



Avaliação de diferentes hipsômetros na estimativa da altura total

Assessing different hypsometers to estimate total height

Marya Eduarda Feliciano¹, Andressa Ribeiro², Antônio Carlos Ferraz Filho³, Paula Carolina Gomides Vitor⁴

Resumo: Objetivou-se neste trabalho avaliar a acurácia de diferentes hipsômetros: Blume Leiss [BL], Suunto [ST], Relascópio [RL], Vertex [VX], Haga [HG] e TruPulse [TP] para a medição de altura. Os dados foram coletados em varas telescópicas (A, B e C com 4,45; 10,75 e 7,8 m, respectivamente) por treze observadores. As alturas medidas foram avaliadas por meio de uma análise de variância em um delineamento em blocos casualizados, e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Também foi utilizado o Teste t (99% de significância) para comparar a igualdade entre a altura total real de cada vara e as alturas medidas com os hipsômetros. Os resultados mostraram que apenas o RL foi diferente dos demais hipsômetros quando avaliados conjuntamente. Os hipsômetros VX, HG e BL apresentaram os melhores resultados em todas as análises, apresentando alta semelhança à altura real.

Palavras-chaves: hipsômetros trigonométricos, dendrometria, manejo florestal, inventário florestal

Abstract: This study aimed to assess the accuracy of different hypsometers: Blume Leiss [BL], Suunto [ST], Relascope [RL], Vertex [VX], Haga [HG] and TruPulse [TP] for height measuring. Data were collected from telescopic poles (A, B and C with 4.45, 10.75 and 7.8 m, respectively) using thirteen different observers. The height was analyzed by analysis of variance in randomized block and tested by Tukey test. The t test (99% significance) was also used to compare equality between real total height of each telescopic pole and heights measured with hypsometers. The results showed that only the RL was different from other hypsometers when all were analyzed together. The hypsometers VX, HG and BL showed the best results in all analyzes, presenting a high semblance to the real height.

Key words: trigonometric hypsometer, dendrometry, forest management, forest inventory

* Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/10/2015; aprovado em 02/03/2016

¹Estudante de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 035 9 91189112, maryaeduardafeliciano@hotmail.com

²Professora, Universidade Federal do Piauí, andressa.florestal@gmail.com

³Professor, Universidade Federal de Lavras, antoniocarlos.ferraz@def.ufla.br

⁴Estudante de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, paulagvitor@hotmail.com



INTRODUÇÃO

O manejo florestal engloba a interação dos fatores econômico, social e biológico, em que visa conhecer a floresta e obter informações de crescimento e dos produtos florestais para determinados fins (energia, celulose, serraria, etc.). O desempenho do manejo florestal pode ser avaliado a partir de dados coletados pela biometria florestal e processados pelo inventário florestal. A área de mensuração abrange a medida das dimensões básicas como diâmetro a altura do peito (DAP) e diversos tipos de altura.

A distância do nível do solo até o topo da árvore, ao longo do eixo principal, é definida como a altura total da árvore. Esta variável pode ser quantificada através de medição direta com uma trena ou vara telescópica. Outra forma comum e prática de se medir a altura de uma floresta é fazendo-se o uso de hipsômetros. Os mesmos, segundo Gonçalves et al. (2008), são instrumentos que estimam a altura da árvore em pé e podem ser construídos baseando-se em princípio geométrico ou trigonométrico.

Os hipsômetros trigonométricos fundamentam-se em relações angulares de triângulos retângulos, como exemplo o Blume-Leiss, Haga, Suunto, Relascópio e o Vertex. Já os de princípio geométrico são feitos com a relação de triângulos semelhantes, podendo-se citar o Hipsômetro de Christen e a Prancheta Dendrométrica.

A estimativa das alturas é possível a partir da realização de relações hipsométricas, principalmente a relação entre DAP e alturas já coletadas (SCOLFORO; THIERSCH, 2004; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009). Para que a relação hipsométrica apresente resultados confiáveis é necessário que as medidas de altura fornecidas por aparelhos ópticos sejam as mais próximas possíveis da altura real da árvore (SILVA et al., 2012).

Com os dados de altura é possível calcular o volume da floresta, analisar o incremento da produção, classificar o local de estudo e identificar os índices de sítios, planejar corretamente retiradas de madeira do talhão com base na quantidade de madeira a ser produzida (COUTO; FERRARI, 1979; SCOLFORO; THIERSCH, 2004). Finger (1992) reforçou que a altura tem papel fundamental dentro do manejo florestal, pois além dos estudos de sítio, ela traduz as informações do crescimento das árvores conforme os fatores disponíveis no meio em que se encontram.

Portanto, é de suma importância a mensuração correta

de tal variável. Diversos estudos vêm sendo conduzidos para comparar a precisão de aparelhos hipsométricos disponíveis no mercado. No entanto, os mesmos consideram a medição da altura das árvores em campo para fazer a aferição dos resultados gerados pelos hipsômetros.

Porém, isto pode gerar diversos erros, pois a precisão das medidas realizadas pode ser afetada pela própria altura total da árvore, da distância do operador até a árvore e o treinamento recebido pelo mesmo (SILVA et al., 2012b). Uma alternativa para redução destes erros seria usar um objeto de altura conhecida para que se faça um treinamento prévio dos operadores que irão efetuar as medições.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes hipsômetros (Blume Leiss, Suunto, Relascópio, Vertex, Haga e TruPulse) para medição da altura total e avaliar a acurácia dos mesmos em relação ao valor da altura real, essa obtida com o uso de uma trena.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de altura foram coletados em três varas telescópicas de alta visibilidade (A, B e C) com 4,45; 10,75 e 7,8 m, respectivamente, por treze diferentes observadores, posicionados a uma distância fixa de 15 m. A área onde foi realizado o experimento era plana.

Todos os operadores foram previamente treinados para fazer o uso correto dos aparelhos. Seis hipsômetros, Blume Leiss (BL), Suunto PM-5 15/20 (ST), Relascópio de Bitterlich (RL), Vertex IV (VX), Haga (HG) e TruPulse 200B (TP), foram utilizados para medição da altura total das varas.

A análise da semelhança dos instrumentos foi realizada no programa estatístico R, por meio de uma análise de variância em Delineamento em Blocos Casualizados em ensaio fatorial, em que foi considerado os observadores como sendo blocos e os instrumentos como tratamentos. Posteriormente, as médias foram avaliadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Também foi utilizado o Teste t (99% de significância) para comparar a igualdade entre a altura total real de cada vara e as alturas medidas com os hipsômetros.

A análise exploratória dos dados agrupando a informação das três alturas testadas é mostrada na Tabela 1.

Na Tabela 2 estão apresentadas a análise exploratória dos dados de cada altura medida com diferentes aparelhos.

Tabela 1 - Média da altura total (mHT) e o desvio padrão da altura total (DP) considerando os diferentes aparelhos de medição

Tratamento	n	mHT	DP
Blume Leiss	39	7,4	2,55
Haga	39	7,5	2,55
Relascópio	39	6,9	2,59
Suunto	39	7,3	2,48
Trupulse	39	7,3	2,50
Vertex	39	7,6	2,62

Tabela 2 - Média da altura total (mHT) e o desvio padrão da altura total (DP) para as alturas "A", "B" e "C" referentes a 4,45; 10,75 e 7,8 metros de altura, respectivamente, medidas com diferentes aparelhos

Tratamento	n	"A"		"B"		"C"	
		mHT	DP	mHT	DP	mHT	DP
Blume Leiss	13	4,4	0,49	10,4	0,44	7,5	0,80
Haga	13	4,4	0,28	10,5	0,37	7,6	0,32
Reslascópio	13	4,0	0,61	9,9	1,17	6,9	0,95

Continua...

							... Continuação
Suunto	13	4,3	0,30	10,3	0,33	7,5	0,40
Trupulse	13	4,3	0,16	10,3	0,32	7,6	0,27
Vertex	13	4,5	0,12	10,8	0,31	7,6	0,25

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando todos os instrumentos juntos, por meio de análise fatorial e considerando as alturas como um tratamento (Tabelas 3 e 4) verificou-se que não houve interação entre a altura das varas e o instrumento usado para medi-las, sendo apenas o instrumento RL diferente dos demais.

Como não foi observado interação entre a vara e o tratamento, realizou-se o Teste de Tukey a 5% de

probabilidade de erro (Tabela 5) separadamente para cada vara, considerando os instrumentos como tratamentos. Ao analisar os resultados foi possível verificar que para a vara "A" houve similaridade entre os instrumentos VX, BL, HG, ST, TP e entre os instrumentos HG, ST, TP e RL. Para a vara "B", entre os instrumentos VX, HG, BL, TP, ST e entre os instrumentos BL, TP, ST e RL. Já para a vara "C", apenas o RL apresentou diferença dos outros instrumentos.

Tabela 3 - Análise de variância para um Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) em ensaio fatorial para as alturas totais, onde GL representa Graus de Liberdade; SQ Soma de Quadrados; QM Quadrado Médio; Fc o F calculado, S nível de significância (0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*', 0.05 '.' e > 0.1) e CV % Coeficiente de Variação em porcentagem das alturas medidas

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>F)	S	CV (%)
Bloco	12	10,5	0,9	3,85	2,58E-05	***	
Vara	2	1423,5	711,7	3.119,00	< 2e-16	***	
Tratamento	5	12,1	2,4	10,59	4,69E-09	***	6,48
Vara:Trat	10	1,5	0,1	0,64	0,777		
Resíduos	204	46,6	0,2				

Tabela 4 - Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com as médias da altura total para todas as alturas agrupadas

Tratamentos	Médias (m)	Grupo
Vertex	7,63	a
Haga	7,50	a
Blume Leiss	7,46	a
Trupulse	7,39	a
Suunto	7,37	a
Relascópio	6,90	b

Tabela 5 - Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com médias da altura total para a altura "A" com 4,45 metros de altura, para a altura "B" com 10,75 metros de altura e para a altura "C" com 7,8 metros de altura

Tratamentos	A		B		C	
	Médias (m)	Grupo	Médias (m)	Grupo	Médias (m)	Grupo
Vertex	4,47	a	10,8	a	7,6	a
Blume Leiss	4,42	a	10,5	a	7,6	a
Haga	4,38	ab	10,4	ab	7,6	a
Suunto	4,32	ab	10,3	ab	7,5	a
Trupulse	4,30	ab	10,3	ab	7,5	a
Relascópio	3,99	b	9,9	b	6,9	b

Quando avaliado os resultados do Teste t a 99% (Tabela 6), para a vara "A" apenas o RL e o TP apresentaram diferença estatística significativa em relação à altura real. Para a vara "B" o ST, RL e TP apresentaram diferença estatística significativa em relação à altura real. Para a vara

"C" apenas o RL e TP apresentaram diferença significativa em relação à altura real. Quando foram comparadas todas as varas juntas, todos os instrumentos apresentaram igualdade significativa em relação à altura real.

Tabela 6 - Teste t (99% de probabilidade de acerto) apresentando a comparação entre a altura medida por cada instrumento (BL, ST, RL, VX, HG e TP) e o valor real de cada altura

	BL	ST	RL	VX	HG	TP
Vara "A" = 4,45 m			*			*
Vara "B" = 10,75 m		*	*			*
Vara "C" = 7,80 m			*			*
"A" + "B" + "C"						

Em que: "*" representa diferença estatística significativa a 99%.

É importante ressaltar que quanto maior a altura menor pode ser a chance de visualização e, conseqüentemente, de erro, necessitando assim de um bom treinamento para utilização dos aparelhos. Silva et al. (2012b) relataram que embora todos os operadores recebam o mesmo treinamento, eles possuem habilidades e experiências anteriores distintas, além de nem sempre exercerem este tipo de tarefa cotidianamente, o que influencia nos resultados.

No entanto, o uso de uma vara com o valor de altura previamente conhecido pode facilitar o treinamento destes operadores. Esta é situação que pode ser adotada por empresas florestais que desejam treinar seus funcionários antes que os mesmos sejam inseridos ao trabalho de campo. A falta de treinamento é um grande problema no processo de mensuração de alturas em uma floresta, e a coleta de dados de forma errônea pode acarretar em um elevado custo no processo de inventário e auditorias florestais.

Silva et al. (2012a) compararam a medição da altura total quando realizada com o VX e com a escalada das árvores. Os resultados relataram que a utilização do VX em árvores menores obriga o operador a ficar próximo da árvore e fica mais suscetível a oscilações no momento da medição, causando maiores erros quando comparados a estimativas visuais por operadores treinados. Ao medir alturas maiores, as dificuldades aumentam e a limitação do aparelho continua a mesma, mas ambos os métodos obtiveram resultados semelhantes quando se trata da precisão na estimativa das alturas.

Tallant e Pelkki (2004) também testaram a eficiência do VX e do ST e obtiveram resultados que comprovaram que o ST é uma alternativa viável economicamente e tecnicamente, mas a eficiência do inventário é maior quando se usa o VX, fato também corrente no presente trabalho, onde todos os aparelhos testados não apresentaram diferença significativa em relação à altura real.

O VX foi um dos aparelhos que se destacou no Test t (99% de probabilidade de acerto) juntamente com o BL e o HG, sendo também o preferido dos operadores visto a praticidade de manuseio. Já o BL apresenta desvantagem em relação aos demais aparelhos pelo fato de ser confeccionado de material plástico, apresentando uma menor durabilidade para condições de uso operacional.

Couto e Bastos (1988) estudaram os erros apresentados pelos hipsômetros BL, HG, ST, Haglof (HF) e Weise (WS), utilizando 4 operadores, 3 classes de altura de árvores e 3 distâncias distintas. Os resultados indicaram que o HG foi o

aparelho que obteve menor erro médio percentual, seguido do ST, BL, HF e WS.

Os explanados autores, comparando os instrumentos HG e ST, concluíram que o HG apresentou maior precisão, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho em relação ao HG e ao ST, sendo o hipsômetro HG mais preciso em todas as alturas estudadas. No entanto, estes autores mencionam a necessidade de mais estudos com maiores repetições em áreas declivosas para verificar a precisão destes instrumentos.

Jesus et al. (2012) testaram o HG, ST e VX com a finalidade de obter a altura mais próxima da altura real, esta obtida do abatimento das árvores e medidas com uma trena. Os autores não encontraram diferença significativa entre as médias das alturas quando empregado o teste F com um nível de significância de 99%, seguido do teste de Tukey.

No entanto, ao calcularem o erro em porcentagem dos diferentes aparelhos hipsométricos comparados à altura real, o ST foi o aparelho que melhor estimou a mesma, o que não ocorreu no presente trabalho, sendo que ao analisar o HG, ST e VX, o VX foi o hipsômetro que melhor estimou a altura real, seguido do HG e do ST.

O RL e o TP foram os instrumentos que apresentaram diferença significativa do valor real com maior frequência nas diferentes alturas de varas. Oliveira et al. (2014) ao estudarem estes dois aparelhos obtiveram resultados semelhantes ao presente trabalho, em que o RL gerou uma alta variação nas alturas mencionadas.

Os mesmos autores concluíram que o hipsômetro laser (TP) não é um aparelho confiável quando se deseja precisão na obtenção da altura total, pois a leitura depende de que o laser bata no ponto visado e volte ao aparelho para registrar a medição, sendo suscetível a qualquer obstáculo, podendo ou não gerar uma medição equivocada. Entretanto, ambos apresentam a vantagem de não necessitar o uso de trena para medir a distância entre o operador e a árvore.

Na Tabela 7 são apresentados os dados técnicos dos hipsômetros utilizados no estudo. O preço foi determinado baixo, médio e alto, conforme escala de preço no mercado: menor do que R\$1.000, entre R\$1.000 e R\$2.500 e maior do que R\$2.500. A disponibilidade comercial foi determinada com base em pesquisas em sites de compras, onde foi possível perceber que aparelhos mais antigos como o HG e o RL possuem uma maior dificuldade de serem encontrados quando comparados com aparelhos mais novos no mercado, como o TP e o VX.

Tabela 7 - Dados técnicos dos hipsômetros utilizados no trabalho

Hipsômetro	Disponibilidade comercial	Escalas usadas	A distância horizontal é medida com:	Preço
Blume Leiss	Média	15, 20, 30 e 40 m	Prisma óptico e mira auxiliar do	Médio
Haga	Média	15, 20, 25 e 30 m	Mira auxiliar do aparelho (telêmetro	Médio
Relacópio	Média	20, 25 e 30 m	Mira auxiliar do aparelho/Trena	Alto
Suunto	Alta	15 e 20 m	Mira auxiliar do aparelho (telêmetro	Baixo
Trupulse	Alta	Até 2000 m	Laser pulsado	Alto
Vertex	Alta	Até 50 m	Transponder	Alto

CONCLUSÕES

Os hipsômetros VX, HG e BL foram os instrumentos que apresentaram os melhores resultados em todas as análises, apresentando ainda uma alta significância com o valor real, portanto, recomendados como os melhores aparelhos para medição de altura. Os mesmos apresentam uma maior acurácia em relação aos demais instrumentos

estudados e possuem rápido manuseio, o que leva a uma diminuição nos custos do inventário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUTO, H. T. Z.; FERRARI, M. P. O hipsômetro do IPEF/CEF-ESALQ. IPEF, Piracicaba-SP, Circular técnica n. 53, 8p. 1979.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Erros de medição de altura em povoamentos de Eucalyptus em região plana. IPEF, Piracicaba-SP, Circular técnica n. 39, p. 21-31, 1988.

GONÇALVES, D. de A.; VAN ELDIK, T.; POKORNY, B. O uso de dendrômetro a laser em Florestas Tropicais: Aplicações para o manejo florestal na Amazônia. Floresta, Curitiba-PR, v. 39, n. 1, p. 175-187, 2009.

JESUS, C. M. D.; MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; IMAÑA ENCINAS, J. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.8, n.15, p. 291-299, 2012.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Dendrometria. 2. ed. Guarapuava, Unicentro, 2009. 316p.

OLIVEIRA, X. M.; CABACINHA, C. D.; ASSIS, A. L. Precisão e tempo de operação de alguns instrumentos para medir altura de árvores. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.10, n.18, p. 2336-2344, 2014.

R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

TALLANT, B; PELKKI, M. A comparison of four forest inventory tools in southeast Arkansas. In: Competitiveness of southern forest products markets in a global economy: trends and predictions. Proceedings of the Southern Forest Economics Workshop, p. 23-34, 2004.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. Biometria Florestal: medição, volumetria e gravimetria. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. 285 p.

SILVA, G. F.; CURTO, R. A.; SOARES, C. P. B; PIASSI, L. C.; Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.2, p. 341-348, 2012a.

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 altura de árvores. Rev. Cerne, v.18, n.3, p.397-405, 2012b.