



AVALIAÇÃO DE FATORES OPERACIONAIS NA ESCOLHA DE MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DA ALTURA DE ÁRVORES EM FLORESTA NATURAL

Rafaella De Angeli Curto¹, Gilson Fernandes da Silva², Gabrielle Hambrecht Loureiro³, Rômulo Môra⁴, Sylvio Péllico Netto⁵

1. Engenheira Florestal, Doutoranda em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR, Curitiba, Paraná – Brasil. (rafaellacurto@yahoo.com.br)
2. Engenheiro Florestal, Professor Associado I do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo/UFES, Alegre, Espírito Santo – Brasil.
3. Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR, Curitiba, Paraná – Brasil.
4. Engenheiro Florestal, Professor Assistente I na Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT, Cuiabá, Mato Grosso – Brasil e Doutorando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR, Curitiba, Paraná – Brasil.
5. Engenheiro Florestal, Professor Sênior do CPGEF da Universidade Federal do Paraná/UFPR, Curitiba, Paraná – Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O presente estudo foi realizado em uma floresta estacional semidecidual, conhecida como Floresta do Rosal, município de Guaçuí-ES. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a influência de alguns fatores na estimação da altura total de árvores em uma floresta natural em diferentes condições do terreno. Foram propostos cinco métodos de estimação: Hipsômetro Vertex; Clinômetro digital; estimação com auxílio de uma régua de 15 metros; e estimativas visuais com e sem treinamento. Para avaliar o uso dos métodos, foram mensurados 211 indivíduos. Foi realizada a avaliação dos fatores: número de operadores; custos iniciais e de manutenção; robustez; facilidade de observação; e compatibilidade dos métodos de estimação de altura. Para a avaliação desses fatores, foi elaborada uma tabela resumo em que foram atribuídas notas de 1 a 5, procedendo-se a ordenação de acordo com resultados favoráveis para a escolha do método. Dentre os cinco métodos avaliados, apesar do método de estimação visual sem treinamento receber as melhores notas para os fatores considerados, ele não é considerado o melhor por não possuir embasamento científico. Os demais métodos seguem metodologia científica e, portanto, possibilitam a obtenção de estimativas de maior acurácia. Cada método apresenta fatores favoráveis e desfavoráveis para a sua escolha, sendo dependente das circunstâncias e da finalidade na utilização de cada método.

PALAVRAS-CHAVE: Dendrometria, hipsometria, floresta nativa.

EVALUATION OF OPERATIONAL FACTORS TO THE CHOICE OF METHODS FOR ESTIMATING THE HEIGHT OF TREES ON NATURAL FOREST

ABSTRACT

This study was conducted in a seasonal semideciduous forest, known as the Floresta do Rosal, in the municipality Guaçuí-ES. This work was developed to verify the influence of some factors in the estimative of height of trees in a natural forest on different terrain conditions. It was proposed five estimation methods: Vertex Hypsometer; Digital Clinometer; estimation with the aid of 15 meters ruler, and visual estimates with and without training. To evaluate the methods used, were measured 211 trees. It were performed the factors evaluation: number of operators; initial and maintenance costs, ruggedness, observation easiness, and compactness of the height estimation methods. Grades from one to five were given to each variable in order to rank and choose the best. Among the five evaluated methods, despite the visual estimation method without training receive top marks for factors considered, it is not considered the best because it doesn't have scientific basis. The other methods follow scientific methodology and, therefore, possible to obtain more accurate estimates. Each method has favorable and unfavorable factors for their choice, being dependent on the circumstances and purpose in the use of each method.

KEYWORDS: Dendrometry, hipsometria, native forest.

INTRODUÇÃO

A mensuração florestal possui importantes elementos para o manejo florestal, possibilitando o melhor planejamento de suas atividades e a tomada de decisões adequadas para sua efetivação. As duas variáveis mais utilizadas para obtenção de estimadores nos inventários florestais são a altura e o diâmetro, que são usadas para o cálculo da área basal e do volume de madeira existentes em uma floresta (FREITAS & WICHERT, 1998).

A altura é uma importante característica da árvore e pode ser medida ou estimada, sendo primordial para o cálculo do volume, de incrementos em altura e, em determinadas situações, pode servir como indicadora da qualidade produtiva de um local (SOARES *et al.*, 2006).

A medição desta variável no campo demanda envolvimento de muitos recursos, como pessoal, veículo, equipamento e tempo. Todos esses elementos, com implicações e custos diversos, sendo que somente alguns equipamentos e métodos de estimação de altura têm aceitação, por motivos de praticidade, precisão e custo, sendo difícil escolher um método para a realização dessa atividade.

Em florestas tropicais nativas, o levantamento de dados de campo é uma atividade ainda mais complexa, devido às adversidades inerentes ao ambiente e à demanda pela qualidade dos dados a serem coletados. Assim, a densidade e a diversidade de uma floresta tropical tornam complexa a coleta dos dados de altura das árvores (GONÇALVES *et al.*, 2009).

Para as estimações de altura das árvores, existem tipos variados de equipamentos que são usados internacionalmente, denominados de Hipsômetros, e classificados em duas categorias, de acordo com o seu princípio de construção:

Princípio Geométrico, baseado na relação entre triângulos, como o Hipsômetro de Christen; e o Princípio Trigonométrico, que se baseia na relação entre ângulos e distâncias. Entre os hipsômetros que utilizam esse princípio de construção, têm-se o Nível de Abney, Blume-Leiss, Haga, Suunto Clinômetro e o Vertex (SOARES *et al.*, 2006).

Os instrumentos mais utilizados na área florestal para a estimação de altura de árvores em pé são os hipsômetros baseados em princípios trigonométricos, porém existem hipsômetros que têm seu funcionamento baseado em outros sistemas (GONÇALVES *et al.*, 2009), como o Vertex Forestor que tem o funcionamento baseado em ondas sonoras e, além da altura, também mede a distância da árvore até o aparelho (GONÇALVES *et al.*, 2009). O Vertex propicia leituras em vegetação densa e ambientes difíceis e realiza até seis registros de altura por objeto (HAGLÖF SWEDEN, 2010).

Os diferentes hipsômetros têm aspectos positivos e negativos. A significância de cada aspecto vai depender das circunstâncias relacionadas ao propósito e uso de cada instrumento (FORESTRY RESEARCH WORKING GROUP 2, 1999). Assim, de acordo com o exposto, o objetivo foi verificar a influência de fatores operacionais na estimação da altura total de árvores em uma floresta nativa.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em um fragmento florestal de Floresta Estacional Semidecidual, localizado no município de Guaçuí, estado do Espírito Santo, denominado de Floresta do Rosal, com uma área de 52,04 hectares. As coordenadas geográficas de acesso à entrada são 20°53' latitude Sul e 41°42' de longitude Oeste, (SANSEVERO *et al.*, 2006).

Para verificar a influência de diferentes fatores na estimação da altura total de árvores, foram propostos cinco diferentes métodos, sendo eles:

Método 1: Estimação com Hipsômetro Vertex;

Método 2: Estimação com Clinômetro digital;

Método 3: Estimação visual com o auxílio de uma régua graduada de 15 metros;

Método 4: Estimação visual com treinamento; e

Método 5: Estimação visual sem treinamento.

Para a estimação da altura total pelo método 1, foi utilizado o Hipsômetro Vertex III (Código VertexIII-360, incluindo o instrumento de medição, *transponder*, adaptador e suporte), o qual antes de iniciar as atividades foi devidamente calibrado.

Para efetuar as estimativas, o *transponder* foi fixado a uma altura pré-definida da árvore (1,30 metros do solo). A partir daí, foi possível obter a distância do mensurador até a árvore de forma automática (podendo o mensurador se posicionar a diferentes distâncias dessa), além da obtenção de até seis leituras consecutivas de altura total em cada árvore, em que, a média dessas leituras foi considerada como a altura total.

Um sensor de inclinação embutido possibilita a medição de árvores em inclinações com resultados exatos (ELOFORTE, 2010), porém, sucessivos testes mostraram que o equipamento usado neste trabalho não efetua essa correção. Assim, para terrenos inclinados foi realizada a medição do ângulo em cada situação com um nível de Abney, a fim de efetuar as devidas correções aplicando-se uma relação de cosseno, conforme apresentado por SOARES *et al.*, (2006).

Para a estimação com o método 2, Clinômetro digital (Clinômetro eletrônico Haglof), as estimativas também puderam ser feitas a qualquer distância da árvore, porém obtida com o uso de uma trena. Uma vez conhecida a distância da posição do mensurador, foi possível realizar a estimativa da altura total de forma automática. Para terrenos inclinados, houve necessidade de medição do ângulo de declividade do terreno, para a correção da declividade. Essa correção foi obtida aplicando-se uma relação de cosseno, ficando o operador localizado a uma distância reduzida, conforme apresentado por SOARES *et al.*, (2006).

Para a execução dos métodos 4 e 5, a estimação da altura total da primeira árvore foi realizada por dois operadores por meio de avaliação visual. Na sequência, para a estimação da altura total das próximas árvores, um dos operadores passou a receber treinamento, ou seja, era informado sobre a medida real da árvore anterior, obtida por escalada, de modo que pudesse balizar a sua estimativa para as árvores seguintes (Método 4), enquanto o outro operador continuou a estimar a altura sem balizamento (Método 5).

Em um segundo momento, o operador que realizou o método 4, efetuou também a estimação visual com o auxílio de uma régua graduada de 15 metros (Método 3), em que a régua era apoiada à árvore, visando criar uma referência para o operador.

Foram selecionados e mensurados um total de 211 indivíduos, todos com altura superior a 15 metros. Alguns indivíduos selecionados encontraram-se localizados em terrenos com declividades superiores a 5 graus, considerados neste estudo como inclinados, e outros em terrenos com declividades abaixo dessa, considerados como terrenos planos.

Foi realizada a avaliação dos fatores: número de operadores; preço; robustez; facilidade de observação; e compacidade dos métodos de estimação de altura.

Para a mão de obra, admitindo-se que um maior número de operadores eleva o custo de uma atividade, para a estimação da altura de árvores foi verificado o número de operadores necessários para o desenvolvimento de cada método conforme observado no campo, levando-se em conta as diferentes condições do terreno.

Para a avaliação do custo de aplicação dos métodos, foi considerado o custo inicial para o desenvolvimento da metodologia, como o investimento para a aquisição e manutenção dos equipamentos e o treinamento inicial.

Com relação à robustez, foram considerados mais robustos os equipamentos que apresentaram menor possibilidade de ser danificados quando em situação de queda, quando expostos à condições adversas de umidade, de temperatura das condições normais de trabalho, ou seja, foram considerados robustos, os equipamentos que continuaram funcionando bem em todas as condições de trabalho.

Para avaliar o fator facilidade de observação, foi considerada a possibilidade de erros decorrentes da forma de observação da altura estimada para cada método. E, finalmente, para avaliar a compacidade dos equipamentos, admitiu-se que o método com equipamento mais compacto estava relacionado a menores dimensões e menor peso.

Para a avaliação destes fatores, foi elaborada uma tabela resumo em que foram atribuídas notas de 1 a 5, procedendo-se a ordenação de acordo com resultados favoráveis para a escolha do método.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de operadores

Em terrenos planos, para a estimação da altura com o Hipsômetro Vertex (método 1) houve necessidade de apenas um operador para manipular o equipamento e dois operadores foram necessários para a estimação com o Clinômetro digital (método 2), sendo um responsável para efetuar a estimativa e outro para realizar a medição da distância com a trena. Em terrenos inclinados, como foi necessário realizar a medição do ângulo do terreno para as devidas correções de altura, houve necessidade de mais um operador para o desenvolvimento de cada um desses dois métodos. Para os demais métodos, o número de operadores permaneceu o mesmo ainda que ocorressem mudanças nas condições de terreno.

Para a execução da estimação com o auxílio da régua, foi necessário dispor de dois operadores, um para manuseá-la e outro para realizar a estimação. Para a estimação visual com treinamento (método 4), considerando que o operador já esteja treinado para essa atividade, pelo acúmulo de experiência na estimativa visual de alturas, foi necessário de apenas um operador. Porém, inicialmente, para a realização de treinamento, foi necessário a escalada de alguns indivíduos, aumentando a necessidade de operadores, um para efetuar a escalada e o outro para auxiliar na medida da altura com a trena. O número de operadores necessários para a estimação da altura de árvores para o método 5 (Estimação visual sem treinamento) foi de apenas um.

Para a atribuição de notas, em terrenos planos, como os métodos 1, 4 e 5 necessitaram de apenas um operador, esses receberam nota 1. Os métodos 2 e 3 receberam nota 2, por necessitarem de dois operadores cada. Para os terrenos inclinados, os métodos 4 e 5, obtiveram nota 1. Os métodos 1 e 3 receberam nota 2, por demandarem dois operadores cada, e o método 2 recebeu nota 3 por demandar o maior número de operadores. O resumo das notas está apresentado na Tabela 1.

Custo inicial para o desenvolvimento do método

O custo para a aquisição do Hipsômetro Vertex IV (Código Vertex III-360, incluindo o instrumento de medição, *transponder*, adaptador e suporte – atualmente não existe o Hipsômetro Vertex III disponível a venda no mercado) é de R\$ 6.264,29 e do Clinômetro digital (Clinômetro eletrônico Haglof) é de R\$ 853,28 (ELOFORTE, 2010). Esses preços incluem as taxas de importação.

O custo para o desenvolvimento do método 3, estimação visual com o auxílio de uma régua graduada, inclui a aquisição da régua retrátil de 15 metros no custo de US\$ 655,00 (FORESTRY SUPPLIERS, 2010), não incluindo as taxas de importação, sendo o valor equivalente a R\$ 1.113,50 (cotação de 27/01/2011). No Brasil, não há empresas que realizem a venda desse produto, porém, o valor para a aquisição da régua não ultrapassa o do Hipsômetro Vertex e não é inferior ao valor do Clinômetro digital.

Para o método 4, de estimaco visual com treinamento, há um custo inicial para o seu desenvolvimento devido a necessidade de escalada de árvores, porém com o tempo, o operador passa a ser treinado, o que diminui o custo da operao, dessa forma a nota atribuída a este método foi 2, para as duas situaoes de terreno. O método 5 não requer custo com a aquisio e manuteno de equipamentos, pois seu desenvolvimento é feito a olho desarmado, requerendo apenas demanda de mão de obra, sem necessidade de qualificao. Assim a nota atribuída foi 1, para terrenos planos e inclinados. As notas atribuídas aos métodos 3, 2 e 1 foram 4, 3 e 5, respectivamente (Tabela 1).

Custo para manuteno do método

O método 5 não requer custo para a manuteno, por isso recebeu nota 1. Para o desenvolvimento do método 4, referente à estimaco visual com treinamento, há a necessidade de efetuar novos treinamentos com o tempo, demandando custo para a escalada, portanto, foi atribuída a nota 2.

Para o método 3, associado ao uso de régua, foi atribuída a nota 3, pois conforme citado por SILVA (2003), o uso constante do equipamento requer manutenoes perdicas, uma vez que se constatou o desgaste dos pinos utilizados para travar a régua entre um e outro estágio. Exceto a substituio perdica dos pinos travadores, acredita-se que o material apresente boa durabilidade. Assim, a manuteno pode ser feita facilmente. Para terrenos inclinados, as notas dadas foram iguais, pois as possíveis manutenoes são as mesmas.

Equipamentos como o Clinômetro digital e o Hipsômetro Vertex são eletrônicos e importados e, apesar de possuírem assistência técnica autorizada no Brasil, as suas manutenoes requerem custo alto, não sendo possível mensurar ao certo, os custos envolvidos com a manuteno. Para os métodos 1 e 2, relacionados a esses equipamentos, a nota atribuída foi a mais alta (4).

Com relao aos terrenos inclinados, o custo adicional está relacionado com a medio do ângulo para os métodos 1 e 2, porém o custo para a aquisio e manuteno do nível de Abney não foram considerados, por ser um equipamento simples e de fácil construo. Considerando o exposto, as notas atribuídas para terrenos inclinados foram as mesmas atribuídas para os terrenos planos (Tabela 1).

Robustez

O critério de robustez não exerce interferência na execuo dos métodos 4 e 5, pois não necessitam de equipamentos para sua execuo. Assim, a nota atribuída foi 1, para os terrenos planos e inclinados.

A régua telescópica retrátil, feita de resistente e durável fibra de vidro (FORESTRY SUPPLIERS, 2010)  robusta, sendo detectado como problema apenas o desgaste dos pinos, como citado anteriormente. A escala da régua não apresentou desgaste após o longo período de utilizao e exposio a variaoes de temperatura e condioes de umidade alta e precipitao elevada. A nota atribuída ao método que utiliza a régua telescópica foi 2, para as duas situaoes de terreno.

O Clinômetro digital e o Hipsômetro Vertex são considerados menos robustos que a régua, pois provavelmente, quando expostos  condioes adversas de umidade e temperatura, apresentam menor durabilidade. De acordo com

BARRON (2001), apesar de o estudo ter sido realizado em condições de seca, a chuva pode afetar a capacidade do Vertex III na medição da distância horizontal para o *transponder*. O grau em que diferentes intensidades de chuva afeta o Vertex III deve ser investigado. A chuva provavelmente afeta também a estimativa com Clinômetro, pois é um equipamento eletrônico.

O Vertex determina a distância do observador à árvore por meio de pulsos ultrassônicos, que são sensíveis às variações de temperatura ambiente, implicando na necessidade de sua calibração diária, sendo que requer boas condições climáticas para a sua utilização. Assim, condições adversas de tempo podem prejudicar as estimativas de altura (CAMPOS & LEITE, 2009). O Clinômetro digital, não apresenta indícios de que a exposição a altas temperaturas exerça influência na obtenção da variável altura, apresentando vantagens quanto ao critério de robustez quando comparado ao Vertex.

O Vertex III apresenta invólucro selado de alumínio com sua parte eletrônica protegida (ELOFORTE, 2010), porém o visor pode ser atingido durante uma queda, resultando em sua danificação. Apesar dessa observação, o equipamento pode apresentar resistência maior à queda que o Clinômetro, pois verificou-se o descolamento do visor do Clinômetro na ocasião de um pequeno impacto, talvez por sua estrutura consistir em um material mais frágil (plástico).

Diante do exposto, para o fator robustez, foi considerado que o Clinômetro digital e o Hipsômetro Vertex, cada um com a sua particularidade, possuem o mesmo nível de robustez. Assim, as notas para esses dois métodos foram iguais a 3. As notas atribuídas encontram-se na Tabela 1.

Facilidade de observação

O Hipsômetro Vertex III possui um mostrador alfanumérico grande e de fácil visualização (ELOFORTE, 2010), localizado na parte externa do aparelho, sendo de fácil visibilidade. Não há necessidade de cálculos para a obtenção da estimativa, a leitura é automática. Além disso, um display gráfico e mira luminosa permitem que o dispositivo possa ser usado em condições de escuro da floresta (BARRON, 2001).

O Clinômetro Eletrônico Haglöf apresenta os seus resultados de estimação diretamente em um mostrador, processado pelo instrumento, eliminando qualquer risco de erros de cálculo (ELOFORTE, 2010). O visor é pequeno e localiza-se no interior do equipamento, comparado ao Vertex, possibilita uma maior dificuldade de observação.

Além disso, para realizar a estimação da altura com o Clinômetro digital, há necessidade de se medir a distância do mensurador a árvore, que ao contrário do Hipsômetro Vertex, deve ser feita manualmente por meio do uso de uma trena, podendo ocasionar erros na estimação da altura, caso a medição com trena tenha sido realizada de forma errada. Pode haver, portanto, uma propagação de erro, sugerindo que o método que utiliza o Clinômetro digital é inferior ao método que utiliza o Hipsômetro Vertex, quando o critério avaliado é a facilidade de observação.

A régua retrátil telescópica permite medições diretamente, sem a necessidade de cálculos (FORESTRY SUPPLIERS, 2010). Porém, a leitura é interpretativa, o que dá ao método uma menor facilidade de observação quando comparado ao Hipsômetro Vertex III e ao Clinômetro Eletrônico Haglöf. Para os métodos 4 e 5 (métodos de avaliação visual), a nota atribuída foi 1, por não requerer

a utilização de equipamentos, não havendo a possibilidade de realizar leituras e, conseqüentemente, serem métodos de fácil observação.

Os métodos 1 e 2, que utilizam o Hipsômetro Vertex e o Clinômetro digital para a estimativa de altura, receberam notas 2 e 3, respectivamente. O método 3, que utiliza a régua, recebeu nota 4, por ser o que apresenta menor facilidade de observação. Para terrenos inclinados, as notas se repetem (Tabela 1).

Compacidade

Não é possível realizar a análise do critério compacidade para os métodos 4 e 5, pois como já mencionado, a sua execução não necessita de equipamentos, assim, a nota atribuída foi 1 para ambos, tanto para terrenos planos como inclinados.

O clinômetro eletrônico Haglof é pequeno, apresentando dimensões: 20 x 63 x 44 mm e massa inferior a 50 g com a bateria, o que torna a estimação mais fácil (ELOFORTE, 2010). O método associado ao uso desse equipamento recebeu nota 2, pois dentre os demais equipamentos utilizados, esse foi considerado o mais compacto.

O Hipsômetro Vertex III apresenta dimensões: 80 x 50 x 30 mm e 160 g, incluindo bateria (ELOFORTE, 2010). Além disso, acompanha o suporte e o *transponder*. Visivelmente é possível notar que esse equipamento é menos compacto que o Clinômetro digital, assim o método associado ao uso do Hipsômetro Vertex recebeu nota 3.

Ao avaliar o método 3, o qual necessita de uma régua retrátil para a sua execução, a nota atribuída para a compacidade foi 4. Quando retraída, a régua mede 1,76 m de altura (FORESTRY SUPPLIERS, 2010), onde ficam armazenados seus estágios de forma que ao permanecer totalmente aberta, ela tenha 15 m de altura. A régua é considerada relativamente pesada, o que torna difícil seu manuseio durante a execução da estimativa, além da dificuldade em carregá-la no interior de uma mata nativa. Assim, a régua é menos compacta que o Clinômetro digital e o Hipsômetro Vertex.

As notas atribuídas tanto para o terreno plano como para terreno inclinado foram as mesmas, pois os equipamentos permanecem os mesmos nas duas situações.

Considerações sobre todos os fatores que afetam a escolha do método

A Tabela 1 contém o resumo das notas atribuídas para cada método, tendo em vista os fatores avaliados que influenciam na escolha de um método para estimar altura.

TABELA 1. Escala de notas atribuídas aos cinco métodos de estimação de altura, para os fatores número de operadores, custo inicial e de manutenção, robustez, facilidade de observação e compacidade, em terreno plano (TP) e terreno inclinado (TI) em floresta natural

Métodos	Número de operadores		Custo inicial		Custo manutenção		Robustez		Facilidade de observação		Compacidade	
	TP	TI	TP	TI	TP	TI	TP	TI	TP	TI	TP	TI
1 - Estimação com Hipsômetro Vertex	1	2	5	5	4	4	3	3	2	2	3	3
2 - Estimação com Clinômetro Digital	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2
3 - Estimação visual com auxílio de régua	2	2	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4
4 - Estimação visual com treinamento	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
5 - Estimação visual sem treinamento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Para auxiliar a escolha de métodos na estimação de altura, a ANU - THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY (2012) recomenda levar em consideração fatores como preço, robustez, facilidade de observação e compacidade, além da velocidade de utilização e precisão, conforme citado.

A interpretação da Tabela 1 deve ser realizada com cuidado, pois considerar todos os fatores conjuntamente, com o mesmo peso, pode induzir à escolha precipitada de um método para estimar a altura de árvores. O método que reúna boas condições para a maioria dos fatores não, necessariamente pode ser dito como o melhor, já que de nada adianta se o objetivo principal, que é obter uma estimativa acurada, não for alcançado.

O método 5, referente a estimação visual sem treinamento, por exemplo, recebeu nota 1 em todos os fatores avaliados neste trabalho, tanto para terreno plano quanto para terreno inclinado, porém este, provavelmente, resulta na pior acurácia na mensuração da altura total, visto que não possui um embasamento científico. Os demais métodos seguem metodologia científica e, portanto, possibilitam a obtenção de estimativas de maior acurácia.

O método 4, referente a estimação visual com treinamento, recebeu nota 1 para a maioria dos fatores, mas, sua execução está associada a necessidade de realizar escalada de árvores o que, por sua vez, resulta em melhores estimativas de altura, resultando porém, em aumento do custo de execução.

Resultados acurados na estimação de altura, geralmente estão associados a métodos não econômicos, devido ao tempo gasto e ao custo de investimento na aplicação destes, assim, os fatores custo inicial e de manutenção resultaram em piores notas para os métodos 1 e 2, associados ao uso de equipamentos eletrônicos, e o método 3, referente a estimação com auxílio da régua de 15 m, que provavelmente resultam em estimativas de melhor acurácia.

Além de limitações quanto ao custo, métodos associados ao uso de equipamentos eletrônicos, são classificados como menos robustos devido a fragilidade de suas estruturas, já a estimação com auxílio da régua é associada a uma maior dificuldade de observação além de utilizar um equipamento que não é compacto.

Assim, para indicar um método dendrométrico, a fim de estimar altura de árvores, deve-se avaliar a particularidade de cada um associado aos fatores que influenciam a estimação, pois a altura, muitas vezes obtida de modo indireto, por meio de instrumentos apropriados, fornece resultados acurados, porém não econômicos, devido ao tempo gasto e ao custo de aquisição destes.

Diante de toda a discussão realizada em função dos critérios, ainda é difícil escolher um método que seja o melhor em todos os quesitos. De acordo com FINGER (1992), embora se tenha um grande número de aparelhos hipsométricos no mercado, muitos são semelhantes quanto ao princípio de funcionamento, porém diferem quanto à forma. Nenhum aparelho reúne as características ideais, tais como: facilidade de manuseio, elevada acurácia, baixo custo e longa durabilidade.

De qualquer forma, é fundamental que todo operador que for realizar qualquer tipo de medição, tenha um treinamento prévio com o aparelho antes de utilizá-lo, para minimizar erros sistemáticos, originados de medidas tomadas erroneamente, instrumentos desajustados e má utilização do instrumento.

CONCLUSÕES

Dentre os cinco métodos avaliados, apesar do método de estimação visual sem treinamento receber as melhores notas para os fatores considerados, não é considerado o melhor, por não ter embasamento científico. Os métodos de estimação com Hipsômetro Vertex, Clinômetro digital, estimação visual com auxílio de régua e estimação visual com treinamento, seguem metodologia científica e, portanto, possibilitam a obtenção de estimativas de maior acurácia.

O método 4, referente a estimação visual com treinamento, recebeu nota 1 para a maioria dos fatores, mas, sua execução está associada a necessidade de realizar escalada de árvores o que, por sua vez, resulta em melhores estimativas de altura, resultando porém, em aumento do custo de execução.

Os fatores custo inicial e de manutenção resultaram em piores notas para os métodos 1 e 2, associados ao uso de equipamentos eletrônicos, e o método 3, referente a estimação com auxílio da régua de 15 m, que provavelmente resultam em estimativas de melhor acurácia.

Cada método apresenta fatores favoráveis e desfavoráveis para a sua escolha, sendo dependente das circunstâncias e da finalidade na utilização de cada método.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANU - The Australian National University. **Tools for measuring tree height.** Disponível em: <<http://fennerschool-associated.anu.edu.au/mensuration/toolshgt.htm>>. Acesso em: 29 set. 2012.

BARRON, R. J. Precision of three tree height measuring devices in forest conditions. **Forest Research Branch**, n. 01, July, 2001.

CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 3. ed. Viçosa: UFV., 2009. 548 p.

ELOFORTE. Disponível em: <http://www.eloforte.com/v2/inventario-florestal/medidores-de-altura?page=shop.browse&category_id=21>. Acesso: 29 set. 2010.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.

FORESTRY RESEARCH WORKING GROUP 2. **Code of Forest Mensuration Practice: a guide to good tree measurement practice in Australia and New Zealand.** Wood, Turner and Brack (eds). 1999. Disponível em: <<http://fennerschool-associated.anu.edu.au/mensuration/rwg2/code/>>. Acesso em: 29 set. 2012.

FORESTRY SUPPLIERS. Disponível em: <<http://www.forestry-suppliers.com/index1.asp>>. Acesso em: 29 set. 2010.

FREITAS, A. G. DE; WICHERT, M.C.P. Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400. **IPEF**, n. 188, 1998.

GONÇALVES, D.A.; ELDIK, T. V.; POKORNY, B. Uso de dendrômetro a *laser* em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia. **Floresta**, v. 39, n. 1, p.175-187, 2009.

HAGLÖF SWEDEN. **Instrumentos Profissionais para Inventário Florestal - Tradição e Inovação.** Disponível em: <http://www.haglofsweden.com/products/VertexIII/haglofsweden_por.pdf>. Acesso em: 28 set. 2012.

SANSEVERO, J.B.B.; PIRES, J.P.A.; PEZZOPANE, J.E.M. Caracterização ambiental e enriquecimento da vegetação de áreas em diferentes estágios sucessionais (pasto, borda, clareira e floresta). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal.** Publicação Científica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça/FAEF. Ano IV, n. 07, 2006.

SILVA, A. G. **Inventário de Arborização Urbana Viária: Métodos de amostragem, tamanho e forma das parcelas.** 2003. 124 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SOARES, C. P. B.; NETO, F.P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: UFV, 2006. 276 p.