

USO DE APLICATIVOS EM SMARTPHONE PARA MEDIÇÕES DE ÁRVORES

USE OF SMARTPHONE APPLICATIONS FOR TREES MEASUREMENTS

Tieme Breternitz Harfouche¹, Ana Paula Dalla Corte², Marieli Ruza³, Alexandre Behling⁴

^{1,2,3,4} Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil - tiemebretzh@gmail.com,
anapaulacorte@gmail.com, marielisabrina93@gmail.com & alexandre.behling@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho visou verificar a precisão de aplicativos de *smartphone* para medir indiretamente a altura de árvores e a distância entre o operador e a árvore. Como testemunha para medir altura, adotou-se o Hipsômetro Vertex IV (T0a) e, para distância, a variável medida com trena (T0b). Foram selecionadas 30 árvores isoladas do Campus da Universidade Federal do Paraná em Curitiba - PR e 30 árvores pertencentes à um plantio de *Eucalyptus* sp. na Fazenda Experimental Canguiri em Pinhais - PR. Foram 7 tratamentos testados para altura: *Smart Measure* (T1a), *sMeasure* (T2a), *Distance meter* (T3a), *Hypsometer* (T4a), *3D-Prumo* (T5a), *Height and Distance* (T6a) e *Tree-H* (T7a). Foram 8 tratamentos para medir distância: *Smart Measure* (T1b), *sMeasure* (T2b), *Distance meter* (T3b), *Hypsometer* (T4b), *3D-Prumo* (T5b), *Height and Distance* (T6b), *Easy Measure* (T7b) e *Smart Distance* (T8b). Avaliou-se a precisão dos aplicativos com o teste t de Student pareado com 5% de significância em relação às testemunhas e cálculo dos erros. Para altura em árvores isoladas, o tratamento T2a apresentou diferença estatística a probabilidade de 5%. O tratamento T6a obteve menor erro (2,48 m). No plantio de *Eucalyptus* sp., os tratamentos T1a, T6a e T7a apresentaram diferenças significativas e T3a obteve menor erro (2,99 m). Para a medição de distância em árvores isoladas, os tratamentos T4b e T6b não apresentaram diferença e T4b apresentou menor erro (2,28 m). No plantio, todos apresentaram diferença estatística. A incorporação de aplicativos para *smartphones* é alternativa para uso em inventários florestais para alturas. Para distâncias, deve-se ter cautela.

PALAVRAS-CHAVE: Altura total, Distância, Inventário florestal, Tecnologia.

ABSTRACT

This work aimed to verify the smartphone applications' accuracy to indirectly measure trees' height and the distance between the operator and the tree. As a control to measure height, the Vertex IV hypsometer (T0a) was adopted and, for distance, the variable measured with scale (T0b). 30 trees isolated were selected from Campus of Federal University of Paraná (Curitiba - PR) and 30 trees belonging to a planting of *Eucalyptus* sp. at Canguiri Experimental Farm (Pinhais - PR). Seven treatments were tested for height: *Smart Measure* (T1a), *sMeasure* (T2a), *Distance meter* (T3a), *Hypsometer* (T4a), *3D-Prumo* (T5a), *Height and Distance* (T6a) and *Tree-H*. Eight treatments for distance measurement: *Smart Measure* (T1b), *sMeasure* (T2b), *Distance meter* (T3b), *Hypsometer* (T4b), *3D-Prumo* (T5b), *Height and Distance* (T6b), *Easy Measure* (T7b) and *Smart Distance* (T8b). The applications' accuracy was evaluated using the paired Student's t-test with 5% significance in relation to the controls, as well as errors' calculation. For height in isolated trees, the treatment T2a presented a statistical difference of 5% probability. The treatment T6a obtained the smallest error (2.48 m). In the *Eucalyptus* sp. planting, the treatments T1a, T6a and T7a presented significant differences and T3a obtained the lowest error (2.99 m). For distance measurement in isolated trees, the treatments T4b and T6b presented no difference and T4b presented smallest error (2.28 m). At planting, all presented statistical difference. The incorporation of smartphones' applications is an alternative for use in forest inventories for heights. For distances, still with caution.

KEYWORDS: Total height, Distance, Forest inventory, Technology.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país com maior área florestal do mundo. Seu território é composto em 58% por cobertura florestal plantada e natural (FAO, 2015), sendo que 7,84 milhões de hectares são reflorestamentos (IBÁ, 2017). Por ser um país florestal, a demanda de inventários florestais tem sido crescente, já que estes são base para atividades de manejo, conservação, planejamentos e decisões administrativas (TOMPPPO et al., 2010).

Busca-se na execução de inventários florestais, baseados em técnicas de amostragem, métodos que apresentam menor erro e custo, os quais estão diretamente ligados ao tempo de medição de suas variáveis. Portanto, para resultados mais precisos e menos dispendiosos, devem ser adotados métodos adequados às características da população estudada (CESARO et al., 1994).

A determinação da altura de árvores é fundamental na realização de inventários florestais, essa variável é mensurada em parcelas subsidiando o ajuste de uma relação hipsométrica (ARAÚJO et al., 2012), a qual estima alturas através da relação entre o diâmetro da altura do peito (DAP a 1,3 m) e altura total das árvores (THIERSCH et al., 2013).

A altura total também é *input* para funções de afilamento, as quais estimam diâmetros a diferentes alturas (CAMPOS & LEITE, 2009). A importância de sua estimativa ou medição está vinculada ao cálculo de volume dos indivíduos de uma floresta, incrementos em altura, além de servir de indicativo para qualidade produtiva de um local, denominado índice de sítio (SILVA et al., 2012).

Os procedimentos para medir-se altura são definidos como diretos através de vara, trena, ou indiretos a partir de aparelhos chamados de hipsômetros, sendo estes fundamentados em métodos geométricos e trigonométricos (SANQUETTA et al., 2014).

Além das alturas, a medição de distâncias horizontais também é corriqueira nos inventários, para a instalação de parcelas, posicionamento de árvores em croqui, com o uso de medidores eletrônicos ou corda, bem como

equipamentos como Vertex IV, alcançando distâncias de até 30 metros (SANQUETTA et al., 2014).

Com a presente inovação tecnológica tem sido crescente o uso de *smartphones* acompanhado de uma gama de aplicativos desenvolvidos para diversas finalidades, incluindo estimativas de alturas e distâncias, tornando-se também uma alternativa que visa à redução de custos em inventários florestais, a partir de evidências de sua eficácia (URBANO et al., 2014). Contudo, não se observam estudos sobre a precisão na coleta de tais variáveis com esses equipamentos.

O trabalho teve como objetivo verificar a precisão de diferentes aplicativos para *smartphone* desenvolvidos para medir indiretamente a altura das árvores. Também, fez parte do escopo deste trabalho o teste de aplicativos desenvolvidos para medir a distância entre o operador e a árvore.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Foram selecionadas 30 árvores isoladas para realizar os testes, sendo que essas se localizam no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, município de Curitiba (PR) (Figura 1). Adicionalmente, também foram selecionadas 30 árvores pertencentes a um plantio de *Eucalyptus* sp. localizadas na Fazenda Experimental Canguiri, município de Pinhais (PR), região metropolitana de Curitiba (PR) (Figura 2).

O sistema climático de classificação de Köppen, designa a região de Curitiba e de Pinhais pelo tipo climático Cfb, apresentando um clima temperado ou subtropical, úmido mesotérmico (KÖPPEN & GEIGER, 1928). A temperatura média anual de Curitiba é de 17,4 °C (EMBRAPA, 2012) e sua altitude de 934,6 m (MARTINI et al., 2013).

O município de Pinhais possui uma temperatura média durante o ano de 16,5 °C (EMBRAPA, 2012) e altitude média de 900 m, situada no Primeiro Planalto do Paraná (GOMIDE & LINGNAU, 2009).

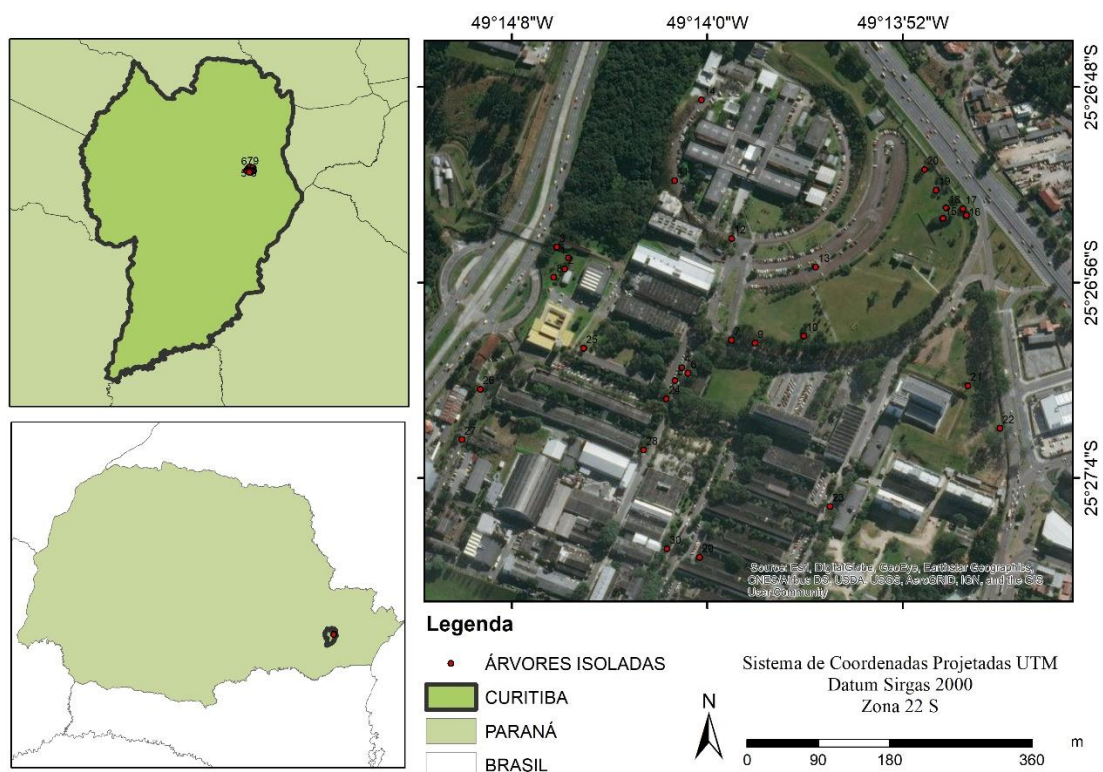


Figura 1. Localização das 30 árvores isoladas no campus Centro Politécnico da UFPR.

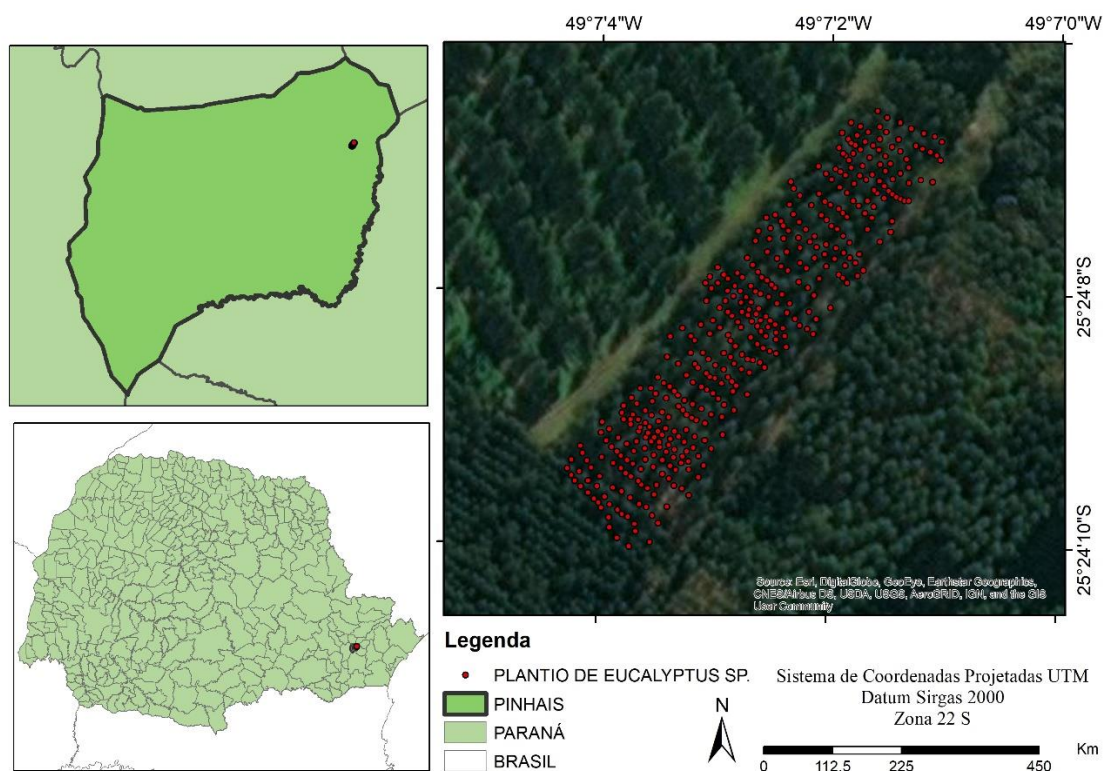


Figura 2. Localização do plantio de *Eucalyptus* sp. na Fazenda Experimental Canguiri da UFPR.

Coleta de dados

Foram medidas alturas e distâncias de 30 árvores isoladas de diferentes espécies (Tabela 1), e 30 árvores de um plantio florestal (linha), tomando como testemunha

variáveis reais mensuradas com o auxílio do Vertex IV (T0a) e da trena (T0b), adotando uma distância entre o operador e a árvore de 10 m em árvores isoladas e 15 m no plantio em linha. A circunferência a altura do peito (CAP) também foi medida com fita métrica.

Tabela 1. Espécies identificadas das árvores isoladas utilizadas para os testes de mensuração de altura e distância.

Árvore	Espécie	Nome popular	DAP (cm)
1	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico-branco	18,7
2	<i>Melaleuca leucadendra</i> (L.) L.	Melaleuca	40,1
3	<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Alfeneiro	22,6
4	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda-mimoso	22,5
5	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnolia-branca	19,3
6	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Tipuana	35,7
7	<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Alfeneiro	29,3
8	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Liquidambar	33,1
9	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	65,9
10	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnolia-branca	39,8
11	<i>Platanus x acerifolia</i> (Aiton) Willd.	Plátano	24,2
12	<i>Platanus x acerifolia</i> (Aiton) Willd.	Plátano	38,5
13	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnolia-branca	41,1
14	<i>Platanus x acerifolia</i> (Aiton) Willd.	Plátano	26,6
15	<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Alfeneiro	43,3
16	<i>Cassia leptophylla</i> Vogel	Falso-barbatimão	29,6
17	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda-mimoso	28
18	<i>Lafoensia pacari</i> A. St. – Hill.	Dedaleiro	18,1
19	<i>Lafoensia pacari</i> A. St. – Hill.	Dedaleiro	31,8
20	<i>Corymbia eximia</i> (Schauer) K. D. Hill & L.A.S. Johnson	Eucalipto	35,2
21	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	28,5
22	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafistula	36,9
23	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Extremosa	38,5
24	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Extremosa	29,0
25	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Tipuana	32,8
26	<i>Ceiba speciosa</i> A. St. - Hill	Paineira	69,4
27	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Liquidambar	43,0
28	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	71,6
29	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	30,9
30	<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Alfeneiro	37,6

Os aplicativos testados para as medições e usados para a comparação com a testemunha foram instalados em um

Smartphone Samsung modelo Galaxy S5 para os testes, descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Tratamentos avaliados na medição de altura e distância em árvores isoladas e plantio em linha, considerando 7 métodos para altura e 8 para distância.

Método	Tratamento para altura	Tratamento para distância	Descrição
<i>Smart Measure</i>	T1a	T1b	Mede distância e altura de um alvo por trigonometria
<i>sMeasure</i>	T2a	T2b	Mede distância e a altura de um alvo por trigonometria simples, pode ser usado por qualquer <i>Smartphone</i>
<i>Distance meter</i>	T3a	T3b	Calcula a distância e altura aproximada de um objeto utilizando algoritmo matemático
<i>Hypsometer</i>	T4a	T4b	Mede a distância e altura de árvores tendo por base a altura da câmera em relação ao chão
3D-Prumo	T5a	T5b	Dentre outras funções, mede altura e distância
<i>Height and Distance</i>	T6a	T6b	Mede a distância e altura do objeto em relação ao operador
<i>EasyMeasure</i>	-	T7b	Mostra a distância até os objetos vistos através da lente da câmera de um telefone ou tablet
<i>Smart Distance</i>	-	T8b	Mede a distância a um alvo com a câmera, conhecendo-se a altura do alvo, com uma distância efetiva de 10m-1km
<i>Tree-H</i>	T7a	-	Mede a altura de árvores por método geométrico

Uma vez obtidos os dados de altura e distância dos tratamentos e testemunhas, verificou-se a normalidade das amostras por meio do teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov*. Em seguida, para avaliar a precisão dos aplicativos utilizou-se o teste *t* a 5% de probabilidade, com duas amostras em par para as médias, para amostras

dependentes, em relação às testemunhas (altura, distância), bem como, o cálculo dos erros para cada método de estimação (Quadro 2). Utilizou-se a média dos erros (Erro %) das amostras para cada tratamento, sendo apresentados nas Tabelas 3 e 5.

Quadro 2. Medidas estatísticas padrão utilizadas para o cálculo e análise de erros para avaliação dos métodos de medição de altura total e distância.

Erro médio (ME)	$ME = \frac{\sum_{i=1}^n di}{n}$
Erro quadrático médio (MSE)	$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n di^2}{n}$
Raiz do erro quadrático médio (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n di^2}{n}}$
Erro quadrático médio relativo (RRMSE)	$RRMSE = \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n di^2}{n}}}{\bar{y}} \right) * 100$
Erro (%)	$E (\%) = \left(\frac{y_{obs} - y_{est}}{y_{obs}} \right) * 100$

di = valor observado – valor estimado; n = número de amostras; \bar{y} = média dos valores observados; y_{obs} = valor observado; e y_{est} = valor estimado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que apenas o tratamento T2a, testado para altura em árvores isoladas, apresentou diferença estatística à probabilidade de 5%. No plantio de *Eucalyptus* sp., os tratamentos T1a, T6a e T7a apresentaram diferenças significativas a 5%. Vale ressaltar

que os tratamentos T3a, T4a e T5a, portanto, não mostraram diferença estatística em relação à testemunha tanto em árvores isoladas quanto na área de plantio. O tratamento T7a apresentou limitações e dificuldades de operação em ambas as situações, não permitindo a obtenção de resultado em árvores isoladas (Tabela 2).

Tabela 2. Teste t de Student com 5% de significância em relação a testemunha altura (T0a).

Tratamento	Método	Teste t	
		Árvores isoladas	Plantio de <i>Eucalyptus</i> sp.
T1a	Smart Measure	-0,72 ^{ns}	2,2*
T2a	sMeasure	-2,84**	-1,88 ^{ns}
T3a	Distance meter	-1,51 ^{ns}	1,89 ^{ns}
T4a	Hypsometer	-0,39 ^{ns}	1,13 ^{ns}
T5a	3D-Prumo	-1,19 ^{ns}	1,98 ^{ns}
T6a	Height and Distance	-0,41 ^{ns}	5,08**
T7a	Tree-H	-	5,9**

^{ns} = não significativo com 95% de probabilidade; * = coeficiente significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); e ** = coeficiente significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Dentre os tratamentos que não apresentaram diferença estatística em suas médias em árvores isoladas, o tratamento T6a obteve um menor erro (RMSE) de 2,48 m, e logo em seguida o tratamento T1a com 2,95 m de erro (RMSE). Dentre os métodos testados no plantio em linha, o tratamento T3a obteve menor RMSE (2,99 m) como mostra a Tabela 3.

Segundo o Instituto de Florestas do Paraná - IFPR (2016), em seu Manual de Inventário Florestal, o erro máximo para estimativa de altura para que um trabalho de campo seja aceito é de 10%. Exceto pelo tratamento T2a em árvores isoladas, e os tratamentos T6a e T7a no plantio em linha, os demais tratamentos demonstraram em média, um Erro (%) menor que 10%.

Tabela 3. Análise de erros para diferentes métodos na medição de altura em árvores isoladas e plantio de *Eucalyptus* sp.

	Tratamento	Método	ME (m)	MSE (m)	RMSE (m)	RRMSE (%)	Erro (%)
Árvores isoladas	T1a	Smart Measure	-0,39	8,69	2,95	21,40	-1,26
	T2a	sMeasure	-2,39	26,16	5,11	37,12	-16,08
	T3a	Distance meter	-1,2	19,49	4,41	32,04	-5,36
	T4a	Hypsometer	-0,24	11,16	3,34	24,24	1,10
	T5a	3D-Prumo	-1,23	21,7	4,66	43,31	-8,96
	T6a	Height and Distance	-0,19	6,16	2,48	18,01	-0,19
	T7a	Tree-H	-	-	-	-	-
Plantio de <i>Eucalyptus</i> sp.	T1a	Smart Measure	1,26	11,19	3,34	15,06	5,12
	T2a	sMeasure	-1,22	13,68	3,7	16,65	-6,30
	T3a	Distance meter	0,99	8,96	2,99	13,47	3,75
	T4a	Hypsometer	0,86	17,31	4,16	18,73	3,28
	T5a	3D-Prumo	1,48	15,63	3,95	18,25	5,32
	T6a	Height and Distance	3,43	24,93	4,99	22,47	15,13
	T7a	Tree-H	3,6	22,1	4,7	21,59	15,01

Brito Neto et al. (2016) realizaram um estudo testando o aplicativo telemóvel *Smart Measure* versão 1.6 para altura total de árvores em povoamentos florestais de eucaliptos em terrenos planos, o qual apresentou erro em porcentagem (E%) de 2,37% em relação a altura real, mostrando um resultado satisfatório nessas condições. Contudo, neste trabalho, diferentemente do citado, este mesmo aplicativo apresentou um erro de 5,12% e diferença estatística no plantio de *Eucalyptus* sp., sendo eficaz apenas em árvores isoladas.

O estudo realizado por Bijak & Sarzynski (2015), no qual os aplicativos *Smart Measure 2.3* e *Measure Height* foram testados para altura em um complexo florestal de *Pinus sylvestris* L. em idade de 25, 52 e 110 anos na Polônia apresentou para o primeiro método um RMSE igual a 1,11 e 1,01 m para 15 e 20 m de distância de medição, enquanto para o software *Measure Height* foi maior (2,46 e 2,04 m), respectivamente. O desempenho do *Smart Measure* no estudo citado foi melhor do que em ambas situações do trabalho aqui apresentado.

Vastaranta et al. (2015) avaliaram o aplicativo TRESTIMATM em uma floresta na Finlândia cuja predominância eram árvores das espécies de *Pinus sylvestris* L. (pinheiro-silvestre) e *Picea Abies* (L.) H. Karst. (abeto norueguês). O aplicativo, através de imagens coletadas por meio de *smartphone*, estima a área basal, diâmetro e altura. Em seus resultados para esta última

variável, apresentou 2,1 m e 2,3 m de RMSE em pinheiro-silvestre e abeto norueguês, respectivamente, logrando melhor desempenho em comparação aos métodos aqui avaliados para medição de altura.

Considerando inventários florestais realizados por empresas do setor florestal, a máxima precisão na coleta dos dados é visada, pois pode envolver extensas áreas e alto capital investido (SILVA, 2017). Desse modo, de acordo com a finalidade do uso dos dados, deve-se ponderar o erro resultante do emprego dos aplicativos aqui testados. Contudo, ainda que estes não sejam substitutos de equipamentos profissionais precisos para medição de altura, coloca-se como alternativa, levando em conta, também, o baixo custo, praticidade, e situações diversas para seu emprego.

A medição de distância, apenas os tratamentos T4b e T6b, em árvores isoladas, não apresentaram diferença significativa a 5%. Quanto ao plantio, para esta variável, todos apresentaram diferença estatística (Tabela 4). Não foi possível avaliar o aplicativo *Smart Distance* (T8b), devido a limitação que este apresentou na coleta de dados de acordo com a altura e distância visadas. O tratamento T2b não proporcionou funcionamento a partir de determinada distância, impossibilitando a medição desta variável por meio desse método.

Tabela 4. Teste t de Student com 5% de significância em relação a testemunha distância (T0b).

Tratamento	Método	Teste t	
		Árvores isoladas	Plantio de <i>Eucalyptus</i> spp.
T1b	Smart Measure	-2,33*	9,43**
T2b	sMeasure	-	-
T3b	Distance meter	-3,56**	5,07**
T4b	Hypsometer	-1,54 ^{ns}	2,38*
T5b	3D-Prumo	-2,77*	-2,84**
T6b	Height and Distance	-1,56 ^{ns}	6,2**
T7b	Easy Measure	7,12**	8,29**
T8b	Smart Distance	-	-

^{ns} = não significativo com 95% de probabilidade; * = coeficiente significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); e ** = coeficiente significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

O cálculo de erros dos métodos testados em árvores isoladas para a variável distância mostrou um menor erro para o tratamento T4b (2,28 m). Mesmo sendo constatada diferença estatística em relação à testemunha, o aplicativo

Distance meter apresentou o menor erro no plantio de *Eucalyptus* sp., seguido do tratamento T1b, com RMSE de 2,14 m (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de erros para diferentes métodos na medição de distância em árvores isoladas e plantio de *Eucalyptus* sp.

	Tratamento	Método	ME (m)	MSE (m)	RMSE (m)	RRMSE (%)	Erro (%)
Árvores isoladas	T1b	Smart Measure	-1,02	6,58	2,57	25,65	-10,2
	T2b	sMeasure	-	-	-	-	-
	T3b	Distance meter	-1,27	5,27	2,3	22,96	-12,7
	T4b	Hypsometer	-0,63	5,21	2,28	22,83	-6,28
	T5b	3D-Prumo	-1,77	14,96	3,87	38,67	-17,7
	T6b	Height and Distance	-0,94	11,29	3,36	33,60	-9,35
	T7b	Easy Measure	2,82	12,53	3,54	35,39	28,2
	T8b	Smart Distance	-	-	-	-	-
Plantio de <i>Eucalyptus</i> spp.	T1b	Smart Measure	1,86	4,59	2,14	14,3	12,4
	T2b	sMeasure	-	-	-	-	-
	T3b	Distance meter	1,43	4,37	2,09	13,9	9,6
	T4b	Hypsometer	1,32	10,66	3,27	21,8	8,8
	T5b	3D-Prumo	-1,17	6,29	2,51	16,7	-7,8
	T6b	Height and Distance	2,09	7,64	2,76	18,4	13,9
	T7b	Easy Measure	3,82	20,73	4,55	30,4	25,5
	T8b	Smart Distance	-	-	-	-	-

CONCLUSÃO

O teste aplicado proporcionou concluir que os aplicativos *Smart Measure*, *Distance meter*, *Hypsometer*, *3D-Prumo* e *Height and Distance* podem ser utilizados para medir alturas em árvores isoladas e o *sMeasure*, *Distance meter*, *Hypsometer* e *3D-Prumo* foram satisfatórios em relação ao equipamento tradicionalmente aplicado nos inventários florestais para a variável altura total em plantio de *Eucalyptus* spp. Já para distância, apenas os aplicativos *Hypsometer* e *Height and Distance* são indicados para medir distâncias em árvores isoladas.

Apesar da existência de aplicativos para *smartphones*, os quais são alternativas para levantamentos dendrométricos em inventários florestais, são poucos os estudos que os analisam em diferentes condições. Desse modo, é necessário e sugere-se que sejam realizados estudos com estes e outros métodos com o uso de aplicativos e softwares disponíveis para *smartphones*, tais como TRESTIMA™, *Theodolite Droid*, *Measure Height*, *Tree Meter*, entre outros. Além disso, recomenda-se ainda, testar aplicativos comparando seu desempenho em diferentes tipos de *smartphones*, e ainda utilizar como testemunha a altura real de árvore abatida.

Em suma, com o presente trabalho conclui-se que a incorporação de novas tecnologias, através de aplicativos para *smartphones* a custo reduzido, já é uma alternativa para uso em inventários florestais e sua determinação das alturas. Já para distâncias, deve-se ter maior cautela.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E.J.G. et al. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.71, p.257-268, 2012.
- BIJAK, S.; SARZYŃSKI, J. Accuracy of smartphone applications in the field measurements of tree height. **Folia Forestalia Polonica**, v.57, n.4, p.240-244, 2015.
- BRITO NETO, R.L. et al. Utilização de aplicativo telemóvel para medição da altura total de árvores. In: IV Semana de Engenharia Florestal da Bahia e I Mostra da Pós-graduação em Ciências Florestais da UESB, 2016, Vitória da Conquista. **Anais...** Bahia: UESB, 2016.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009.
- CESARO, A. et al. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, v.4, n.1, p.98-108, 1994.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2012.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment: desk reference**. Roma: FAO, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/en/>.
- GOMIDE, L.R.; LINGNAU, C. Simulação espacial de uma paisagem sob o efeito borda. **Floresta**, v.39, n.2, p.441-455, 2009.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**, 2017. Disponível em: https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf

IFPR – Instituto Florestal do Paraná. **Manual de Inventário Florestal**, 2016. Disponível em: http://www.florestasparana.pr.gov.br/arquivos/File/EDITAL/CO_NCESSAO/2016/IFPR.CONCESSAO.013.2016/11_MANUAL_INVENTARIO.pdf

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

MARTINI, A. et al. A periodicidade diária do índice de conforto térmico na arborização de ruas de Curitiba-PR. **Scientia Plena**, v.9, n.5, p.1-9, 2013.

SANQUETTA, R.S. et al. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 3.ed. Curitiba: Multi-Grafic, 2014.

SILVA, G.F. et al. Avaliação de métodos de medição de altura em floretas naturais. **Árvore**, v.36, n.2, p.341-348, 2012.

SILVA, S.A. **Proposta metodológica para auditoria em inventário florestal com enfoque na avaliação de erros de medição**. 2017. 87p. (Dissertação de mestrado).

THIERSCH, C.R. et al. Estimativa da relação hipsométrica em clones de *Eucalyptus* sp. com o modelo de Curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. **Árvore**, v.37, n.1, p.1-8, 2013.

TOMPPPO, E. et al. **National Forest Inventories: pathway for common reporting**. Heideberg: Springer, 2010.

URBANO, E.; PEREIRA, P.R.; CACAU, F.V.P. Comparação de diferentes equipamentos para medição da altura de árvores em plantio de eucalipto. **Atualidades em mensuração florestal**. Curitiba: UFPR, 2014.

VASTARANTA, M. et al. Evaluation of a smartphone app for forest sample plot measurements. **Forests**, v.6, n.4, p.1179-1194, 2015.