



**COMPARATIVO ENTRE HIPSÔMETROS TRADICIONAIS E
APP SMARTFOREST NA ESTIMATIVA DA ALTURA DE ÁRVORES DE
*Eucalyptus sp.***

Lucas Kröhling Bernardi^{1,2}, Luiz Felipe Tiussi de Mendonça³, Michelle Pereira de Menezes³, Wádilla Morais Rodrigues³, Esthevan Augusto Goes Gasparoto¹, Maycow Lucas Dutra Gomes Berbert¹, Paulo Henrique da Silva Ferreira¹, Maria Cristina Bueno Coelho³

1 Treevia Forest Technologies, São José dos Campos, SP, Brasil. E-mail: lucas.bernardi@treevia.com.br; esthevan@treevia.com.br; maycow.berbert@treevia.com.br; paulo.henrique@treevia.com.br

2 Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, Brasil.

3 Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil. E-mail: felipe.tiussi@uft.edu.br; eng.michellemenezes@gmail.com; wadilla.morais@mail.uft.edu.br; mariacristina@mail.uft.edu.br

Autor correspondente: Lucas Kröhling Bernardi. E-mail: lucas.bernardi@treevia.com.br.

RESUMO

Enquanto os diâmetros das árvores podem ser diretamente medidos em campo, a variável altura dificilmente pode ser obtida diretamente quando não há a derrubada da árvore. Nesses casos, é necessário que seu valor seja estimado por métodos indiretos pelo uso de hipsômetros. Além dos equipamentos tradicionais utilizados comercialmente, aplicativos desenvolvidos para aparelhos *smart* como tablets e smartphones podem ser alternativas viáveis para facilitar a coleta de dados florestais. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de aplicação da ferramenta de hipsometria do aplicativo SmartForest desenvolvido pela empresa brasileira Treevia Forest Technologies. O estudo foi conduzido comparando as estimativas do hipsômetro do aplicativo com estimativas geradas por hipsômetros tradicionais como Blume Leiss e Nikon Forestry Pro ao medir a altura de 10 árvores de *Eucalyptus sp.* selecionadas aleatoriamente. Pela análise de variância dos dados verificou-se que não houve diferença estatística entre as medições de nenhum dos equipamentos e que o aplicativo SmartForest apresentou o menor desvio padrão dentre os hipsômetros. Além disso, comparando-se as estimativas por árvore, nenhum hipsômetro apresentou diferença significativa para os demais.

Palavras-chave: Aplicativos smart; dendrometria; medição de altura; precisão

**COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL HYPSONETERS AND THE
SMARTFOREST APP IN ESTIMATING THE HEIGHT OF *Eucalyptus sp.* TREES**

ABSTRACT

*While tree diameters can be directly measured in the field, the height variable is difficult to obtain directly without tree felling. In such cases, it is necessary to estimate its value using indirect methods using hypsometers. In addition to commercially used traditional equipment, applications developed for smart devices such as tablets and smartphones can be viable alternatives to facilitate forest data collection. This study aimed to evaluate the feasibility of applying the hypsometry tool in the SmartForest application developed by the Brazilian company Treevia Forest Technologies. The study compared the hypsometer estimates from the application with estimates generated by traditional hypsometers such as Blume Leiss and Nikon Forestry Pro when measuring the height of 10, randomly selected, *Eucalyptus sp.* trees. Analysis of variance revealed no statistical difference between the measurements of any of the equipment, and the SmartForest application had the lowest standard deviation among the hypsometers. Furthermore, when comparing estimates per tree, no hypsometer showed significant differences from the others.*

Key words: Smart apps; dendrometry; height measurements; accuracy

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

A medição precisa da altura de árvores é fundamental para a correta estimativa do estoque de madeira em empreendimentos florestais. Diferentemente do diâmetro, que é diretamente mensurado, a altura é uma variável de difícil mensuração sendo necessária sua estimativa de maneira indireta por meio do uso de hipsômetros (Silva *et al.*, 2017).

Esses dispositivos podem ser fundamentados em princípios trigonométricos, onde a distância entre o observador e a árvore, juntamente com o ângulo de visada, são usados para estimar a altura, ou então em princípios geométricos, utilizando-se do princípio da semelhança de triângulos e um objeto de referência como uma vara graduada de alto contraste. Dentre os aparelhos que se utilizam de princípios trigonométricos estão, por exemplo, Blume-Leiss, Hagloff, Suunto, e Nikon Forestry Pro (Frutuoso *et al.*, 2020).

No entanto, com o rápido desenvolvimento da tecnologia móvel, os aplicativos de smartphone têm surgido como uma alternativa potencialmente viável e acessível para medir a altura das árvores.

Este estudo teve como objetivo avaliar a precisão do hipsômetro do aplicativo SmartForest 1.0 desenvolvido pela startup brasileira Treevia Forest Technologies na medição da altura de árvores de *Eucalyptus* sp. em comparação com hipsômetros tradicionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste estudo são provenientes de plantios de *Eucalyptus* sp. do campus Gurupi da Universidade Federal do Tocantins, na cidade de Gurupi/TO. Foram medidas as alturas de 10 árvores selecionadas aleatoriamente, em terreno plano, com 3 repetições por árvore para cada um dos 3 diferentes equipamentos sendo, hipsômetro Blume Leiss, hipsômetro Nikon Forestry Pro e o hipsômetro do aplicativo SmartForest 1.0 (Figura 1) desenvolvido pela Treevia Forest Technologies instalado no tablet Samsung Galaxy Tab Active 3 (Figura 2), totalizando 30 medições de altura por hipsômetro e 90 medições no total. A distância do operador para a árvore alvo foi definida como 20,0 m.

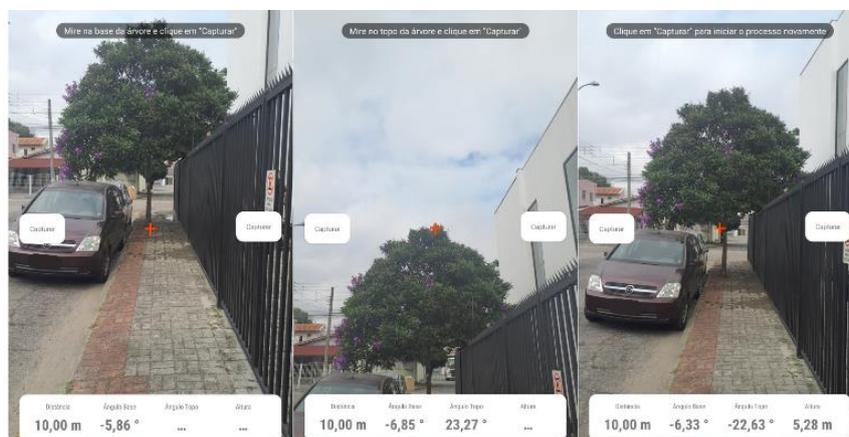


Figura 1. Telas de uso app SmartForest da Treevia Forest Technologies. Na aplicação o operador pode definir a distância do mesmo até a árvore-alvo e então, com apenas mais dois cliques na tela, a altura da árvore é obtida.



Figura 2. Operadora utilizando o app SmartForest da Treevia Forest Technologies em campo para medir a altura de árvores de *Eucalyptus* sp.

Para comparar os métodos com relação à consistência das medições foram calculadas as médias e desvios padrão das estimativas feitas pelos hipsômetros a cada árvore. A existência de diferença significativa entre as medições dos aparelhos foi testada por meio da Análise de Variância (ANOVA) e, para comparar as médias das alturas estimadas pelos hipsômetros analisados aos pares, realizou-se a análise pos-hoc por meio do Teste de Tukey (*Honestly significant difference*) com o uso da função *TukeyHSD* do pacote *stats* do *software* R 4.3.0 (R Core Team, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de média e desvio padrão médio das estimativas de altura de cada um dos hipsômetros testados ao medir cada uma das 10 árvores, e o resultado da ANOVA encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1. Medidas resumo para as estimativas de altura dos indivíduos de *Eucalyptus* sp.

Hipsômetro	Média das alturas	Desvio padrão médio
Blume Leiss	21,72	0,62796
Nikon Forestry Pro	21,62	0,62791
App SmartForest	21,88	0,56374

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para as estimativas de altura pelos 3 hipsômetros testados

	GL	SQ	QM	F	p-valor
Hipsômetros	2	1	0,502	0,04	0,961
Resíduos	87	1093	12,566		

Em que: GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = estatística F.

Dos três hipsômetros, o que apresentou melhores valores para consistência foi o app SmartForest com desvio padrão por árvore médio de 0,56 m, seguido do Nikon Forestry Pro e Blume Leiss com desvios padrão médios de 0,63 m.

Pela análise da Tabela 2, observa-se que as médias das estimativas de altura dos três hipsômetros não apresentam diferença significativa entre si, indicando que as estimativas

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

realizadas pelo app SmartForest podem ser consideradas semelhantes às estimativas dos hipsômetros tradicionais.

Somente esta informação já seria suficiente para afirmar que não há diferença entre as estimativas do aplicativo para os aparelhos tradicionais, entretanto, uma análise pos-hoc comparando os hipsômetros aos pares ou mesmo analisando as estimativas dos aparelhos para cada árvore, individualmente, pode ser feita para constatar se os aparelhos apresentaram diferenças entre si ao estimar a altura de alguma árvore específica.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados para o teste de Tukey comparando os hipsômetros com resultados árvore a árvore e para a amostra total sem distinção de árvore. Observa-se que, com exceção das árvores 8 e 5, as menores diferenças foram encontradas ao comparar as estimativas de um dos hipsômetros tradicionais com o hipsômetro do app SmartForest. Para os dados de toda a amostra, a menor diferença entre as médias das alturas foi observada para os valores estimados pelos hipsômetros Blume Leiss e Nikon Forestry Pro.

Tabela 3. Teste de Tukey para as estimativas de altura por árvore entre os 3 hipsômetros.

Amostra	Comparação	Diferença entre as médias	p-valor
Total	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	0,1000	0,9934
	Blume Leiss - App SmartForest	-0,1567	0,9839
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-0,2567	0,9575
Árvore 1	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	0,2333	1,0000
	Blume Leiss - App SmartForest	-0,2000	1,0000
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-0,4333	1,0000
Árvore 2	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	0,9333	0,9974
	Blume Leiss - App SmartForest	0,4667	1,0000
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-0,4667	1,0000
Árvore 3	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	0,2667	1,0000
	Blume Leiss - App SmartForest	0,0000	1,0000
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-0,2667	1,0000
Árvore 4	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	1,0667	0,9836
	Blume Leiss - App SmartForest	1,2667	0,8981
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	0,2000	1,0000
Árvore 5	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	-0,4667	1,0000
	Blume Leiss - App SmartForest	-1,3667	0,8113
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-0,9000	0,9985
Árvore 6	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	-0,9000	0,9985
	Blume Leiss - App SmartForest	0,7333	1,0000
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	1,6333	0,4850
Árvore 7	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	1,1333	0,9666
	Blume Leiss - App SmartForest	-0,3000	1,0000
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-1,4333	0,7383
Árvore 8	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	0,1333	1,0000
	Blume Leiss - App SmartForest	-0,9000	0,9985
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-1,0333	0,9891
Árvore 9	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	0,3333	1,0000
	Blume Leiss - App SmartForest	-0,7667	0,9999
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	-1,1000	0,9763
Árvore 10	Blume Leiss - Nikon Forestry Pro	-1,7333	0,3643
	Blume Leiss - App SmartForest	-0,5000	1,0000
	Nikon Forestry Pro - App SmartForest	1,2333	0,9202

Curto *et al.* (2019) realizaram um estudo em árvores em uma região de ecótono Cerrado-Amazônia na cidade de Sinop-MT, comparando a precisão dos aplicativos *Two Point Height*, *Measure Height*, *Smart Measure* e *Hypsometer*, utilizando-se do hipsômetro Vertex IV como referência (controle). Os resultados indicaram que todos os aplicativos de smartphone produziram

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

medições estatisticamente semelhantes às obtidas pelo Vertex IV, demonstrando níveis aceitáveis de precisão.

Harfouche *et al.* (2019) conduziram uma pesquisa em cenários de árvores isoladas e em plantios de *Eucalyptus* sp. comparando a precisão de vários aplicativos de smartphone também utilizando-se do Vertex IV como referência. Os resultados revelaram que, embora alguns aplicativos tenham mostrado resultados promissores, alguns ainda apresentam erros significativos superiores a 15% em relação ao Vertex IV.

É importante destacar que a precisão dos aplicativos pode depender de vários fatores, como a qualidade da câmera do aparelho, a precisão do acelerômetro, bem como a correta calibração do aplicativo. No caso do app SmartForest, seu desenvolvimento foi 100% voltado para o contexto florestal e, portanto, espera-se que suas estimativas sejam próximas às estimativas dos hipsômetros tradicionais pela calibração correta do aplicativo.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados pelo presente estudo indicam o potencial do uso de aplicativos para o setor florestal, especificamente para a estimativa da altura das árvores. O aplicativo SmartForest apresentou estimativas que não diferiram significativamente das estimativas geradas pelos hipsômetros tradicionais.

Recomenda-se novos estudos visando analisar a viabilidade deste e outros aplicativos para estimar não somente as alturas das árvores de *Eucalyptus* sp. mas também de espécies nativas de biomas brasileiros, bem como a utilização do app para obtenção de alturas em diferentes cenários, como em declive e aplane. Além disso, no caso de espécies plantadas, recomenda-se que os valores reais das alturas sejam obtidos pelo abate das árvores a fim de comparar a acurácia dos aplicativos em relação à acurácia dos hipsômetros tradicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Curto, R. A.; Deecken, B. P.; Kohler, S. V.; Biazatti, S. C.; Araújo, E. J. G.; Wink, C.; Môra, R. Operacionalidade de aplicativos de *smartphone* para mensuração de altura de árvores em região de ecótono Cerrado-Amazônia. **Nativa**, v. 7, n. 2, p. 218-225, 2019. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6310>.
- Frutuoso, L. M. S.; Almeida, D. M.; Ucella Filho, J. G. M.; Barbosa Junior, V. C.; Andrade, G. S.; Canto, J. L. Métodos de medição de altura em fragmento de Floresta Estacional Decidual. **Nativa**, v. 8, n. 5, p.610-614, 2020. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10335>.
- Harfouche, T. B.; Dalla Corte, A. P.; Ruza, M.; Behling, A. Uso de aplicativos em *smartphone* para medições de árvores. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 4, n. 1, p.7-15, 2019. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v4i1.62532>.
- R Core Team. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 Jul. 2023.
- Silva, G. F.; Oliveira, O. M.; Souza, C. A. M.; Soares, C. P. B.; Lemos, R. Influência de diferentes fontes de erro sobre as medições de alturas de árvores. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 397-405, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000300006>.