INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
ISSN 0100-3453

Comparação entre Métodos de Diagnóstico de Árvores em Vias Públicas

Mauro Angelo Soave Junior
Bruna Lara Arantes
Rafaela Novaes Abreu
Gustavo Torquatro Oliva
Jefferson Lordello Polizel
Demóstenes Ferreira Silva Filho

CIRCULAR TÉCNICA

N° 210 JUNHO 2017

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/

CIRCULAR TÉCNICA IPEF
n. 210, p. 01-14, junho de 2017

Comparação entre métodos de diagnóstico de árvores em vias públicas

Comparison between diagnostic methods of tree in public roads

Mauro Angelo Soave Junior[1], Bruna Lara Arantes[1],
Rafaela Novaes Abreu[2], Gustavo Torquatro Oliva[1],
Jefferson Lordello Polizel[3] e Demóstenes Ferreira Silva Filho[4]

Resumo: 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: 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]Mestre em Recursos Florestais. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”. Av. Padua Dias, 11 – 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil. Email: blarantes@usp.br; gustavo.oliva@usp.br
[2]Mestrando em Recursos Florestais. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”. Av. Padua Dias, 11 – 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil. Email: rafabreu@usp.br
[3]Técnico em Informática. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”. Av. Padua Dias, 11 – 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil. Email: jlpolize@usp.br
[4]Livre Docente do Departamento de Ciências Florestais. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”. Av. Padua Dias, 11 – 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil. Email: dfilho@usp.br

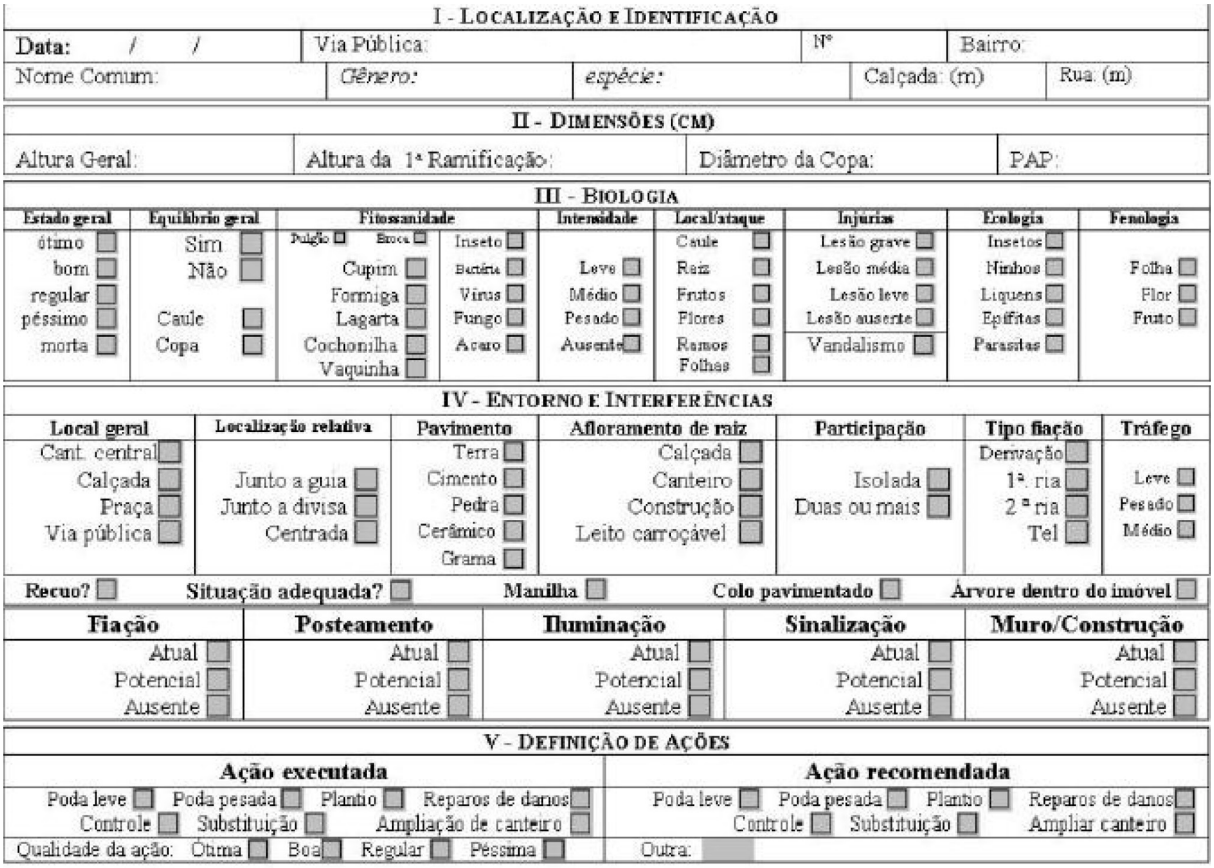
INTRODUÇÃO

A realização de um inventário é o meio mais seguro de conhecer o patrimônio arbóreo de uma cidade, pois tal levantamento é fundamental para o planejamento e manejo da arborização, fornecendo informações sobre a necessidade de poda, tratamentos fitossanitários ou remoção e plantios, bem como define 6yrprioridades de intervenções (VITÓRIA et al., 2010). Seus custos nem sempre são pequenos e é necessário um planejamento eficiente de seu método. A informatização dos dados possibilita a análise, a atualização e o armazenamento de um grande volume de informações geradas por um inventário, além de oferecer redução de custos (SILVA; PAIVA et al., 2007). Novas tecnologias têm sido inseridas como ferramentas para otimizar a relação tempo vs. custo, como fotografia, computadores de mão e GPS.

O presente trabalho objetivou comparar 05 métodos de realização de inventário diferenciados principalmente pela tecnologia empregada na mensuração e registro de localidade das árvores.

MATERIAIS E MÉTODO

A área de estudo localiza-se no município de Piracicaba/SP, situado entre as coordenadas geográficas 22°42' de latitude sul e 47°38' de longitude oeste de Greenwich, e a 138 km de distância da Capital do Estado de São Paulo (IBGE, 2002). Foram mensuradas 56 árvores em cada método, divididas em 07 classes de frequência de CAP (Circunferência à Altura do Peito) com o mínimo de 07 indivíduos cada. As características comparadas foram: altura total, altura da 1ª ramificação, CAP e diâmetro de copa, com valores quantitativos. As avaliações qualitativas não foram consideradas na comparação de semelhança, somente na comparação do tempo total. Todas as árvores foram avaliadas e registradas no banco de dados desenvolvido por Silva Filho et al. (2002) (Figura 1). Os procedimentos de cada método estão descritos a seguir:



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	Sim	Pulgão / Broca	Inseto		Caule	Lesão grave	Insetos	
bom	Não	Cupim	Bactéria	Leve	Raiz	Lesão média	Ninhos	Folha
regular		Formiga	Vírus	Médio	Frutos	Lesão leve	Liquens	Flor
péssimo	Caule	Lagarta	Fungo	Pesado	Flores	Lesão ausente	Epífitas	Fruto
morta	Copa	Cochonilha	Ácaro	Ausente	Ramos	Vandalismo	Parasitas	
		Vaquinha			Folhas			

IV - ENTORNO E INTERFERÊNCIAS

Local geral	Localização relativa	Pavimento	Afloramento de raiz	Participação	Tipo fiação	Tráfego
Cant. central		Terra	Calçada		Derivação	
Calçada	Junto a guia	Cimento	Canteiro	Isolada	1ª. ria	Leve
Praça	Junto a divisa	Pedra	Construção	Duas ou mais	2ª ria	Pesado
Via pública	Centrada	Cerâmico	Leito carroçável		Tel	Médio
		Grama				

Recuo? Situação adequada? Manilha Colo pavimentado Árvore dentro do imóvel

Fiação	Posteamento	Iluminação	Sinalização	Muro/Construção
Atual	Atual	Atual	Atual	Atual
Potencial	Potencial	Potencial	Potencial	Potencial
Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

V - DEFINIÇÃO DE AÇÕES

Ação executada	Ação recomendada
Poda leve Poda pesada Plantio Reparos de danos	Poda leve Poda pesada Plantio Reparos de danos
Controle Substituição Ampliação de canteiro	Controle Substituição Ampliar canteiro
Qualidade da ação: Ótima Boa Regular Péssima	Outra:

Figura 1. Ficha de coleta de dados em campo desenvolvida por Silva Filho et al. (2002).
Figure 1. Sheet with data collect in the field developed by Silva Filho et al. (2002).

Método Clássico

Em campo, dados anotados em ficha impressa, conforme Silva Filho et al. (2002). Para valores de medição: Vertex, trena, GPS Holux e máquina fotográfica digital (Figura 2A). No escritório, transposição das anotações em ficha, com coordenadas geográficas e registro do link das fotos.

Método Foto

No campo, fotos com câmera digital Sony Cybershot DSC-HX5V com software GeoSetter para georreferência, calibrado com baliza de 2m. No escritório as árvores foram medidas com o software Image Tool, sendo as medidas e link das imagens colocadas no banco. Os valores da CAP desse método foram obtidos pelo valor do diâmetro do tronco multiplicado por 3,14. (Figura 2B).

Método Tablet

No campo, árvores mensuradas e os valores inseridos diretamente no banco de dados através do computador portátil (tablet) Samsung NP-Q1U e máquina fotográfica digital; a ferramenta de medição foi a trena para obtenção de CAP e quando possível a altura da 1ª Ramificação. No escritório foram realizadas correções de digitação e inseridos os links das fotos. (Figura 2C).

Método Tablet 2

A coleta de dados e registro foi feita da mesma maneira que no Método Tablet, no entanto, utilizou-se um equipamento de tecnologia mais recente: Acer Iconia W500-BZ41 com webcam embutida, a fim de obter fotos. A etapa escritório consistiu-se nos mesmos procedimentos que o método Tablet, inclusive a anexação de hiperlinks das fotos manualmente. (Figura 2D).

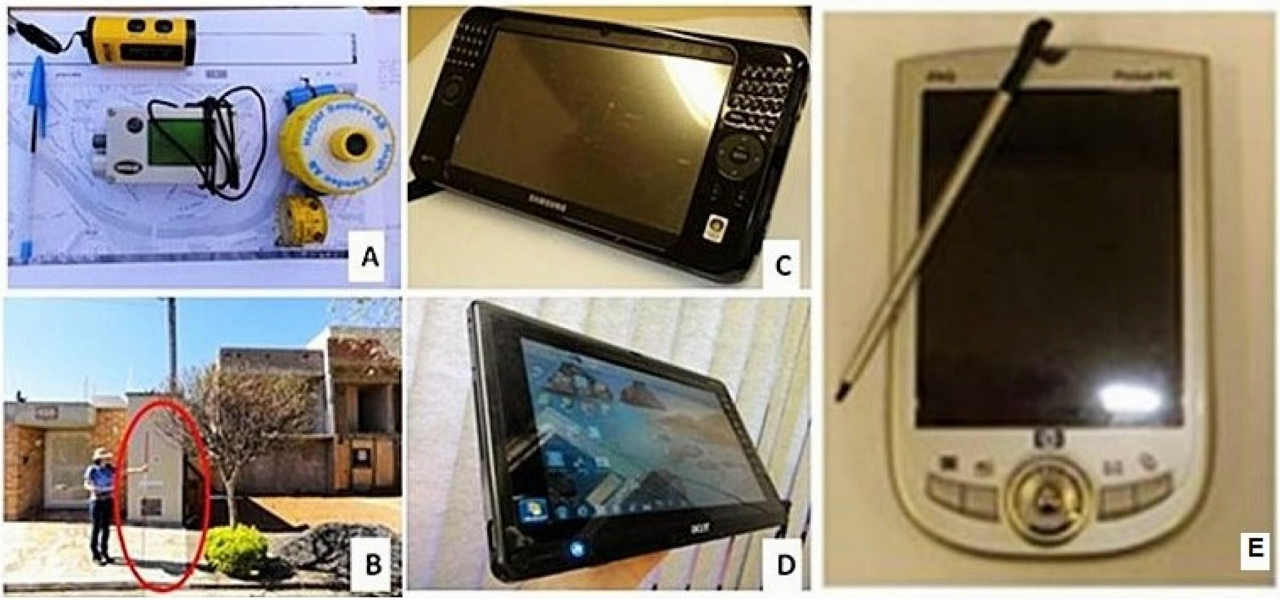


Figura 2. Equipamentos dos métodos e interface do banco de dados. A) Ferramentas utilizadas no Método Clássico (Vertex, GPS e Trena); B) Exemplo de foto do Método Foto, em destaque a baliza calibradora; C) Tablet utilizado pelo Método Tablet; D) Tablet do Método Tablet2; E) iPaq.

Figure 2. Equipment of the methods and the database interface. A) Tools used in Classic Method (Vertex, GPS and measuring tape); B) Example of photo for the Photo Method, featured the calibrator goal; C) Tablet used by Tablet Method; D) Tablet of theTablet 2 Method; E) iPaq.

Método Personal Digital Assistant (PDA)

Com o uso do ArcGIS/ArcStudio, desenvolveu-se uma planilha personalizada para o inventário, de acordo com Silva Filho et al. (2002). Utilizou-se um iPaq com o software ArcPad, a coordenada geográfica da árvore foi obtida por conexão Bluetooth com o GPS Holux e foi marcada no shapefile. As medições foram feitas iguais ao método Tablet. A etapa escritório compreendeu o registro do link das fotos referentes a cada indivíduo (Figura 2E).

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 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.

Para análises de contabilização dos recursos utilizados em cada método, levou-se em conta os equipamentos utilizados e a mão-de-obra necessária, baseado no trabalho de Silva et al. (2005).

A análise estatísticas de dados, foi feita através de teste de hipótese (software SAS 9.2), testes t não-paramétricos de Wilcoxon e Kruskal-Wallis; análise de correlação de Spearman.

Experimento distância x Foto

Adaptando o método utilizado por Patterson et al. (2011) foram mensuradas 50 árvores, divididas em 5 classes de DAP. Cada árvore foi mensurada e fotografada à distância de 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 vezes à sua altura, obtida pelo Hipsômetro Digital Vertex III.

A distância entre o observador e a árvore foi medida com o uso da trena e do hipsômetro digital, por 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. 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.

Foram feitos testes t pareados de Friedman quando encontradas as suposições necessárias, e de Wilcoxon para comparação dos valores mensurados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies encontradas foram: Oiti (*Licania tomentosa* Benth.), Resedá (*Lagerstroemia indica* Pers.), Cedro (*Cedrella fissilis* Vellozo), Teca (*Tectona grandis* L.), Ipê Rosa (*Tabebuia heptaphylla* Vell.), Ipê Roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz. Ex Griseb.), Limoeiro (*Citruslimon* (L.) Burm. f.), Tipuana (*Tipuana tipu* (Benth) Kuntze.), Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* L.) Canelinha (*Nectandra megapotamica* (Sspreng.) Menz.), Espirradeira (*Neriumo leander* L.), Escovinha de Garrafa (*Callistemon viminalis* G. Don exLoud), Falsa-Murta (*Murraya paniculata* var *exotica* (L.) C.C. Huang) e Ficus (*Ficus* spp.).

Os métodos serão comparados dentro de cada classe, por frequência. Os valores do CAP são apresentados na Figura 3.

As discrepâncias de frequência de CAP para mais que o esperado, foram: Foto (1,26m - 1,67m), Tablet e Tablet 2 (2,10m - 2,51m). As disparidades para menos foram: Foto (1,68m - 2,09m) e Tablet (2,52m - 2,93m). Pode-se observar assim que esses métodos alteraram os valores de CAP, tanto para mais quanto para menos. Para o método foto, pode-se justificar por erros de calibração do software. No entanto, os testes estatísticos apontam que quando comparados os valores obtidos por cada método não apresentam diferenças ao nível de 5% de significância.

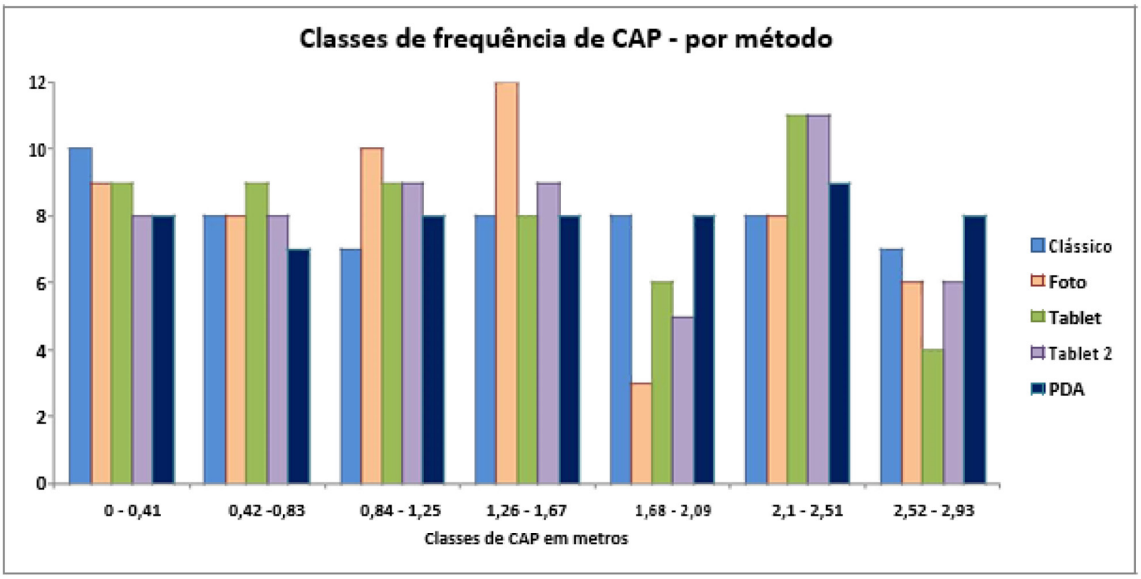


Figura 3. Classes de frequência de CAP, em centímetros, para árvores amostradas por cada método em Piracicaba – SP.
Figure 3. Breast height circumference (CAP) frequency classes, in centimeters, for sampled trees by each method in Piracicaba - SP.

Diâmetro de Copa para as árvores se encontra na Figura 4. Nota-se que as maiores frequências estão nas duas primeiras classes, porém nos métodos que a mensuração foi feita pelo avaliador (Clássico, Tablet, Tablet 2 e PDA) as distribuições apresentam as mesmas tendências, possivelmente por todas terem a mesma forma de medição exceto o método Foto. As diferenças entre os valores podem ser erros de mensuração nas fotos, devido ao espaçamento entre as árvores e posicionamento da câmera que podem ocasionar algumas sobreposições de copas.

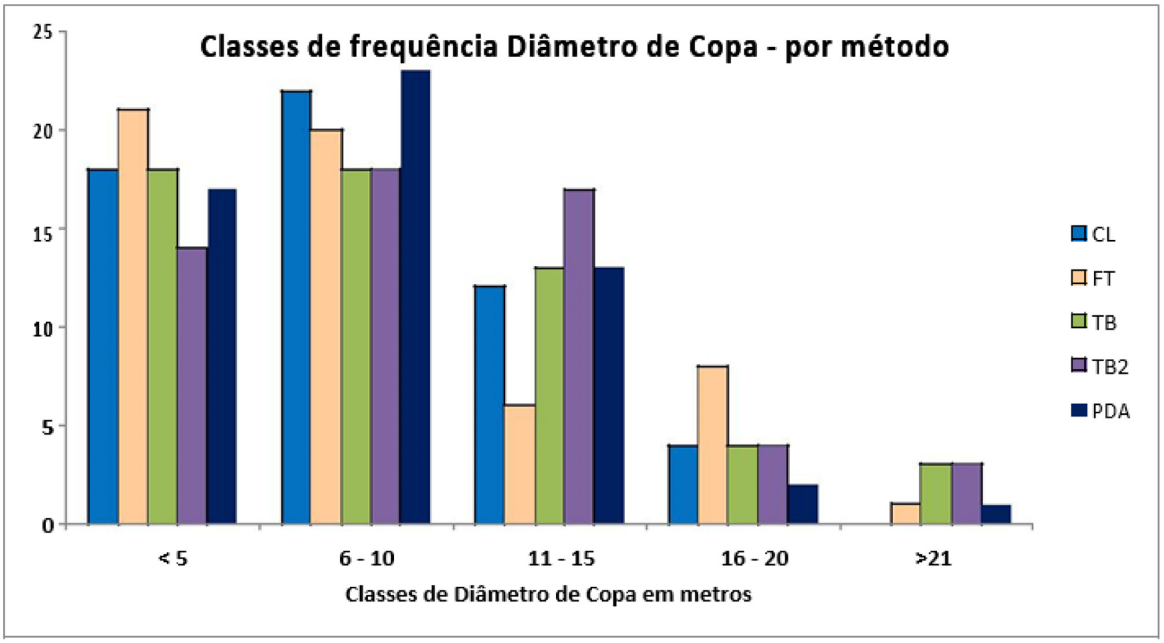


Figura 4. Classes de frequência de diâmetro de copa em metros das árvores mensuradas em cada método, em Piracicaba - SP.
Figure 4. Breast height diameter frequency classes, in meters, for sampled trees by each method in Piracicaba - SP.

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 não foi possível nessa pesquisa devido a área urbana possuir elementos limitantes de enquadramento (muros, construções).

A Altura Total se encontram na Figura 5. As alturas concentram-se na classe de 10m – 13m, sendo que os métodos que utilizaram estimativa como mensuração (TB, TB2 e PDA) não apresentaram valores acima de 16m. Nesses casos, a distância do observador do objeto pode alterar a influência de sua pesquisa, e pode ter levado à subestimação da altura de alguns indivíduos.

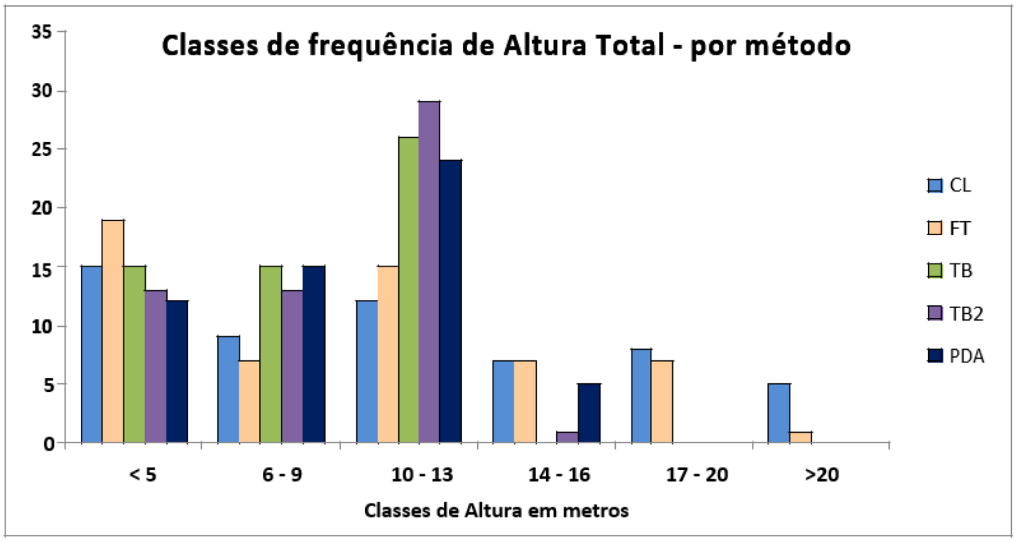


Figura 5. Classes de frequência de altura total em metros das árvores mensuradas em cada método, em Piracicaba - SP.
Figure 5. Total height frequency classes, in meters, for sampled trees by each method in Piracicaba - SP.

A Altura até a 1ª Ramificação encontra-se na Figura 6. As medidas de primeira ramificação concentraram-se principalmente na primeira classe; nessa característica se observa a maior homogeneidade entre os métodos, pois esta foi mensurada com auxílio de ferramentas.

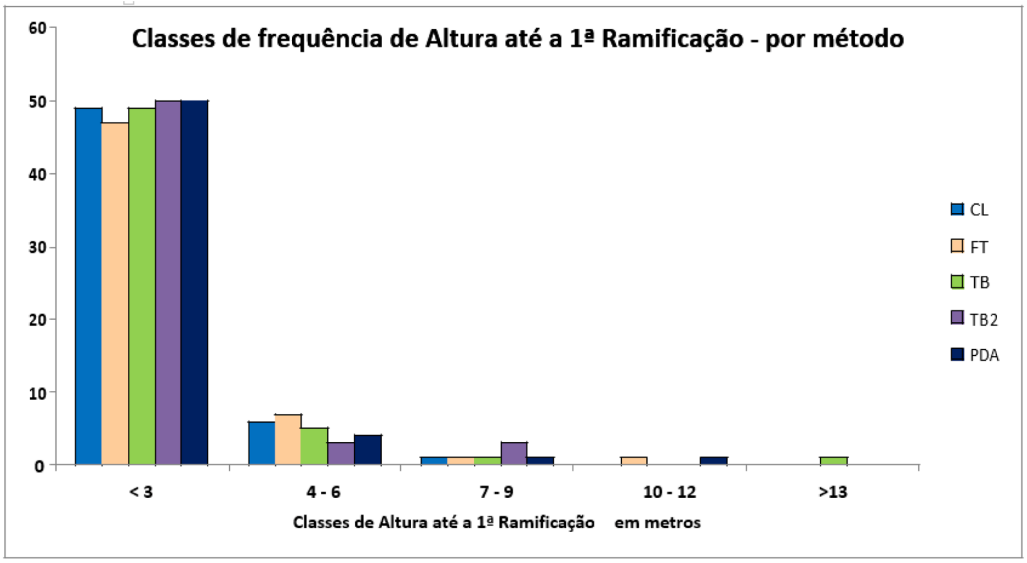


Figura 6. Classes de frequência de valores de altura até a 1ª ramificação, em metros, das árvores mensuradas em cada método, em Piracicaba - SP.
Figure 6. Height values up till the first branch frequency class, in meters, of the measured trees by each method in Piracicaba - SP.

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 (Tabela 1). O método com maior soma de discrepância foi o Tablet 2 no CAP (37,5%) e o menor foi o Tablet na 1ª Ramificação (5,36%). Os valores ultrapassam os encontrados por Silva et al. (2006), que foram em torno de 25%, o que realça a significância do teste.

Tabela 1. Valores em porcentagem de superestimação e subestimação de mensurações, usando como testemunha o método Clássico.
Table 1. Percentage values of overestimation and underestimation measurements, using the Classic Method as reference.

Superestimação (%)				
Característica	**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
1º ramificação	23,21	3,57	5,36	1,79
Subestimação (%)				
Característica	**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
1º ramificação	8,93	1,79	7,14	5,36

A altura total foi a característica com maior discrepância entre os métodos e a única que não apresentou valores superestimados, o que pode estar relacionado com o uso do Vertex, que faz que o observador fique perto demais da árvore para a mensuração, concordando com discussões anteriores da necessidade de padronizar a distância do objeto observado para obtenção de resultados mais fidedignos.

As características biométricas apresentaram diferenças significativas somente quando se comparou a Altura nos métodos Clássico e Tablet (Tabela 02). A variável Altura é uma das mais propensas a apresentar diferença, pois suas grandezas são maiores e sofrem influência da percepção do observador, como já discutido.

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 entre os métodos Clássico (CL), Foto (FT), Tablet (TB), Tablet 2 (TB2) e Personal Digital Assistant (PDA).
Table 2. P values of the Wilcoxon test comparing the biometric values obtained by each method, values greater than 0,05 indicate that there is no statistical difference between the methods of Classic (CL), Photo (FT), Tablet (TB) Tablet 2 (TB2) and Personal Digital Assistant (PDA).

Métodos	**Características**			
	Altura	**CAP**	**Copa**	**1º Ramificação**
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

Comparação do Tempo

Dentre os métodos os mais rápidos e mais lentos foram, respectivamente: em campo, Foto (51'') e Tablet 2 (5'24''); em Escritório, PDA (18'') e Foto (4'16''); no geral o PDA (3'53'') e o Clássico (6'23'') (Tabela 03). O método PDA foi mais rápido em escritório principalmente pela praticidade de obter as coordenadas geográficas diretamente do GPS por Bluetooth ao invés de manualmente, em contrapartida, nos métodos Tablet e Tablet 2 era necessário acrescentar essa informação devido a limitações no teclado dos caracteres específicos: graus (°), minutos (') e segundos ("), o que justifica sua demora. 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.

Tabela 3. Média do tempo, em minutos e segundos, de realização de cada método, por etapa e total.
Table 3. Time average, in minutes and seconds, for the performance of each method, by phase and 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

De acordo com as análises de Wilcoxon e Friedman existe diferença estatística significativa ($p < 0,001$) entre o tempo que cada método leva para coletar e registrar os dados em todas as etapas. Estatisticamente, métodos como o Tablet e Tablet 2 não diferem nem nas etapas nem no tempo total, enquanto outros apresentam semelhança (Tabela 4).

Tabela 4. Valor de probabilidade do teste de Wilcoxon e Friedman 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).
Table 4. Probability value of the Wilcoxon and Friedman test comparing the time difference between methods, values greater than 0,05 indicate that there is no statistical difference between the methods of Classic (CL), Photo (FT), Tablet (TB) Tablet 2 (TB2) and Personal Digital Assistant (PDA).

Métodos	Características		
	Campo	Escritório	Total
CL - FT	<0,001	<0,001	<0,001
CL - TB	<0,001	<0,001	0,03
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	0,59	0,173	0,59
TB - PDA	<0,001	<0,001	<0,001
TB2 - PDA	<0,001	<0,001	<0,001

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.

Tem-se que o tempo mais rápido utilizado pelo técnico de nível superior para avaliar uma árvore, dentre os padrões analisados nessa pesquisa, é de 51'' pelo método Foto.

Avaliação dos custos por método

Foi analisada o custo total de cada método e descrição do valor gasto com cada equipamento, apresentado na Tabela 5. O método com menor custo foi o Foto, com total de R$ 915,00, com custo por árvore 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.

Tabela 5. Custo total de cada método e descrição do valor gasto com cada equipamento nos métodos Clássico, Foto, Tablet, Tablet2 e PDA.
Table 5. Total cost of each method and description of the amount spent on each equipment in the methods Classic, Photo, Tablet, Tablet2 and PDA.

Equipamento	Método				
	Clássico	Foto	Tablet	Tablet 2	PDA
Vertex/Hipsômetro	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
Total método (R$)	R$ 2.822,95	R$ 915,00	R$ 2.173,95	R$ 2.055,95	R$ 2.652,95

Os custos totais de cada método são determinados pelos equipamentos escolhidos. Logo, quando possível é interessante que se substitua um equipamento de mensuração por um método estimativo ou por um equipamento mais barato, a fim de diminuir seu custo total. Entretanto, 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.

No custo total do método por árvore e no custo de mão de obra por árvore (Tabela 06), o valor foi contabilizado com base no piso de um profissional de Engenharia Florestal (3.060,00) e de um estagiário (R$ 750,00), com dedicação exclusiva.

Tabela 6. Análise do custo total de cada método e a média de árvores mensuradas por cada método, e o cálculo do custo inicial por árvore.
Table 6. Total cost analysis of each method and the trees measured average by each method, and the initial cost per tree calculation.

Método	Custo Total	Tempo médio (segundos)	Média de árvores/dia	Média de árvores/mês	Custo total/ árvore	Custo da mão de obra/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

Tait et al. (2009), utilizaram uma plataforma de SIG com conexão sem-fio para envio de fotos ao escritório, o que aumenta a velocidade de coleta de dados em campo. Ainda para a estimativa de custo de cada método, estimou-se os custos de acordo com o número de árvores mensuradas (Figura 7).

Podemos observar que o Método PDA é o mais econômico a partir da mensuração de 4000 árvores. A principal característica responsável por isso é o tempo, pois é um dos métodos mais caros inicialmente, porém o que apresenta maior velocidade de mensuração.

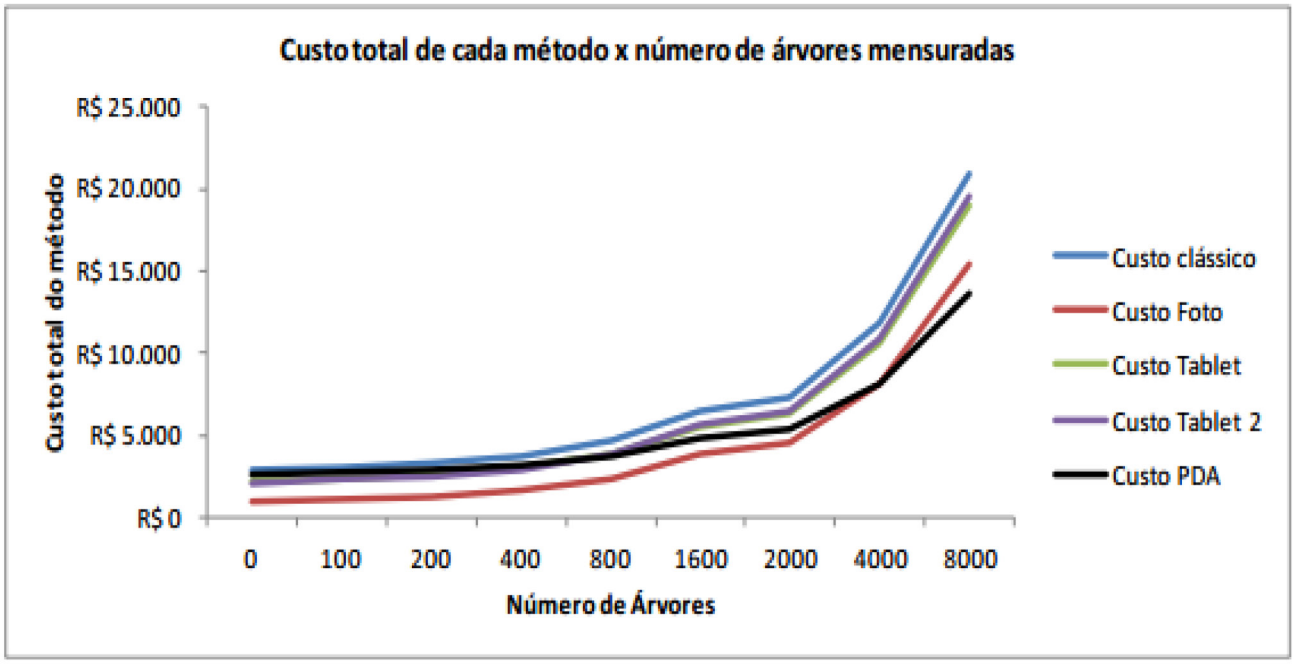


Figura 7. Comparação de cenários de utilização dos métodos estudados, onde é possível visualizar o custo total de cada método com o aumento do número de árvores mensuradas.

Figure 7. Scenarios use of the methods studied comparison, where is possible to see the total cost of each method with the increased number of measured trees.

Comparação Vertex X Foto

Após a análise dos valores de medição do Vertex e do software Image Tool, os resultados apontaram que não existe diferença significativa entre os valores obtidos por cada método, o que concorda com Patterson et. al (2011). Os valores de média e erro padrão se encontram na Tabela 7, onde observa-se uma tendência de erros maiores no DAP e menores na altura.

Tabela 7. 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.

Table 7. Mean and standard error of the mean (in parentheses) of the height measurements (in meters) per photograph sorted by diameter class and distance from the tree.

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

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 8.

Observa-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, quanto na Fotografia, indicando que os dois métodos são equivalentes. Diferente da inclinação que não apresentou correlação com os valores mensurados em ambos métodos.

Tabela 8. Média e erro padrão da média (entre parênteses) das mensurações de DAP por fotografia em centímetros.
Table 8. Mean and standard error of the mean (in parentheses) of the diameter at breast height (DAP) measurements from photography in centimeters.

Distância (m)	Médias de altura (m)				
	Classes de diâmetro (cm)				
	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	> 60
1,5	9,4 (1,15)	23,9 (2,37)	40,6 (3,23)	48,7 (1,15)	69,8 (3,50)
2	9,0 (1,03)	22,8 (2,33)	40,0 (3,74)	49,2 (2,46)	71,5 (3,03)
2,5	9,9 (1,15)	22,5 (2,15)	41,1 (3,70)	48,1 (1,68)	73,2 (3,38)
3	9,4 (1,24)	24,6 (2,01)	35,7 (5,08)	49,3 (2,45)	63,7 (7,87)

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 9.

Tabela 9. 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.
Table 9. R/S values of Spearman for correlation between the values obtained by the methods and correlation between the difference of the values of each method with the influence factors, values below 0,05 indicate that there is no correlation between the variables.

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 significativa sobre os valores obtidos na mensuração, havendo correlação entre a distância/altura e distância/DAP. Porém, também podemos observar que os resultados mostram que a variação da distância ocorre nos dois métodos, e que a diferença entre os valores não é significativa, assim não está relacionado à distância nem ao DAP.

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 10.

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.

Tabela 10.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).

Table 10. P values for the Wilcoxon test of the difference between height measurement equipment (Vertex and Photography) and diameter at breast height (DAP) measurement equipment (Measuring tape and Photography).

Atributo	Classe de Diâmetro do Tronco (cm)				
	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	> 60
			Altura		
1,5x - 2,0x	0,762	0,104	0,473	0,273	0,623
1,5x - 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
			DAP		
1,5x - 2,0x	0,677	0,450	0,545	0,762	0,571
1,5x - 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

CONCLUSÃO

O método Foto é o mais barato, com investimento inicial baixo que não exige muitos recursos, sendo o georreferênciamento opcional, podendo ser obtido por meio de GPS ou até mesmo com referências a logradouros e números de casa; não apresentou diferenças significativas nos valores de medições com o método Vertex, sendo então indicado para inventários mais básicos, urgentes e econômicos. Para inventários mais detalhados recomenda-se o PDA, principalmente devido a sua rapidez de realização, que compensa o investimento inicial em equipamentos. A adoção de tecnologias de fotografia, SIG e computadores portáteis para realização de inventários é um avanço e uma necessidade dos órgãos públicos.

REFERÊNCIAS

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **STATCART: base de informações por setor censitário, Piracicaba, SP – censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1– CD-ROM.

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.

SILVA, A. G.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a Arborização Urbana**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2007. 346 p.

SILVA, A. G.; GONÇALVES, W.; LEITE, H. G.; SANTOS, E. Comparação de três métodos de obtenção de dados para avaliação quali-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 FILHO, D.F.S (Coord). **Diagnóstico da cobertura arbórea em tecido urbano de Piracicaba**. Piracicaba: FEALQ, 2009. (Relatório apresentado ao Instituto de Planejamento de Piracicaba, processo nº 4018-5).

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**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

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.

VITÓRIA, E. S. S. et al. Inventário da arborização do bairro Jardim Canaã do município de Monte Alto, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 14. Bento Gonçalves, 2010. **Anais**... Bento Gonçalves-RS, 2010.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor Chefe
Prof. Dr. Walter de Paula Lima
Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil

Conselho Editorial
Dr. Arno Brune – APSD Ghana, Adum Kumasi, Republica de Ghana
Dr. Dário Grattapaglia – EMBRAPA, Cenargen, Brasília, DF, Brasil
Prof. Dr. José Luiz Stape – North Caroline State University, Raleigh, USA
Dr. Niro Higuchi – INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil

Editor de Inglês / English Editor
Dr. Arno Brune – APSD Ghana, Adum Kumasi, Republica de Ghana

Editora Executiva
Kizzy França
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil

Editoração e Diagramação
Luiz Erivelto de Oliveira Júnior
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)
Germano Aguiar Vieira (Eldorado Brasil) - Presidente
Aguinaldo José de Souza (Suzano Papel e Celulose S.A.) - Vice-Presidente

Empresas Associadas Mantenedoras / Partners
» Arauco Florestal Arapoti S.A.
» Arborgen Tecnologia Florestal Ltda
» Aperam BioEnergia Ltda
» ArcelorMittal BioFlorestas Ltda
» Brasilwood Reflorestamento S.A.
» Celulose Nipo-Brasileira S/A - CENIBRA
» CMPC Celulose Riograndense
» Copener Florestal Ltda
» Duratex S/A
» Eldorado Brasil
» Eucatex S/A Indústria e Comércio
» Fibria Celulose S/A
» Forestal Oriental
» Gerdau S.A.
» International Paper do Brasil Ltda
» Klabin S/A
» Lwarcel Celulose Ltda
» Montes Del Plata S.A.
» Stora Enso Florestal RS Ltda
» Suzano Papel e Celulose S.A.
» Vallourec Florestal Ltda
» Veracel Celulose S/A
» Westrock

INSTITUTO DE PESQUISAS
E ESTUDOS FLORESTAIS