fitossanitário de árvores por meio de fotografia termal. Para os autores os métodos por terra são mais econômicos, comparados a àqueles baseados no uso de técnicas de sensoriamento remoto, em muito devido ao custo envolvido para a aquisição de imagens de satélite ou fotografias aéreas. Além disso, o autor ressalta a precisão e a possibilidade de se obter mais detalhes, quando se avaliam cada um dos indivíduos arbóreos ao invés do todo e critica a avaliação do estado fitossanitário das árvores somente pelo estado de saúde da copa.

O que se constata nas afirmações de Nowak (1996) e Taitet al. (2009) é que ambos os métodos apresentam vantagens, onde os métodos de sensoriamento remoto são mais amplos e com uma visão planificada da floresta, enquanto os inventários são mais detalhistas, porém possuem limitações de acesso às áreas privadas e sua execução é mais demorada. Entretanto, a integração dos métodos aumenta as chances de uma compreensão mais profunda da vegetação analisada (NOWAK, 1996), no entanto essa avaliação pelos

dois métodos pode ocasionar em custos elevados uma vez que o diagnóstico de uma mesma área é feito duas vezes.

O inventário é focado no indivíduo e em sua contribuição para a estrutura da floresta urbana, além disso, permite ao avaliador conhecer tanto as condições de copa das árvores, quanto as condições de local e estado fitossanitário de outras partes do indivíduo como a raiz e o tronco. Os métodos de sensoriamento remoto apresentam maior facilidade na elaboração de índices e no estudo de áreas verdes públicas e privadas.

A análise dos dados obtidos, tanto nos inventários quanto nos métodos remotos, é feita por meio de cálculos de índices como m<sup>2</sup> de copa por quilômetro de calçada e índices de diversidade de espécies, e modelagens para estimativa da população total, dos serviços ambientais e das mudanças que poderão ocorrer ao longo do tempo na estrutura da floresta. Exemplos desses bancos de dados são o DISMUT (*Decision Information System for Monitoring Urban Trees*) na Austrália (BRACK, 2006) e o UFORE (*Urban Forest Effects*) nos Estados Unidos (NOWAK et al, 2008), que analisam os dados e fazem modelagens estatísticas levando a projeções sobre crescimento e operações necessárias no futuro.

No Brasil é mais comum o uso de programas adaptados conforme Silva, Paiva e Gonçalves (2007) como o *Microsoft Excel*<sup>®</sup> e o *Access*<sup>®</sup>, mas é necessária a construção das planilhas e relacionamentos entre os dados obtidos, ou uso de bancos de dados feitos especificamente para esses programas, como é o caso do banco de dados criado por Silva Filho (2002). Softwares específicos para a arborização urbana raramente são desenvolvidos ou comercializados no Brasil, o *Arbor et Salus*, criado na Universidade de Viçosa, tenta suprir essa lacuna no mercado (SILVA, PAIVA; GONÇALVES, 2007).

Conforme a tecnologia evolui, novos métodos e equipamentos são utilizados na melhoria e otimização para levantamento de dados. A fotografia é uma grande aliada dos arboricultores na avaliação de uma árvore sem precisar ir até ela, e com o surgimento das câmeras termais, permite que se tenha uma noção de como está seu interior (TAIT et al., 2009). A diminuição dos preços de câmeras digitais é um fator que permite fácil acesso a esse tipo de equipamento e seu fácil manuseio não exige treinamento ou mão-de-obra especializada, o que reduz custos de realização dos inventários.

O trabalho realizado por Silva, Gonçalves e Leite (2006) em Belo Horizonte-MG, estudou a influencia dos métodos de coleta de dados na precisão, tempo e custo de realização do inventário quali-quantitativo. Os métodos diferiram basicamente na forma de obtenção dos valores quantitativos das árvores, onde se tem o Método I por avaliação visual, o Método II por avaliação comparativa e o Método III com obtenção de valores exatos por

meio de medição com equipamentos. O estudo aponta que os métodos apresentaram diferenças significativas entre si tanto no tempo de execução quanto na precisão dos valores e que podem ser aplicados dependendo dos objetivos e dos recursos disponíveis para a realização do inventário.

Segundo os autores, as diferenças de precisão e tempo de realização entre os métodos apontam que o método I é o mais indicado para levantamentos superficiais e o método III para aqueles que se necessita de um alto grau de precisão sobre as características das árvores. O método II apresentou custo, precisão e tempo de realização intermediários foi o indicado para as duas situações, sendo considerado eficaz tanto em levantamentos superficiais quando em análises mais precisas.

Os trabalhos de Taitet al. (2009) e Patterson et al. (2011) utilizaram a fotografia digital na avaliação do tronco e mensuração do volume de copa. A fotografia digital já é um instrumento de amplo acesso e custo baixo, e é uma das inovações que foram inseridas recentemente nos inventários. Existem também aplicativos de celulares capazes de mensurar a altura de árvores pelo cálculo de ângulos de inclinação, no entanto, esta tecnologia não foi avaliada neste trabalho.

Taitet al. (2009) usa a fotografia térmica e GPS para avaliação e registro das árvores, com a justificativa que essa análise reduz custos de trabalho. O trabalho apresentou um SIG associado a um servidor de internet que envia as fotos tiradas em campo a um computador remoto onde são feitas as análises e registradas as coordenadas das árvores. Patterson et al. (2011), analisou a influência da distância de tomada da foto na avaliação dos atributos da copa de bordo-açucareiro (*Acer saccharum*) usando o software *UrbanCrowns* de análise de imagens, cujos resultados apontaram ser um método efetivo, de baixo custo e fácil de utilizar.

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

A cidade de Piracicaba-SP situa-se entre as coordenadas geográficas 22°42'sul e 47°38' oeste, a aproximadamente 138 km da capital do estado, São Paulo e está a 580 metros de altitude (IBGE, 2002), possui 364.571 habitantes e área de 1.376,913 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010b). Figura 1.

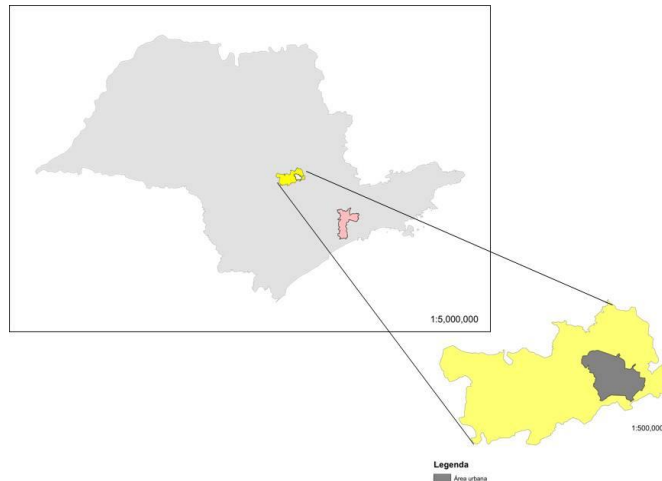


Figura 1 - Localização de Piracicaba (SP) (em amarelo), dentro do estado e em relação a capital (em rosa) e em destaque a área territorial total com a área urbana em cinza

#### 4.1 Comparação entre os 5 métodos de diagnóstico

Foram mensuradas 56 árvores, por método, divididas em 7 classes de frequência de CAP com no mínimo 7 indivíduos cada. As características comparadas foram Altura Total, Altura da 1ª Ramificação, Circunferência à Altura do Peito (CAP) e Diâmetro de Copa, pois sua mensuração é com valores quantitativos. As avaliações qualitativas não foram consideradas na comparação de semelhança, somente na comparação do tempo, já que foram contempladas na cronometragem. Todas as árvores foram avaliadas e registradas no banco de dados desenvolvido por Silva Filho et al (2002) (Anexo A). Com essa distribuição diâométrica, contemplou-se indivíduos arbóreos de diferentes espécies, idades e estágios de crescimento. De início, pretendia-se medir as mesmas árvores pelos 5 métodos, no entanto, como as mensurações por cada método passaram por intervalos de tempo, existem pequenas diferenças entre os métodos, contudo, respeitou-se a necessidade de no mínimo 7 árvores por classe de DAP.

As classes de frequência para amostragem foram estabelecidas com a fórmula de Sturges, com base nos valores de DAP apresentados no Diagnóstico da Cobertura Arbórea em Tecido Urbano de Piracicaba, (SILVA FILHO, 2009). A frequência mínima foi estabelecida após uma pré-amostragem de 50 indivíduos, onde se observou que o maior número de indivíduos em uma classe, sem uma contagem enviesada, era 7.

A CAP foi escolhida como característica referência da amostragem, pois foi medida com o mesmo equipamento (trena) em todos os métodos, exceto no método Foto. O método Clássico foi escolhido como testemunha, pois era o único que apresentava medição

de todas as variáveis por equipamentos, com exceção do Diâmetro de Copa, que foi mensurado pelo observador sem nenhum equipamento auxiliar, somente por estimativa.

O trabalho de campo sempre foi realizado por duas pessoas, uma delas mensurou a CAP, a Altura da 1ª Ramificação e cronometrou o tempo enquanto outra mensurava a Altura Total, o Diâmetro de Copa, os dados qualitativos, anotava as coordenadas geográficas quando necessário e registrava os dados em ficha de papel ou no equipamento e fotografava a árvore. No escritório, somente uma pessoa era responsável pelas atividades e cronometragem. A mesma pessoa sempre estimou o Diâmetro de Copa e a Altura quando era o caso, para minimizar os erros.

A contabilidade do tempo foi feita por meio de cronometragem de etapas, divididas em Campo e Escritório, somados os tempos dessas etapas obteve-se o tempo total do método. A etapa Campo compreendeu a mensuração e registro fotográfico dos indivíduos arbóreos realizados na área de estudo e a etapa Escritório englobou todos os procedimentos realizados no computador (registro das informações no banco de dados, padronização das coordenadas geográficas). A única exceção desse procedimento foi o método Foto, uma vez que somente o registro fotográfico foi realizado em Campo, enquanto as mensurações foram feitas na etapa Escritório. Os procedimentos de cada método estão descritos a seguir:

#### **4.1.1 Método Clássico:**

Na etapa de Campo os dados foram anotados em ficha impressa, conforme modelo criado por Silva Filho et al (2002). Para obtenção dos valores foi utilizado Vertex, trena, GPS Holux e uma máquina fotográfica digital Figura 2A. Na etapa de Escritório, foi realizada a transposição das anotações em ficha, incluindo as coordenadas geográficas, e o registro do *link* das fotos para o banco de dados. Nas duas etapas foi realizada a cronometragem do tempo gasto com as atividades.

#### **4.1.2 Método Foto:**

No campo foram tiradas fotografias georreferenciadas das árvores, com câmera digital Sony Cybershot DSC-HX5V com GPS e ao seu lado uma baliza de 2m para calibração do software. Na etapa de escritório as árvores foram medidas com auxílio do *software* Image Tool e registradas no banco de dados. As georreferências foram obtidas pelo *software* GeoSetter e as mesmas fotos foram anexadas pelo registro do *link* no banco de dados. Os valores da CAP desse método foram obtidos pelo valor do diâmetro do tronco multiplicado por 3,14. Figura 2B.



#### **4.1.3 Método Tablet:**

Na etapa de campo as mesmas árvores foram mensuradas e os valores inseridos diretamente no banco de dados com auxílio de um computador portátil (*tablet*) Samsung NP-Q1U e máquina fotográfica digital. Neste método a ferramenta de medição foi a trena para obtenção principalmente do CAP e quando possível a Altura da primeira ramificação. Os outros dados biométricos foram obtidos por meio da medição comparativa e estimativa. Na etapa de escritório foram realizadas pequenas correções de erros de digitação em campo devido às limitações do *tablet* e foram inseridos os *links* das fotos. Figura2C.

#### **4.1.4 Método Tablet 2:**

A coleta de dados e registro foi feita da mesma maneira que no método Tablet, no entanto, foi utilizando um equipamento de tecnologia mais recente: Acer Iconia W500-BZ41 com *webcam* embutida, que foi utilizada para obtenção das fotos. A etapa escritório consistiu nos mesmos procedimentos que o método Tablet, inclusive a anexação de *hiperlinks* das fotos manualmente. (Figura2D).

#### **4.1.5 Método Personal Digital Assistant (PDA):**

Com o uso do ArcGIS/ArcStudio, desenvolveu-se uma planilha para a realização de inventário de acordo com o banco de dados de Silva Filho et al (2002). Com um iPaq equipado com ArcPad, a coordenada geográfica da árvore foi obtida por conexão Bluetooth com o GPS Holux e foi marcada no *shapefile*. Assim que o ponto é registrado abre-se o formulário criado com os campos a serem preenchidos com informações de cada indivíduo. As medições foram feitas da mesma maneira que o método Tablet. Após a finalização da coleta os dados são salvos na tabela de atributos do *software*. A etapa escritório compreendeu o registro do *link* das fotos referentes a cada indivíduo. (Figura2E e 2F).

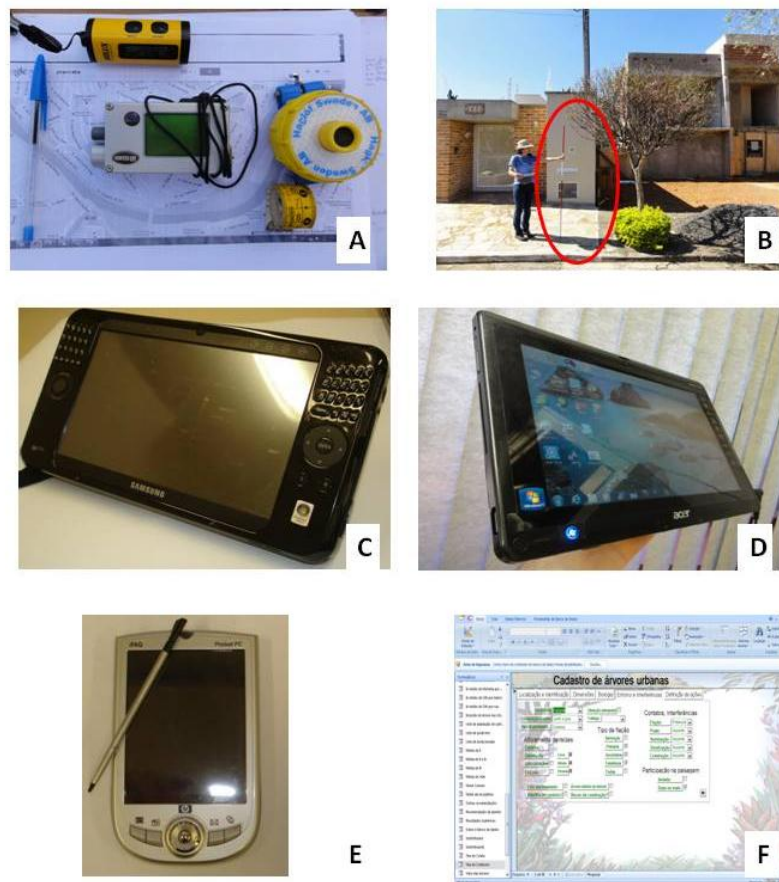


Figura 2 -Equipamentos dos métodos e interface do banco de dados. A) Ferramentas utilizadas no método Clássico (Vertex, GPS e Trena), B) Exemplo de foto do método Foto, em destaque a baliza calibradora, C) Tablet utilizado pelo método *Tablet*, D) Tablet do método *Tablet2*, E) iPaq e F) Interface do Banco de Dados de Silva Filho (2002)

O ImageTool é um software que realiza mensurações de fotografias com base em uma calibração. Este procedimento informa ao software a equivalência entre quantidade de pixels da imagem e valores dimensionais da fotografia e por isso é importante que este seja feito de maneira cuidadosa e precisa afim de se obter valores correspondentes à realidade métrica daquela foto.

A contabilização dos recursos utilizados por cada método levou em conta os equipamentos utilizados e a mão-de-obra necessária, baseado no trabalho de Silva, Gonçalves e Leite (2005). O uso do computador para hospedagem do banco de dados não foi considerado como custo de equipamento, pois assumiu-se a prerrogativa de que este equipamento já é presente em prefeituras para outros usos. Não foram contabilizados nas mensurações o tempo e o custo de deslocamento até o local do inventário nem o tempo de deslocamento de uma árvore a outra.

O custo de um hipsômetro Vertex III, utilizado no método Clássico foi considerado elevado demais, devido a isso, seu valor foi substituído pelo de um hipsômetro a laser e de custo menor.

O custo por árvore foi calculado considerando uma jornada de 6 horas de trabalho por dia para os custos de mão-de-obra e a quantidade de árvores que seriam medidas por cada método no período de um mês. Obtido o custo total do mês, dividiu-se pelo total de árvores medidas por mês. O custo da mão de obra por árvore foi realizado dividindo o custo mensal com mão de obra pelo número de árvores mensuradas.

A análise dos dados foi realizada por meio da estatística descritiva e testes de hipótese utilizando o software estatístico SAS 9.2. Foram utilizados os testes t não-paramétricos de Wilcoxon e Kruskal-Wallis. O teste t não paramétrico de Wilcoxon é utilizado quando existem mais de dois tratamentos a serem comparados e os dados não apresentam normalidade ou heterogeneidade de variância e o teste de Kruskal-Wallis compara dois métodos entre si nestas mesmas condições, substituindo o teste F. Nessas análises a hipótese nula ( $H_0$ ) supõe que não existe diferença entre os valores comparados ( $p > 0,05$ ) e a hipótese alternativa supõe que existe diferença significativa entre os valores ( $p < 0,05$ ) ao nível de 5% de significância. Foi realizada também uma análise de correlação de Spearman entre as características biométricas e sua influência no tempo de realização de cada método, em que os valores de  $r/s > 0,5$  ou  $r/s < -0,5$  indicam efeito positivo ou negativo respectivamente de uma variável dependente em uma variável resposta.

#### **4.2 Experimento distancia x Foto**

Adaptando o método utilizado por Patterson et al (2011) foram mensuradas 50 árvores, divididas em 5 classes de DAP, sendo as que a mesma árvore foi mensurada pelos dois métodos. Cada árvore foi mensurada e fotografada à distância de 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 vezes a sua altura, obtida pelo Hipsômetro Digital Vertex III. Primeiramente, o observador mediu a altura da árvore a uma distância estimada equivalente a altura, e com esse valor da altura calculou as distâncias a serem tomadas para medição com o hipsômetro digital e para obtenção das fotografias com a baliza calibradora, semelhante ao método Foto.

A distância entre o observador e a árvore foi medida com o uso da trena e do hipsômetro digital, para comparação. Também foi medida a inclinação do terreno com o Nível de Abney. A câmera fotográfica estava sempre à altura do peito do observador no momento em que a foto era tirada.

Após as mensurações em campo, as alturas e DAP foram mensuradas no *software* Image Tool da mesma maneira que o método foto. Com os valores obtidos foram

feitas análises de variância e correlação de Spearman, averiguando se a distância e a inclinação interferem na mensuração da Altura e DAP por foto.

Foi analisada a normalidade dos dados e heterocedasticidade da variância, pelo teste de Shapiro-Wilk e Box-Cox e feitos os testes tpareado de Friedman quando encontradas as suposições necessárias, e de Wilcoxon para comparação dos valores mensurados. Primeiramente se comparou as medições do hipsômetro digital e da foto, e posteriormente avaliadas as diferenças entre as classes de diâmetro e a distância de tomada da foto e uma análise de correlação entre a Altura e DAP com a distância e a inclinação de tomada das fotos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Comparação entre os 5 métodos de diagnóstico

#### 5.1.1 Comparação da Biometria

As espécies encontradas foram: Oiti (*Licania tomentosa*Benth.), Resedá (*Lagerstroemia indica*Pers.), Cedro (*Cedrelafissilis*Vellozo), Teca (*Tectonagrandis*L.), Ipê Rosa (*Tabebuia heptaphylla*Vell.), Ipê Roxo (*Tabebuia avellaneda*Lorentz. ExGriseb.), Limoeiro (*Citruslimon* (L.) Burm. f.), Tipuana (*Tipuanatipu*(Benth)Kuntze.), Pata-de-vaca (*Bauhiniaforficata*L.) Canelinha (*Nectandramegapotamica*(Sspreng.) Menz.), Espirradeira (*Neriumoleander*L.), Escovinha de Garrafa (*Callistemonviminalis*G. Don exLoud), Falsa-Murta (*Murrayapaniculata var exótica* (L.) C.C. Huang) e Ficus (*Ficus*spp.).

Os valores do CAP foram classificados de acordo com o método e a frequência, conforme a Figura3.

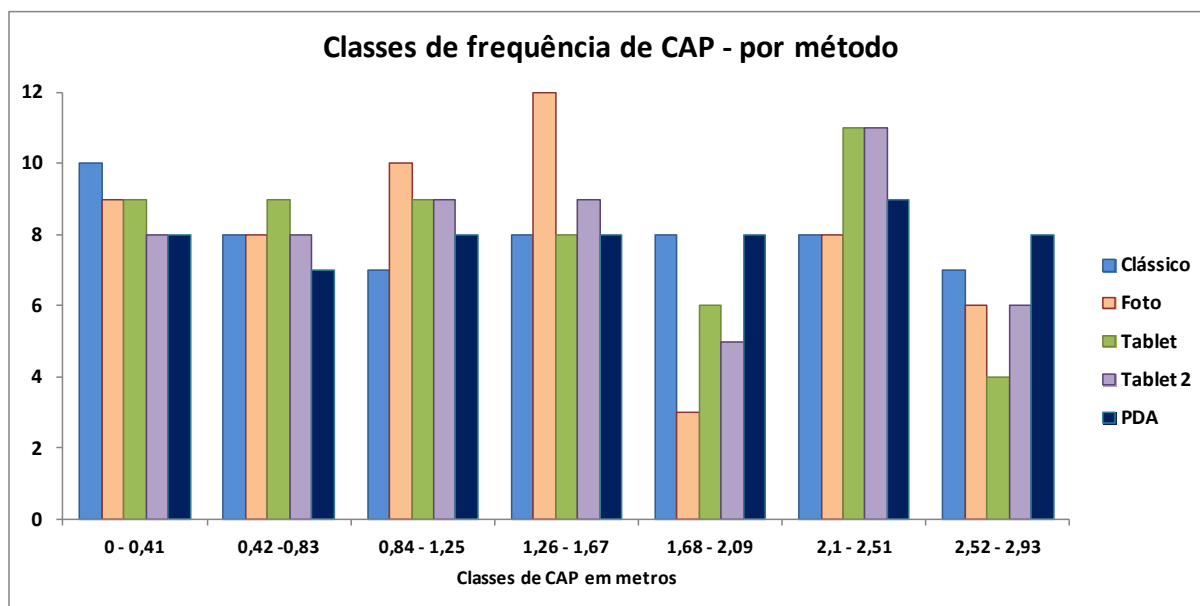


Figura3 -Classes de frequência de CAP, em centímetros ,para as árvores amostradas por cada método em Piracicaba – SP.

Observa-se que existem diferenças nos valores obtidos por cada método, mesmo aqueles que utilizaram a trena para medição do CAP, o que pode ser justificado por erros na medição, obstáculos para medição das árvores, variação entre as pessoas que mediram e erros de digitação. No entanto, os testes estatísticos apontam que quando comparados os valores obtidos por cada método não apresentam diferenças ao nível de 5% de significância.

As classes que apresentaram maiores discrepâncias de frequência de CAP para mais que o esperado foram a 1,26-1,67 metros para o método Foto e 2,1-2,51 metros para Tablet e Tablet 2, e as que apresentaram discrepância para menos que o esperado foram 1,68-2,09 metros para Foto e 2,52-2,93 metros para Tablet. Percebe-se que os erros de medição foram suficientes para alterar a classe do CAP, pois as classes com frequência menor são precedidas por classes em que a frequência foi além do esperado. No caso da foto, essa diferença na frequência de classes pode ser devido a erros de calibração do software.

A distribuição de frequência de Diâmetro de Copa para as árvores se encontra na Figura 4.

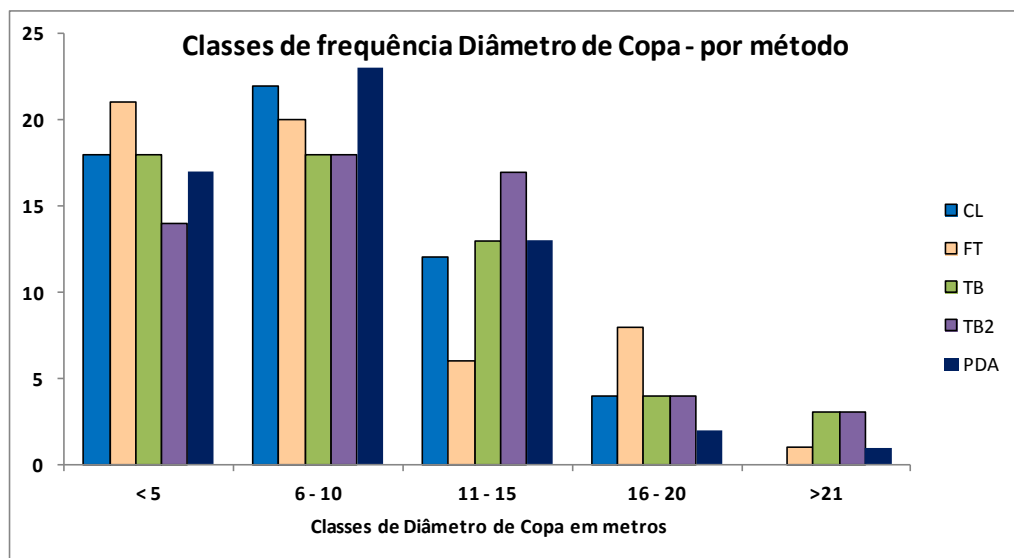


Figura4 -Classes de frequência de Diâmetro de Copa em metros das árvores mensuradas em cada método, em Piracicaba-SP.

O Diâmetro de Copa foi medido da mesma maneira em todos os métodos, com exceção do Método Foto. Observa-se na Figura4 que as maiores frequências se concentram nas duas primeiras classes, mas que os quatro métodos em que a mensuração foi estimada pelo avaliador (Clássico, Tablet, Tablet 2 e PDA) a distribuição de frequência apresenta a mesma tendência. As diferenças observadas podem ser erros de mensuração nas fotos, que devido ao espaçamento entre as árvores e posicionamento da câmera ocasionavam em algumas sobreposições de copas.

Em seu trabalho, Patterson et al. (2011) realizaram mensuração do volume de copa por foto, no entanto selecionaram espécimes em locais abertos e com certo isolamento, além da escolha do melhor ângulo, o que no caso da arborização viária não é possível pois as árvores estão limitadas pelos muros das propriedades ou muito próximas de outras árvores, não permitindo que todas as fotos tenham um enquadramento exato.

As classes de frequência de Altura Total se encontram na Figura 5.

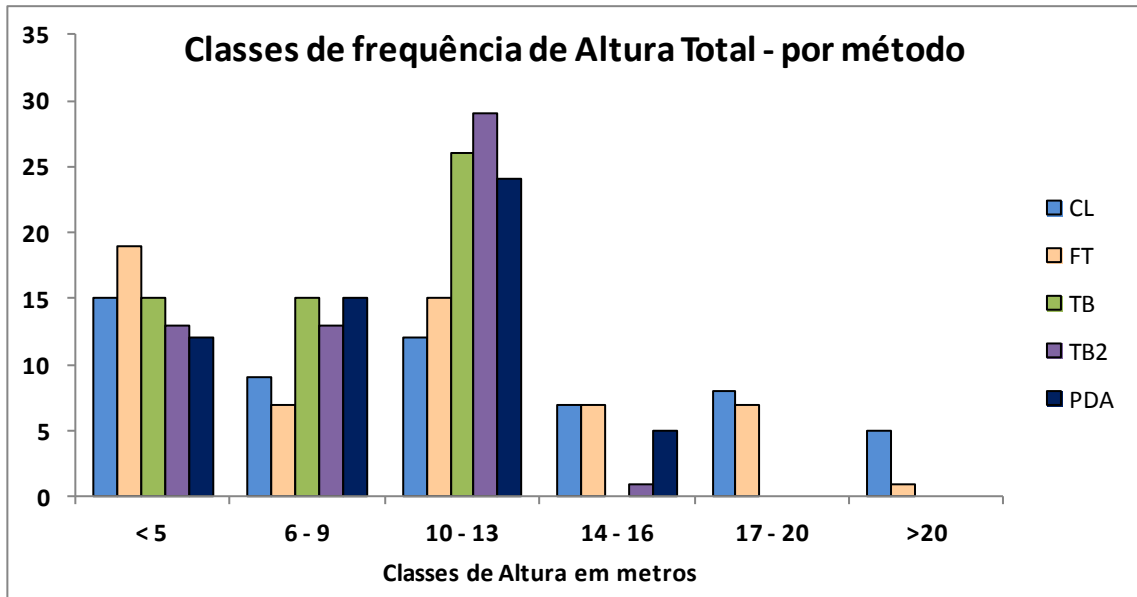


Figura5 -Classes de frequência de Altura Total em metros das árvores mensuradas em cada método, em Piracicaba –SP.

Como se observa na Figura5, as alturas se concentram na classe 10-13 metros. Ressalta-se que os métodos com mensuração por estimativa (TB, TB2 e PDA) não apresentaram valores acima de 16 metros de altura. De acordo com Silva et al. (2006) a distância do observador na estimativa da altura influencia sua percepção, e recomenda que as estimativas sejam feitas todas a uma mesma distância, porém nas mensurações em campo a distância de estimativa foi aleatória, o que pode ter levado à subestimação da altura de alguns indivíduos.

A distribuição de frequência da Altura até a 1ª Ramificação se encontram na Figura 6.

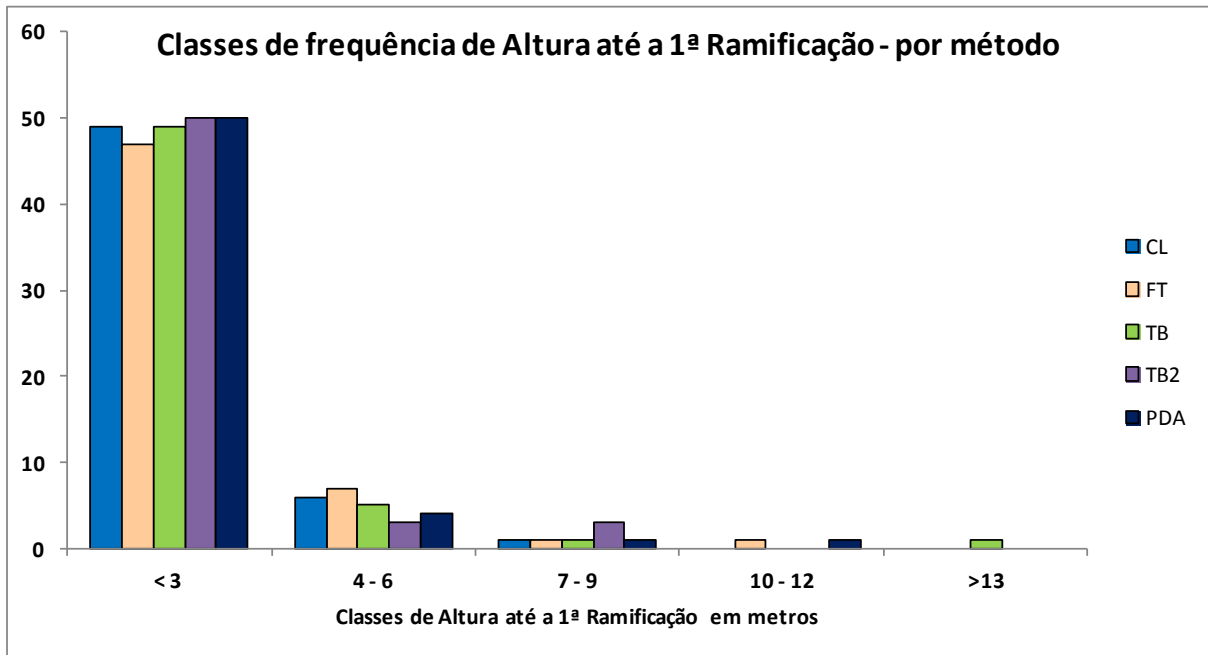


Figura6 - Classes de Frequência de valores de Altura até a 1ª Ramificação, em metros, das árvores mensuradas em cada método, em Piracicaba – SP.

Conforme a Figura6, as medidas de primeira ramificação concentraram-se principalmente na primeira classe, com medidas inferiores a 3 metros. Nessa característica se observa a maior homogeneidade entre os métodos, pois esta foi mensurada com auxílio de ferramentas em todos os métodos e os valores são em sua maioria pequenos.

Foi investigada a superestimação e a subestimação de medidas usando como testemunha o Método Clássico. O cálculo das discrepâncias utilizou como referência o desvio padrão das mensurações de cada método, onde o seu valor foi o erro aceitável. Os valores encontrados estão na Tabela 1.

Tabela 1 -Valores em porcentagem de superestimação e subestimação de mensurações, usando como testemunha o método Clássico

Característica	Superestimação (%)			
	Foto	Tablet	Tablet 2	PDA
CAP	8,93	1,79	30,36	26,79
Altura	0	0	0	0
Copa	17,86	21,43	33,93	5,36
1 ram	23,21	3,57	5,36	1,79

Tabela 1 (cont.) - Valores em porcentagem de superestimação e subestimação de mensurações, usando como testemunha o método Clássico



Característica	Subestimação (%)			
	Foto	Tablet	Tablet 2	PDA
CAP	16,07	23,21	7,14	1,79
Altura	35,71	35,71	30,36	32,14
Copa	5,36	0	0	12,5
1 ram	8,93	1,79	7,14	5,36

O método com maior soma de discrepância foi o Tablet 2 no CAP (37,5%) e o método com a menor soma foi o Tablet na 1ª Ramificação (5,36%). Os valores ultrapassam os encontrados por Silva et al. (2006), que foram em torno de 25% mas os maiores valores de discrepância são apresentados pelas mesmas características: Altura e CAP.

A Altura Total foi a característica com maior discrepância em todos os métodos de acordo com os resultados encontrados, pode-se presumir que na hora da obtenção dos valores de o observador não se encontrava em uma distância suficiente para obtenção de valores exatos ou mais próximos da realidade, pois foi a única característica que não apresentou valores superestimados, o que indica que na hora da mensuração com o Vertex o observador estava próximo demais da árvore. Isso também pode ser explicado pelo fato das árvores mais altas necessitarem de uma distância maior, o que no caso da arborização das cidades é uma limitação, visto que as ruas, calçadas e muros limitam a tomada de distância para mensuração, impossibilitando ao observador de ver exatamente o cume da árvore.

É importante ressaltar que o fator humano influencia muito nas mensurações, sendo observado que mesmo as mensurações realizadas por uma única pessoa apresentam variações.

Conforme se observou em campo tanto na comparação dos 5 métodos quanto na comparação entre Vertex e Foto, o primeiro tende a superestimar a altura de árvores quando sua mensuração é feita de uma distância curta. A ausência de superestimações sugere que em campo essa distância não foi respeitada.

Quando se compara o método Clássico com todos os outros, se percebe que a Altura apresentou somente subestimações, o que indica que tanto o método Foto, que usa um *software*, quanto os métodos estimativos, apresentaram valores menores que os do Vertex, com número de valores subestimados quase equivalentes.

Até as características que foram mensuradas com o mesmo equipamento em todos os métodos, apresentaram superestimação e subestimação, o que pode ser explicado por erro humano no caso do CAP e Diâmetro de Copa, que foram mensurados por trena e

estimados, respectivamente, em todos os métodos, exceto o Foto, quanto pelas variações de cada equipamento.

De acordo com os testes estatísticos de Kruskal-Wallis os valores de Altura, CAP, 1ª Ramificação e Diâmetro de Copa não apresentaram diferenças quando comparados os métodos. Os valores do teste de Wilcoxon para as características biométricas estão na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de p para o teste de Wilcoxon comparação dos valores biométricos obtidos por cada método, valores maiores que 0,05 indicam que não há diferença estatística entre os métodos Clássico (CL), Foto (FT), Tablet (TB), Tablet 2 (TB2) e *Personal Digital Assistant*(PDA)

Método	Característica			
	Altura	CAP	Copa	1ª Ramif.
CL -FT	0,386	0,716	0,820	0,437
CL-TB	0,027	0,785	0,762	0,970
CL-TB2	0,098	0,747	0,237	0,830
CL-PDA	0,095	0,619	0,972	0,884
FT-TB	0,085	0,900	0,557	0,455
FT-TB2	0,210	0,490	0,193	0,292
FT-PDA	0,242	0,397	0,843	0,294
TB -TB2	0,420	0,582	0,427	0,839
TB-PDA	0,512	0,439	0,681	0,796
TB2-PDA	0,932	0,850	0,242	0,930

As características biométricas apresentaram diferenças significativas somente quando se comparou a Altura nos métodos Clássico e Tablet. A variável Altura é uma das mais propensas a apresentar diferença, pois suas grandezas são maiores e sofrem influência da percepção do observador, da distância tomada por ele na estimativa e na comparação com estruturas urbanas que podem apresentar variações de medidas e confundir o observador (SILVA et al., 2006).

### 5.1.2 Comparação do Tempo

As médias de tempo por etapa e método estão apresentadas na tabela 3. De acordo com as análises de Wilcoxon e Friedman, existe diferença estatística significativa entre o tempo que cada método leva para coletar e registrar os dados em todas as etapas. Na análise do experimento o valor de p foi <0,001 o que indica que há a diferença entre pelo menos dois tratamentos.

Tabela 3 - Média do tempo, em minutos e segundos, de realização de cada método, por etapa e total

Método	Etapa		
	Campo	Escritório	Total
Clássico (CL)	00:03:42	00:02:41	00:06:23
Foto (FT)	00:00:51	00:04:16	00:05:08
Tablet (TB)	00:05:17	00:00:50	00:05:56
Tablet 2 (TB2)	00:05:24	00:00:48	00:06:12
PDA	00:03:35	00:00:18	00:03:53

O método mais rápido em Campo é o Foto com 51 segundos em média e o mais lento é o Tablet 2 com 5 minutos e 24 segundos. O método mais rápido em Escritório é o PDA com 18 segundos e o mais lento é o Foto com 4 minutos e 16 segundos. No total dos métodos o mais rápido é o PDA com 3 minutos e 53 segundos em média para sua execução e o mais lento é o Clássico com 6 minutos e 23 segundos.

O método PDA se mostrou o mais rápido em sua execução, devido a sua praticidade na hora de obter as coordenadas geográficas diretamente do aparelho GPS por Bluetooth, o que nos outros métodos era feito manualmente. No caso dos métodos Tablet e Tablet 2 o acréscimo desta informação ao banco de dados fazia parte das correções em Escritório, pois o teclado dos equipamentos era limitado e a inserção dos caracteres de graus (°), minutos (') e segundos (") era pouco prática e demorada. Como esperado, o método Clássico mostrou-se mais lento na soma das etapas, devido ao procedimento do método de anotação dos dados para posterior transcrição no banco de dados.

No entanto, ao se observar a média dos tempos na Tabela 3, percebe-se que somente o PDA se destaca como menor valor absoluto no total. Estatisticamente os métodos Tablet e Tablet 2 não diferem em nenhuma etapa e no total, e outros métodos apresentaram semelhanças de tempo em algumas etapas conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Valor de probabilidade do teste de Wilcoxon para a comparação de diferença de tempo entre os métodos, valores maiores que 0,05 significam que não há diferença estatística entre os métodos Clássico (CL), Foto (FT), Tablet (TB), Tablet 2 (TB2) e *Personal Digital Assistant*(PDA)

Método	Característica		
	Campo	Escritório	Total
CL -FT	<0,001	<0,001	<0,001
CL-TB	<0,001	<0,001	0,030
CL-TB2	<0,001	<0,001	0,217
CL-PDA	0,402	<0,001	<0,001
FT-TB	<0,001	<0,001	<0,001
FT-TB2	<0,001	<0,001	<0,001
FT-PDA	<0,001	<0,001	<0,001
TB -TB2	0,590	0,173	0,590
TB-PDA	<0,001	<0,001	<0,001
TB2-PDA	<0,001	<0,001	<0,001

Quando comparados os valores obtidos por este estudo com o trabalho de Silva et al. (2006), observa-se que existem grandes diferenças de tempo, provavelmente pelo fato da avaliação ser feita com parâmetros diferentes e que os métodos (II) e (III) testados pelo autor possuíam 3 pessoas na equipe. O método mais rápido (I), tinha somente um técnico de nível superior que estava todos os valores a olho nu, enquanto o método mais lento foi o (III) que foi usado como testemunha.

A comparação com o trabalho de Silva et al (2006) demonstra que o tempo utilizado pelo técnico de nível superior para avaliar uma árvore (54 s) é próximo ao valor levado pelo método mais rápido em campo, o Foto (51 s). O que se deve ressaltar também é que nos métodos de Silva et al. (2006), não eram obtidas coordenadas geográficas nem fotografias das árvores o que acarretaria em economia de tempo.

O trabalho de Silva et al. (2006) somente analisou as formas de coleta de dados, sendo seu equivalente neste trabalho à etapa Campo. Somente o método (III) necessitou de trabalho em escritório, no cálculo de valores de DAP, enquanto que todos os métodos deste trabalho apresentaram algum procedimento em escritório.

Pode-se inferir que em Campo, os métodos Clássico e PDA e Tablet e Tablet 2 não apresentaram diferenças significativas, e no total das etapas os métodos Clássico e Tablet 2 e Tablet e Tablet 2 também não apresentam diferenças significativas conforme se observa na Tabela 4.

A semelhança do tempo nos métodos Tablet e Tablet 2 demonstra que a tecnologia do equipamento interferiu pouco no tempo de execução do método, conforme observado na Tabela 3. O Tablet 2 se mostrou um pouco mais lento que o Tablet. Isso se deve ao fato que o Tablet 2, mais moderno, é capaz de tirar fotos com sua própria câmera, mas não anexou automaticamente a foto ao banco de dados, o que demandou praticamente o mesmo tempo em escritório que o método Tablet.

Outro fator que influenciou no tempo do método Tablet 2 foi o manuseio do equipamento que apresentou algumas dificuldades com o teclado *touchscreen*, ocasionando muitas vezes no repetição do trabalho de digitação dos valores além do fato da câmera embutida demorar para capturar e armazenar a foto.

Os métodos PDA e Clássico são semelhantes em campo, no entanto a rapidez do método PDA no escritório os torna significativamente diferentes. A semelhança entre os tempos totais dos métodos Clássico e Tablet 2 é indicativo que os dois são os mais lentos de todo o experimento, mesmo o segundo sendo mais rápido em Escritório.

### 5.1.3 Tempo x Biometria

Na análise de correlação de Spearman entre tempo e características biométricas, somente os métodos Clássico, Tablet e Tablet 2 apresentaram influência negativa no tempo de Escritório, ou seja, quanto maior o valor da medida da árvore, menor o tempo gasto no escritório. Os valores encontrados na correlação se estão na tabela 5.

Tabela 5- Correlação entre biometria e tempo dos métodos. Os métodos e características que não estão na tabela não apresentaram correlação significativa

Método	Clássico	Tablet	Tablet 2
Característica e correlação	Altura (-0,535)	Altura (-0,552)	Altura (-0,730)
		DAP (-0,805)	Ram (-0,505)
		Copa (-0,641)	DAP (-0,821)
			Copa (-0,752)

Esse resultado pode ser explicado pela consideração de Miller (1997), em que ele sugere a formação de equipes individuais de coleta de dados em campo para economia de tempo, uma vez que quando mais de uma pessoa avalia um indivíduo pode haver discussão sobre os parâmetros avaliados. Como a análise em campo era feita por duas pessoas, aconteceram conversas entre os dois membros e discussão de algumas estimativas, o que foi considerado como parte da coleta de dados, principalmente em árvores de maior altura.

No entanto, não encontrou-se uma razão para essa correlação negativa, que pressupõe que árvores maiores levam menos tempo nas tarefas de escritório.

Já o registro dos dados em escritório foi feito por uma única pessoa, e os dados das árvores maiores tinham tendência a serem parecidos, pois os maiores DAP e Altura encontrados foram da espécie *Tipuanatipu*.

Muitas outras variáveis podem ter interferido nessa correlação, como a experiência do usuário no registro dos dados, a prática com o manuseio do banco de dados, o que explicaria o fato do método Tablet 2 apresentar essa correlação com 3 das 4 características, uma vez que foi o último método coletado e sua etapa Escritório era idêntica ao do método Tablet, ou seja, a pessoa responsável pelo registro já tinha prática nos procedimentos. Quanto mais demorada a adaptação ao equipamento a média de tempo final tende a ser maior.

De acordo com Patterson et al. (2011), árvores com CAP maiores necessitam de maiores distâncias para tomada de fotos onde estas sejam totalmente enquadradas, com erros de ordem entre 5% e 10% de significância para mensuração da copa em softwares. No presente trabalho observando-se a Figura 3a partir da classe 1,26-1,67 as diferenças entre as medições de CAP também são maiores, o que indica que árvores de maior tamanho apresentam maior variação de valores quando medidas. Outra limitação apresentada por Patterson et al. (2011) e percebida durante a tiragem de fotos, é o efeito da elevação do terreno na obtenção das fotos, o que compromete o ângulo da fotografia no desenho do perfil da árvore registrado, no entanto essa característica não apresentou influência no teste de correlação.

#### 5.1.4 Avaliação dos custos por método

Os métodos apresentaram particularidades quanto aos equipamentos empregados, pois todos os métodos incluem um banco de dados digital, no entanto o computador desktop não foi contabilizado como recurso necessário, pois é um equipamento de uso não exclusivo para o inventário.

O salário do Engenheiro Florestal e do estagiário foi contabilizado na perspectiva de que durante o mês em questão se dedicaram exclusivamente à realização do inventário arbóreo, o valor para o Engenheiro foi o piso base da categoria: R\$ 3.060,00 e o do estagiário foi de R\$ 750,00, considerado o mínimo, no entanto os valores só foram considerados no cálculo do custo total do método por árvore e do custo de mão de obra por árvore. A soma dos valores dos instrumentos utilizados estão na Tabela 6.

Tabela 6 -Custo total de cada método e descrição do valor gasto com cada equipamento nos métodos Clássico, Foto, Tablet, Tablet 2 e PDA.

<b>Método</b>	Clássico	Foto	Tablet	Tablet 2	PDA
<b>Equipamento</b>					
Vertex/Hipsometro	R\$ 1.599,00				
Trena	R\$ 44,95		R\$ 44,95	R\$ 44,95	R\$ 44,95
Câmera Fotográfica	R\$ 830,00	R\$ 830,00	R\$ 830,00		R\$ 830,00
GPS	R\$ 299,00		R\$ 299,00	R\$ 299,00	R\$ 299,00
Papel/Caneta	R\$ 50,00				
Baliza		R\$ 85,00			
Tablet/PDA			R\$ 1.000,00	R\$ 1.712,00	R\$ 999,00
Software					R\$ 480,00
<b>Total método (R\$)</b>	<b>R\$ 2.822,95</b>	<b>R\$ 915,00</b>	<b>R\$ 2.173,95</b>	<b>R\$ 2.055,95</b>	<b>R\$ 2.652,95</b>

O custo total de cada método e o custo por árvore de cada método se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Análise do custo total de cada método e a média de árvores mensuradas por cada método, e cálculo do custo inicial por árvore

Método	CustoTotal	Tempo médio (Segundos)	Média de árvores por dia	Média de árvores por mês	Custo por árvore total	Custo da mão de obra por árvore
Clássico	R\$ 2.822,95	383	56	1692	R\$ 3,92	R\$ 2,25
Foto	R\$ 915,00	308	70	2107	R\$ 2,24	R\$ 1,81
Tablet	R\$ 2.173,95	356	61	1819	R\$ 3,29	R\$ 2,09
Tablet 2	R\$ 2.055,95	372	58	1741	R\$ 3,37	R\$ 2,19
PDA	R\$ 2.652,95	233	93	2782	R\$ 2,32	R\$ 1,37

O método com menor custo foi o Foto, com total de R\$ 915,00 conforme a tabela 6. No cálculo do custo por árvore, o valor encontrado para esse método foi de R\$ 2,24, o menor de todos. O método com maior custo é Clássico cujo total é de R\$ 2822,95 e também maior custo por árvore R\$ 3,92.

Silva et al. (2006) obteve em seus estudos os valores de R\$ 5,22 por árvore como valor mais elevado e R\$ 0,97 como menor valor. O método Clássico é o mais semelhante ao método utilizado pelo autor e também o método com maior custo por árvore, no entanto, mesmo com uso de mais equipamentos como a câmera fotográfica e o hipsômetro, seu preço foi menor. O método Foto, quando comparado ao de menor custo do autor, no entanto, é duas vezes mais caro, pois o método utilizado por ele obtêm os valores somente pela estimativa do observador, sem uso de equipamentos ou ferramentas de mensuração.

Os custos totais de cada método variam de acordo com os equipamentos escolhidos. Quando possível, substituir um equipamento de mensuração por um método estimativo ou por um equipamento mais barato, diminui o seu custo total. No entanto, o

custo por árvore é influenciado também pelo tempo de mensuração, pois ao medir mais árvores em menor tempo o custo por árvore diminui, como é visto no caso do método PDA. Miller (1997) já dizia que o custo de um inventário leva em conta os equipamentos utilizados e o tempo de mensuração; quando possível o uso de um equipamento que reduza o tempo de realização de um inventário pode levar à redução do seu custo final.

Taitet al. (2009), utilizaram uma plataforma de SIG com conexão sem-fio para envio de fotos ao escritório, o que pode aumentar ainda mais a velocidade de coleta de dados em campo e exigir menos especialização da equipe que vai para a rua. Essas reduções podem acarretar num custo total ainda menor no método Foto, uma vez que a equipe na rua envia a foto em tempo real para o escritório, onde já é mensurada e analisada.

Na avaliação dos métodos deste trabalho, o tempo despedido para que os dados que foram coletados em campo ficassem disponíveis para o banco de dados não foi considerado, mas é importante ressaltar que no caso dos métodos Foto e Clássico existe um tempo de espera até que todos os dados estejam tabulados, é nesse aspecto que a inserção de tecnologias sem-fio é recomendada, no caso do Foto, pois a mensuração pode ser feita quase em tempo real.

Os equipamentos exerceram influência no tempo de execução do método, pelo seu manuseio e a adaptação do usuário a ele, o que levou à conclusão de que custos maiores por árvore e tecnologias mais recentes não significam, necessariamente, menor tempo de mensuração, como se pode perceber na comparação entre os métodos Tablet e Tablet 2, e deveser observado na aquisição de um equipamento moderno se ele é adaptável ao uso em inventários.

O que explica a diferença de custos entre este trabalho e o de Silva et al (2006) são o tempo, os equipamentos e os gastos com mão de obra, que neste trabalho consideram um Engenheiro Florestal e no de Silva et al. (2006) um técnico de nível superior. As variáveis também influenciaram pois em todos os métodos utilizados aqui foram obtidas fotografias e as coordenadas geográficas das árvores, o que era de se esperar que elevasse o tempo de coleta de dados e, conseqüentemente, os custos. Além disso, o uso de tablets, máquina fotográfica, GPS e PDA como forma de coleta e registro de dados aumenta o investimento inicial nos métodos, mesmo aqueles que realizaram as mensurações somente por estimativa.

Miller (1997) discorreu que o custo inicial de um inventário tende a ser alto, pelo investimento em equipamento e quando necessário em treinamento de pessoal. Seguindo a



premissa de inventários periódicos, calculou-se então o gasto total por método com mão de obra como custo variável e que diferencia os custos finais, dependendo do número de árvores a serem analisadas.

Para a estimativa de custo de cada método e para comparação, estimou-se os custos de acordo com o número de árvores mensuradas, os resultados estão demonstrados na Figura 7. O cálculo do custo total foi feito utilizando a equação (1):

$$Ct = I + (\text{número de árvores} \times \text{mão de obra por árvore}) \quad (1)$$

Sendo:

Ct = Custo total do método

I = Investimento inicial em equipamentos

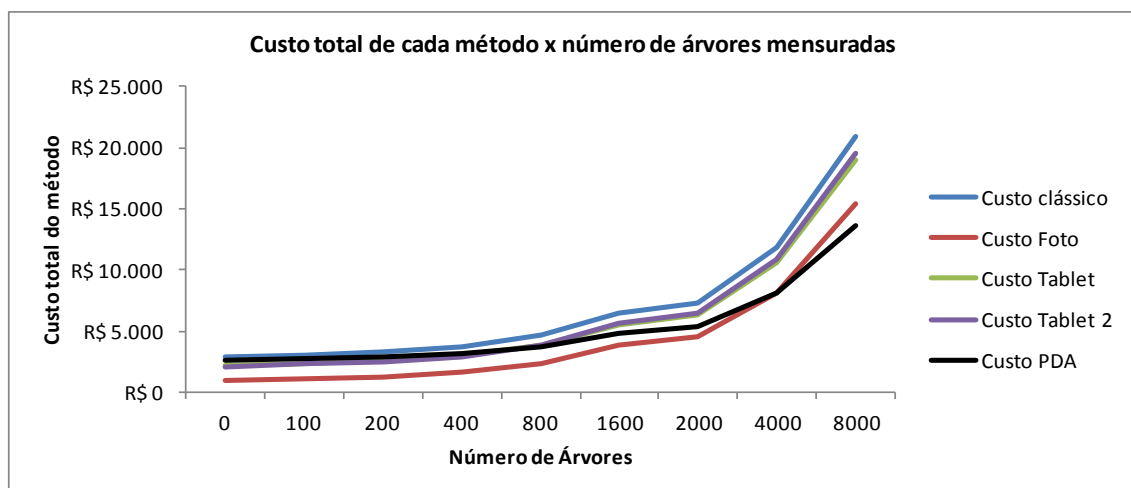


Figura 7 - Comparação de cenários de utilização dos métodos estudados, onde é possível visualizar o custo total de cada método com o aumento do número de árvores mensuradas

Como se observa na Figura 7, o Método PDA é o que se torna mais efetivo de acordo com o número de árvores mensuradas, chegando a ser o mais econômico a partir da mensuração de 4.000 árvores. A principal característica que torna esse método mais efetivo com o aumento de árvores a serem mensuradas é o tempo, pois é um dos métodos mais caros inicialmente, no entanto é o que apresenta maior velocidade de mensuração.

A eficiência do método PDA se mostra pelo número de árvores mensuradas em um mesmo período, ou seja, o menor tempo de mensuração do método justifica os investimentos em mão-de-obra, pois o valor pago às pessoas é o mesmo no final do mês, tendo elas mensurado um número maior ou menor de árvores durante o período.

## 5.2 Experimento Vertex x Foto

Após a análise dos valores obtidos pelo Hipsômetro Digital e pela mensuração em software de fotografia, os resultados apontaram que não existe diferença significativa entre os valores obtidos por cada método corrobora com dados obtidos por Patterson et al (2011). Os valores de média e erro padrão se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 - Média e erro padrão da média (entre parênteses) das mensurações da Altura (em metros) por fotografia classificados por classe de diâmetro e distância da árvore

Distância	Médias de altura				
	Classes de Diâmetro				
	0-15	16-30	31-45	46-60	>60
<b>1,5</b>	3,9 (0,26)	5,66 (0,81)	8,32 (0,91)	9,10 (0,81)	14,44 (0,65)
<b>2</b>	3,9 (0,26)	6,22 (1,17)	8,44 (0,95)	8,88 (0,56)	14,96 (0,72)
<b>2,5</b>	3,87 (0,24)	6,01 (0,90)	8,46 (1,02)	8,8 (0,60)	15,16 (0,82)
<b>3</b>	3,83 (0,25)	6,09 (1,00)	7,89 (0,77)	8,54 (0,56)	14,23 (0,68)

O erro padrão da média encontrado por Patterson et al. (2012) é menor para Altura variando entre 0,3 e 0,7 enquanto para o DAP os erros encontrados ficaram entre 1,1 e 5,7. No presente trabalho o que se observa é uma tendência, com erros maiores no DAP e menores na altura.

Nas mensurações em campo, foi possível observar que o hipsômetro sofre também influência da distância em que se realiza a mensuração, e que distâncias mais curtas apresentam mais chances de superestimação de altura da árvore, no entanto, distâncias muito longas, neste caso acima de 40 metros, não foi possível obter o valor da altura pois o aparelho não conseguia se comunicar com o *transponder*.

Na comparação entre Trena e Fotografia na mensuração do DAP, também não foram encontradas diferenças significativas entre os valores mensurados, o que pode ser observado pelo baixo erro padrão das médias na tabela 9.

Tabela 9 - Média e erro padrão da média (entre parênteses) das mensurações de DAP por fotografia em centímetros

Distância	Médias de DAP				
	Classe de Diâmetro				
	0-15	16-30	31-45	46-60	>60
<b>1,5</b>	9,40(1,15)	23,9 (2,37)	40,60 (3,23)	48,70 (1,15)	69,80 (3,50)
<b>2</b>	9,00 (1,03)	22,8 (2,33)	40 (3,74)	49,2 (2,46)	71,5 (3,03)
<b>2,5</b>	9,9 (1,15)	22,5 (2,15)	41,1 (3,70)	48,1 (1,68)	73,2 (3,38)
<b>3</b>	9,40 (1,24)	24,6 (2,01)	35,7 (5,08)	49,3 (2,45)	63,7 (7,87)

Na análise de correlação entre distância e foto, averiguou-se que a distância tem correlação positiva com os valores obtidos, ou seja, distâncias maiores de mensuração e para tomada da fotografia tendem a superestimar os valores mensurados tanto no

Vertex quando na Fotografia, o que indica que os dois métodos são equivalentes. A inclinação não apresentou correlação com os valores mensurados tanto no Vertex quanto na fotografia. No DAP, somente as mensurações por fotografia foram analisadas, pois as mensurações com trena somente são realizadas no tronco. Os coeficientes de correlação se encontram na tabela 10.

Tabela 10 - Valores de r/s de Spearman para correlação entre os valores obtidos pelos métodos e correlação entre a diferença dos valores de cada método com os fatores de influência, valores abaixo de 0,05 indicam que não há correlação entre as variáveis.

Correlação Distância e Inclinação x Biometria			
Biometria	Distância Trena	Distância Vertex	Inclinação (Graus)
Altura Vertex	0,840	0,840	-0,186
Altura Fotografia	0,886	0,882	-0,269
DAP Fotografia	0,793	0,794	-0,034
Vertex-Foto	0,157	0,156	0,153
Trena - Foto	0,202	0,177	0,028

A análise da correlação indicou que a distância de tomada da foto tem influência sobre os valores obtidos na mensuração, pois houve correlação entre a distância e a altura e distância e DAP. Caso a distância não influenciasse nesses valores, não existiria a correlação, uma vez que a distância aumentaria mas o valor de altura e DAP continuaria o mesmo.

A análise também apresentou resultados que mostram que a variação em função da distância ocorre tanto na mensuração com o Vertex quanto na mensuração com fotografia para a altura, mas ao analisar a diferença dos valores obtidos por cada método percebeu-se que não existe correlação com a distância, o mesmo se aplica à mensuração do DAP por foto, o que significa que os valores obtidos pelos dois métodos não possuem diferença significativa em nenhuma classe de distância.

No caso da foto, o que explica essa variação é que distâncias muito longas dificultam a visualização exata do tamanho da baliza, o que pode gerar erros de calibração na contagem de pixels e no caso do Vertex, a dificuldade de localização do cume da árvore.

Patterson et al. (2011) também não encontrou diferenças entre as mensurações de volume e densidade de copa com diferentes distâncias, e o autor percebeu uma maior sensibilidade à distância da foto para o cálculo da densidade de copa em árvores pequenas e um erro entre 5% e 10% em árvores de maior DAP em maiores distâncias de fotografia.

O teste de Wilcoxon comparou as classes de distância entre si, divididas por classe de diâmetro e não encontrou diferenças significativas entre os valores. Ou seja,

mesmo se distanciando da árvore a fotografia ainda permite obter valores semelhantes nos dois métodos, conforme observado na tabela 11.

Tabela 11 - Valores de p para o teste de Wilcoxon da diferença entre os equipamentos de mensuração de altura (Vertex e Fotografia) e DAP (Trena e Fotografia)

Atributo	Classe de Diâmetro do Tronco (cm)				
	0-15	16-30	31-45	46-60	>60
<b>Altura</b>					
1,5x - 2,0x	0,762	0,104	0,473	0,273	0,623
1,5 x- 2,5x	0,762	0,473	0,290	0,102	0,391
1,5x- 3,0x	0,910	0,121	0,206	0,066	0,661
2,0x - 2,5x	0,910	0,385	0,734	0,967	0,806
2,0x - 3,0x	0,970	1,000	0,391	0,546	0,961
2,5x - 3,0x	0,880	0,571	0,775	0,930	0,597
<b>DAP</b>					
1,5x - 2,0x	0,677	0,450	0,545	0,762	0,571
1,5 x- 2,5x	0,520	0,384	0,820	0,850	0,623
1,5x- 3,0x	0,970	0,571	0,713	0,734	0,967
2,0x - 2,5x	0,089	0,821	0,450	0,650	0,910
2,0x - 3,0x	0,520	0,384	0,903	0,910	0,488
2,5x - 3,0x	0,241	0,289	0,513	0,705	0,775

A análise da diferença entre os valores de cada método permite observar se existe alteração nas mensurações quando se altera a distância. Nos dois métodos essa diferença se manteve ou aumentou de maneira proporcional como resposta à mudança na distância.

### 5.3 -Vantagens e Desvantagens de cada método

O método Foto é o mais barato de todos e exige um investimento inicial baixo, não exige muitos recursos além de uma câmera fotográfica, algum objeto para calibração do software ImageTool (que é distribuído gratuitamente) e um computador. A foto georreferenciada é opcional nesse método, podendo a georreferência ser obtida por meio de GPS ou até mesmo com referências a logradouros e números de casa.

A mensuração de árvores por meio do uso de fotos digitais não apresentou diferença significativa em relação ao Vertex, um equipamento de uso frequente e confiabilidade testada, nem em relação à mensuração de DAP com trena, o que comprova a confiabilidade dos valores mensurados por meio desse método. A avaliação qualitativa das árvores por foto é mais difícil de ser realizada, pois existem limitações quanto à visão em

2Dda foto e de uma avaliação menos profunda com observações de detalhes e uso do tato e de análises físicas (como a presença de ocos) que são melhor realizadas *in loco*.

Para a realização de diagnósticos mais quantitativos e superficiais, onde se pretende conhecer o patrimônio arbóreo e detectar necessidades mais óbvias e urgentes o método Foto é recomendado pela sua praticidade e simplicidade, podendo ser complementado por tecnologias como conexão sem-fio e fotografias termais.

Na realização de diagnósticos com enfoque qualitativo e detalhado, onde é necessário um avaliador presente em campo e onde se obtém informações mais precisas sobre o estado geral de uma árvore *in loco*, é recomendado o método PDA pela sua rapidez de realização, que compensa o investimento inicial em equipamentos com menor tempo de trabalho.

Uma desvantagem do método PDA é que o ArcPAD não permite a inserção de mais de 50 nomes pré-determinados em suas *combo box*, ou seja, as espécies ou nomes de rua da cidade devem ser selecionados previamente ao trabalho de campo e aqueles que não estiverem na lista, deverão ser digitados manualmente. Nos métodos Tablet e Tablet 2, era possível inserir o nome de todas das ruas da cidade e de um grande número de espécies.

Os demais métodos não apresentam grandes diferenças entre si, o que não justificaria, por exemplo, o investimento em um Tablet se este não garantisse um menor tempo de trabalho em campo. Nesse caso o mais recomendado seria o uso do método Clássico e das mensurações por estimativa (TB, TB2 e PDA), o que faria os custos serem bem menores.

Existe diferença significativa de tempo de realização entre os métodos, sendo o mais rápido o método PDA (3 minutos e 53 segundos) e o mais lento o método Clássico (6 minutos e 23 segundos).

O método com o menor custo total foi o Foto (R\$ 4.725,00) e o maior foi o método Clássico (R\$ 6.632,25). O menor custo por árvore é do método Foto (R\$ 2,32 por árvore) e o maior é o do método Clássico (R\$ 3,92 por árvore). O método Clássico é vantajoso pela simplicidade de realização, baixo investimento inicial e pela versatilidade de equipamentos que podem ser empregados ou não para a mensuração das árvores. Sua desvantagem é a necessidade de tabulação dos dados anotados em papel para um banco de dados digital.

O método Foto é o de menor custo e maior simplicidade de realização, sendo indicado para diagnósticos mais quantitativos, devido às limitações de avaliação da árvore por foto.

Os métodos Tablet e Tablet 2 não apresentam diferença significativa de tempo entre si, mesmo com a diferença tecnológica. Sua vantagem é que os dados coletados em campo já são inseridos diretamente no banco de dados digital.

## 6 CONCLUSÕES

Com tudo o que foi apresentado, é possível concluir que a adoção de tecnologias de fotografia, SIG e computadores portáteis para realização de inventários é um avanço. Mesmo com custo inicial elevado o método PDA se mostra mais eficiente em termos de tempo e custo conforme o número de árvores a serem mensuradas aumenta.

Os 5 métodos não apresentaram diferença estatística significativa quando se compararam os valores de Altura, CAP, Altura da 1ª Ramificação e Diâmetro de Copa, exceto quando comparada a Altura nos métodos Clássico e Tablet.

O método PDA é o segundo mais caro, no entanto é o método mais rápido, o que compensa o investimento quando se leva em conta as horas economizadas pela mão-de-obra, além de possibilitar uma avaliação *in loco* da árvore, no entanto possui limitações quanto ao banco de dados.

A mensuração da Altura e DAP de árvores por foto se mostrou confiável quando comparado à mensuração por Vertex e Trena, respectivamente, pois não apresentou diferença estatística significativa.

Para um diagnóstico mais quantitativo e superficial, se recomenda o uso do método Foto, enquanto que o método PDA é recomendado para aqueles mais qualitativos e detalhados.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, I.A.VELASCO G. N.;BARBIN, H. S.;LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H.T.Z.Comparison of Two Sampling Methods for Estimating Urban Tree Density. **Journal of arboriculture**, v.31, p. 209–214, 2005. Disponível em [:http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Comparison+of+two+sampling+methods+for+estimating+urban+tree+density#0](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Comparison+of+two+sampling+methods+for+estimating+urban+tree+density#0). Acesso em: maio 2012.
- BOBROWSKI, R.: BIONDI, D.E: FIGUEIREDO FILHO, A. Dinâmica da distribuição diamétrica na arborização de rua da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.40, n. 94, p. 167 – 198, 2012.
- BRACK, C.L. Updating urban Forest inventories: An example of the DISMUT model. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v.5, p.189-194, 2006.
- CAPORUSSO, D.; MATIAS, L.F. Áreas Verdes Urbanas: Avaliação e Proposta Conceitual. In: SIMP GEO/SP - SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 2008. 71–87. Rio Claro. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/71-87danubia.pdf>. Acesso em: fev.2011.
- DONOVAN, G.H.; BUTRY, D.T. Trees in the City: Valuing Street Trees in Portland, Oregon. **Landscape and Urban Planning**, v.94, n 2, p.77–83, 2010. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204609001674>. Acesso em maio 2011.
- ESCOBEDO, F.J.; WAGNER, J.E.; NOWAK, D. J.; DE LA MAZA, C. L.; RODRIGUEZ, M.; CRANE, D. Analyzing the Cost Effectiveness of Santiago, Chile's Policy of Using Urban Forests to Improve Air Quality." **Journal of Environmental Management**, v.86, no. 1, p.148–157., 2008. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17275162>. Acesso em: mar. 2011.
- GADOW, K. Adapting silvicultural management systems to urban forests. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v.1, p.107-113, 2002.
- GREY, G.W.; DENEKE, F.J. **Urban Forestry**. New York: John Wiley, 1978. 279p.
- HERZOG, C.P. ; ROSA, L.Z. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde, São Paulo**, n.1, p.92-115, 2010.
- HLADNIK, D.E ; PRINAT, J. Urban Forestry – Linking naturalness and amenity: The case of Ljubljana, Slovenia. **Urban Forestry & Urban Greening, Washington**, v.10, p.105 – 112, 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. STATCART: base de informações por setor censitário, Piracicaba, SP – censo demográfico 2000. Rio de Janeiro, 2002. 1– CD-ROM.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1766](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766) Acesso em: 27 set. 2012.
- IBGEb – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=353870> Acesso em: 26 jan. 2012.



JANSON, M. ; LINDGREN, T. A review of the concept 'management' in relation to urban landscapes and green spaces: Toward a holistic understanding. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v.11, p.139-145, 2012.

KELLER, J.K.K. ; KONIJNENDIJK, C. A comparative analysis of municipal urban tree inventories of selected major cities in North America and Europe. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 38 n. 1, p.24-30, 2012.

KONIJNENDIJK, C; RICARD, R. M; KENNEY, A.; RANDRUP, T. B. Defining Urban Forestry – A Comparative Perspective of North America and Europe. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v.4, n. 3/4, p.93–103, 2006,  
Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1618866705000464>. Acesso em: abril 2011.

LOBODA, C.R.; DE ANGELIS, B.L.D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, Guarapuava. 125–139, 2005. Disponível em: <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/157/185>. Acesso em: fev. 2011.

MCPHERSON, E.; SIMPSON, J.R.A Comparison of Municipal Forest Benefits and Costs in Modesto and Santa Monica, California, USA. **Urban Forestry & Urban Greening**, Washington, v. 1, n. 2 , p. 61–74, 2002. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1618866704700072>. Acesso em: mar. 2011.

MICCHI, S.M.P.; COUTO, H.T.Z. do Estudo de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de Piracicaba-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1996. Salvador. **Anais...** Salvador: Promoção SBAU, 1996. p.89-96.

MILLER, R.W. **Urban Forestry**. Planning and Managing Urban Green spaces. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 502p.

NOWAK, D.; WALTON, J. T.; STEVENS, J. C.; CRANE, D. E.; HOEHN, R., Effect of plot size and sampling on timing and precision of urban forest assessments. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 34 n. 6. p.386-390, 2008.

NOWAK, D.J.; ROWNTREE, R.A.; MCPHERSON, E.G.; SISINNI, S.M.; KERKMANN, E.R.; STEVENS, J.C. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam 36, p. 49 -57, 1996.

PATTERSON, M.F.; WISEMAN, P.E.; WINN, M. F.; LEE, S.; ARAMAN, P. A. Effects of photographic distance in tree crown attributes calculated using UrbanCrown image analysis software. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 37 n.4, p.173-179, 2011.

RACHID, C.; COUTO, H.T.Z. Estudo da eficiência de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de São Carlos-SP. **Scientiaforestalis, Piracicaba**, n.56, p.59-68, 1999.

ROLLO, F.M.A.; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z.; POLIZEL, J.L.; Uso de cenas videográficas para avaliação da floresta urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba – SP, v 2, n 3, p 63 – 79, 2007.

ROSSETI, A.I.N.; PELLEGRINO, P.R.M.; TAVARES, A.R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.1, p 1 - 24, 2010.

SILVA FILHO D.F.; PIZETTA, P. U. C.;ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.;FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, Viçosav.26, n.5.p.629-642, 2002.

SILVA FILHO, D.F.S (Coord). **Diagnóstico da cobertura arbórea em tecido urbano de Piracicaba**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários 'Luiz de Queiroz', 2009.( Relatório apresentado ao Instituto de Planejamento de Piracicaba, processo nº 4018-5).

SILVA, A.G.;PAIVA, H.N.;GONÇALVES, W. **Avaliando a Arborização Urbana**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2007.346p.

SILVA, A.G.; GONÇALVES, W.; LEITE, H. G.; SANTOS, E. Comparação de três métodos de obtenção de dados para avaliação qual-quantitativa da arborização viária, em Belo Horizonte-MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**,Piracicaba,v.1, n.1, p. 31 – 44. 2006.

SILVA, A.G.; GONÇALVES, W.; LEITE, H.G. Estudo comparativo entre os procedimentos de amostragem casual simples e amostragem sistemática em inventários de arborização urbana. **Natureza & Desenvolvimento**, Viçosa, v.1, n.1, p.67-73, 2005.

SILVA, J.A.A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**, atualizada por José ImañaEncinas e Otacilio Nunes Santana Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal,1979. 191 p. Disponível em:<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.arvorelab.ufam.edu.br%2Fusc%2Flibrary%2FPrincipiosDendrometria.pdf&ei=bSmFUlypLoem9gSOKIDoDw&usq=AFQjCNGNi04s7GuOU6VxBi83aNqn9D5Riw> .Acessoem:22 out.2012.

TAIT, R.J.; ALLEN, T. ; SHERKAT, N.; BELLET-TRAVERS, M.An electronic tree inventory for arboriculture management.**Knowledge-Based Systems,Amsterdam,v. 22, p.552–556, 2009.**

TOSETTI, L.L. ; SILVA FILHO, D.F. Valoração de árvores no Parque Ibirapuera-SP importância da infraestrutura verde urbana.**RevistaLabverde, São Paulo**, n.1, p.11-25, 2010.

TYRVÄINEN, L. Economic Valuation of Urban Forest Benefits in Finland. **Journal of Environmental Management**, v. 62, n. 1,p.75–92, May 2001.. Disponívelem:<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11400466>. Acesso em: mar.2011.

UNICEF (United NationsChildren’sFund). Crianças em um mundo urbano –**Situação Mundial da Infância 2012**. Disponível em: [www.unicef.org/sowc2012](http://www.unicef.org/sowc2012). Acesso em: 20 set.2012.



## **ANEXO**



ANEXO A -Ficha de coleta de dados em campo desenvolvida por Silva Filho et al. (2002)

I - LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO								
Data: / /		Via Pública:		Nº	Bairro:			
Nome Comum:		Gênero:		espécie:	Calçada: (m)	Rua: (m)		
II - DIMENSÕES (CM)								
Altura Geral:		Altura da 1ª Ramificação:		Diâmetro da Copa:	PAP:			
III - BIOLOGIA								
Estado geral	Equilíbrio geral	Fitossanidade		Intensidade	Local/ataque	Injúrias	Ecologia	Fenologia
ótimo <input type="checkbox"/>	Sim <input type="checkbox"/>	Pulção <input type="checkbox"/>	Broca <input type="checkbox"/>	Inseto <input type="checkbox"/>	Caulo <input type="checkbox"/>	Lesão grave <input type="checkbox"/>	Insetos <input type="checkbox"/>	
bom <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>	Cupim <input type="checkbox"/>	Bactéria <input type="checkbox"/>	Leve <input type="checkbox"/>	Reiz <input type="checkbox"/>	Lesão média <input type="checkbox"/>	Hinchos <input type="checkbox"/>	Folha <input type="checkbox"/>
regular <input type="checkbox"/>		Formiga <input type="checkbox"/>	Vírus <input type="checkbox"/>	Médio <input type="checkbox"/>	Frutos <input type="checkbox"/>	Lesão leve <input type="checkbox"/>	Líquens <input type="checkbox"/>	Flor <input type="checkbox"/>
péssimo <input type="checkbox"/>	Caulo <input type="checkbox"/>	Lagarta <input type="checkbox"/>	Fungo <input type="checkbox"/>	Pesado <input type="checkbox"/>	Flores <input type="checkbox"/>	Lesão ausente <input type="checkbox"/>	Epífitas <input type="checkbox"/>	Fruto <input type="checkbox"/>
morta <input type="checkbox"/>	Copa <input type="checkbox"/>	Cochonilha <input type="checkbox"/>	Acaro <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>	Ramos <input type="checkbox"/>	Vandalismo <input type="checkbox"/>	Parasitas <input type="checkbox"/>	
		Vaquinha <input type="checkbox"/>			Folhas <input type="checkbox"/>			
IV - ENTORNO E INTERFERÊNCIAS								
Local geral	Localização relativa	Pavimento	Afloramento de raiz	Participação	Tipo fiação	Tráfego		
Cant. central <input type="checkbox"/>		Terra <input type="checkbox"/>	Calçada <input type="checkbox"/>		Derivação <input type="checkbox"/>			
Calçada <input type="checkbox"/>	Junto a guia <input type="checkbox"/>	Cimento <input type="checkbox"/>	Canteiro <input type="checkbox"/>	Isolada <input type="checkbox"/>	1ª ria <input type="checkbox"/>	Leve <input type="checkbox"/>		
Praça <input type="checkbox"/>	Junto a divisa <input type="checkbox"/>	Pedra <input type="checkbox"/>	Construção <input type="checkbox"/>	Duas ou mais <input type="checkbox"/>	2ª ria <input type="checkbox"/>	Pesado <input type="checkbox"/>		
Via pública <input type="checkbox"/>	Centrada <input type="checkbox"/>	Cerâmico <input type="checkbox"/>	Leito carroçável <input type="checkbox"/>		Tel <input type="checkbox"/>	Médio <input type="checkbox"/>		
		Grama <input type="checkbox"/>						
Recuo? <input type="checkbox"/>	Situação adequada? <input type="checkbox"/>	Manilha <input type="checkbox"/>	Colo pavimentado <input type="checkbox"/>	Árvore dentro do imóvel <input type="checkbox"/>				
Fiação	Posteamento	Iluminação	Sinalização	Muro/Construção				
Atual <input type="checkbox"/>	Atual <input type="checkbox"/>	Atual <input type="checkbox"/>	Atual <input type="checkbox"/>	Atual <input type="checkbox"/>				
Potencial <input type="checkbox"/>	Potencial <input type="checkbox"/>	Potencial <input type="checkbox"/>	Potencial <input type="checkbox"/>	Potencial <input type="checkbox"/>				
Ausente <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>				
V - DEFINIÇÃO DE AÇÕES								
Ação executada				Ação recomendada				
Poda leve <input type="checkbox"/>	Poda pesada <input type="checkbox"/>	Plantio <input type="checkbox"/>	Reparos de danos <input type="checkbox"/>	Poda leve <input type="checkbox"/>	Poda pesada <input type="checkbox"/>	Plantio <input type="checkbox"/>		
Controle <input type="checkbox"/>	Substituição <input type="checkbox"/>	Ampliação de canteiro <input type="checkbox"/>		Controle <input type="checkbox"/>	Substituição <input type="checkbox"/>	Ampliar canteiro <input type="checkbox"/>		
Qualidade da ação: Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Péssima <input type="checkbox"/>				Outra: <input type="checkbox"/>				