

**NÚMERO DE ALTURAS MEDIDAS E SEUS EFEITOS SOBRE OS CUSTOS OPERACIONAIS DO INVENTÁRIO FLORESTAL**

**NUMBER OF HEIGHT MEASUREMENTS AND ITS EFFECT ON OPERATIONAL COSTS OF FOREST INVENTORY**

Sâmara Magdalene Vieira Nunes<sup>1</sup> Paulo Henrique Batista Ferreira Adriana Leandra de Assis  
Christian Dias Cabacinha Carlos Alberto Araújo Junior

**RESUMO**

O inventário florestal é parte fundamental do processo de obtenção do estoque e do potencial produtivo de uma floresta. A variável altura é, dentro da operação de inventário, uma das etapas mais demoradas e, conseqüentemente, mais onerosas. O planejamento da amostragem de alturas para ajuste de relação hipsométrica deve considerar além da precisão adequada, a redução dos custos de inventário. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi testar a viabilidade técnica da diminuição em 50% de árvores medidas em parcelas de inventário em um projeto de eucalipto no Norte de Minas Gerais, e simular o impacto dessa redução nos custos operacionais. Utilizou-se o modelo de Curtis para os ajustes por parcela conforme o padrão adotado pela empresa (medição de 10 árvores mais as dominantes) e para os ajustes com a redução de 50% das árvores medidas, mais as dominantes. Observou-se pelas estatísticas do Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2$ ) e Erro Padrão de Estimativa (Syx), que os resultados gerados após a redução foram aceitáveis. A partir da aceitação dos ajustes, foram realizadas simulações de redução de custo mensal, considerando aumento hipotético de uma, duas e três parcelas no rendimento operacional diário por equipe. Observou-se que a redução do número de alturas medidas pode levar a uma redução de mais de 20% no custo operacional da atividade.

**Palavras-chave:** relação hipsométrica; amostragem.

**ABSTRACT**

Forestry inventory is a fundamental part of the process for obtaining stock and productive potential from a planted forest. Height measurement is one of the most time-consuming and, therefore, expensive steps of this process. The planning of height sampling for hypsometric relations adjustments must take into account besides the adequate precision of estimates, the reduction of inventory costs. Therefore, this study aimed at test technical variability reduction of 50% in the number or measured trees in the inventory data from a company in the North of Minas Gerais State, and simulating the resulting operational costs reduction. Curtis Model was used for adjustments per plot according to the standard adopted by the company (measurement of 10 trees plus the trees with the dominant height) and for the adjustment with the reduction of 50% of the measured trees, plus the trees with the dominant height. Observed through statistics the of Adjusted Determination Coefficient ( $R^2$ ) and the Standard Error (Syx) showed that the reductions were acceptable for all tested plots. The simulations of costs reduction were carried out for na expectative of addition of one, two and three plots per day and per team. The results showed that reducing the number of height measurements can lead to a cost reduction of over 20% a month.

**Keywords:** hypsometric relationship; sampling.

**INTRODUÇÃO**

A obtenção da variável altura é de suma importância em levantamentos florestais, pois ela é necessária no cálculo de volume de madeira de povoamentos, e também para a classificação da capacidade produtiva sobre a produtividade da floresta (MOREIRA et al., 2015). Entretanto, a medição direta no campo de todas as árvores com a utilização de equipamentos caracteriza-se como um processo oneroso e inviável (JESUS et al., 2015).

Deve-se ressaltar que para as empresas florestais todo ganho seja na produtividade da floresta, na redução de custo da cadeia produtiva, ou até na melhoria das estimativas de produção da matéria prima, são contribuintes para o sucesso dos empreendimentos (GUEDES et al., 2015).

Como alternativa, atualmente há utilização de relações hipsométricas para se realizar a estimativa da altura das árvores que não se pôde medir diretamente. Com sua utilização há uma redução no tempo de medição

<sup>1</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Universitária, 1000, CEP 39404-547, Montes Claros (MG), Brasil. E-mail: samaramvnunes@hotmail.com

dos indivíduos nas parcelas, nos custos, nas dificuldades da operação e o inventário torna-se mais econômico e preciso (ATANAZIO et al., 2017).

É importante ressaltar que a redução da amostragem não implica necessariamente na redução do custo. No caso da medição de alturas, por exemplo, considerando que o custo diário de manutenção de uma equipe de campo é estável, e que o custo de cada parcela corresponde à divisão do custo diário da equipe pelo número de parcelas medidas (rendimento operacional médio), a redução de custos só será efetiva se houver uma economia de tempo suficiente para aumentar o rendimento médio no final do dia.

Como considerado por Silva et al. (2007), esses modelos matemáticos podem ser influenciados por fatores como a idade das árvores, a qualidade do local, a densidade, as práticas silviculturais e a posição sociológica. Tendo em vista esses vários fatores que podem afetar o ajuste, deve-se dar uma atenção especial para a composição e o tamanho da amostra para que não se tenha estimativas muito distorcidas.

Na literatura encontram-se autores que possuem formas diferentes de compor a amostra para ajustes de modelos hipsométricos. Como por exemplo, Oliveira et al. (2014) que utilizaram a altura das seis primeiras árvores de cada parcela em um plantio de *Eucalyptus* sp. ; Retslaff et al. (2015) mediram as 10 primeiras árvores e as dominantes por parcela para ajustar modelos hipsométricos para *Eucalyptus grandis* em diferentes idades e Nicoletti et al. (2016) com o objetivo de ajustar modelos para diferentes fases do ciclo de corte em plantios de *Pinus Taeda* utilizaram a altura das vinte primeiras árvores além das dominantes.

Em seu trabalho, Silva et al. (2007) observa que a partir de uma quantidade de árvores utilizadas para se fazer a estimativa não há grandes acréscimos de precisão. Desta forma, deve-se atentar em não fazer medições desnecessárias no campo, pois isso aumenta os custos do inventário e os gastos do produtor.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos testar se a redução do número de alturas de dados do inventário de uma empresa para o ajuste do modelo hipsométrico é tecnicamente viável, ou seja, se não altera a sua precisão e se isso ocasiona redução no custo mensal de realização do inventário.

### MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizadas medições de quinze parcelas de inventário localizadas em um plantio com *Eucalyptus* spp. O povoamento em questão encontra-se no município de Padre Carvalho e possui uma área de 348,19 hectares.

O município de Padre Carvalho está localizado no Norte de Minas Gerais, região que segundo Koppen-Geiger possui classificação climática Aw (Clima tropical úmido de savana) em que a época mais seca do ano é o inverno, sendo que nessa época a precipitação máxima possui valores menores do que 60 mm e as maiores precipitações se concentram nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Adotou-se o modelo hipsométrico de Curtis para se fazer a estimativa da altura das árvores, por ser este o modelo já utilizado operacionalmente no local, com ajuste por parcela. As estatísticas utilizadas para avaliar a qualidade dos ajustes foram o Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2$ ) e o Erro Padrão de Estimativa (Syx). Os ajustes foram feitos para a quantidade total de árvores já amostradas em campo (10 árvores mais as árvores dominantes) e para 50% dos dados (5 árvores mais as dominantes).

Adiante, foram feitas simulações para verificar a efetiva redução de custo no inventário, considerando que a diminuição do número de árvores medidas traria como consequência um aumento de uma, duas, ou três parcelas no rendimento médio diário de uma equipe. Considerando que o rendimento médio atual é de 11 parcelas por dia, e que o custo diário de uma equipe de três pessoas é de R\$1.050,00, trabalhou-se então com as hipóteses de que o rendimento médio diário poderia passar para 12, 13 e 14 parcelas. Para efeito de simulação mensal, considerou-se uma demanda média de 2500 parcelas por mês, com 20 dias úteis de trabalho por mês.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ajuste utilizando o número total de árvores já amostradas, o Coeficiente de Determinação máximo obtido dentre as parcelas foi de 85,53% e o mínimo foi de 22,19%. O erro padrão de estimativa (Syx) variou entre 0,3491 m até 0,9248 m (Tabela 1).

TABELA 1: Estatísticas para os ajustes realizados com 100% dos dados.  
 TABLE 1: Statistics for de adjustments with 100% of data.

Parcelas	Coefficiente de determinação ajustado ( $R^2$ %)	Erro padrão da estimativa (Syx em metros)
1977	34,43	0,5867
1978	78,29	0,8848
1982	54,69	0,7395
1983	62,76	0,7922
1984	37,56	0,6129
1985	77,67	0,8813
1986	12,19	0,3491
1987	62,39	0,7899
1988	35,27	0,5939
1989	80,41	0,8967
1990	35,48	0,5957
1991	60,64	0,7787
1992	37,06	0,6088
1993	81,79	0,9044
1994	85,53	0,9248

Para os ajustes realizados após a redução, de 50% do número de árvores o Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2$ ) máximo obtido foi de 97,56%, e o menor valor obtido foi de 23,41% e apesar de baixo ainda mostra a existência de uma relação entre as variáveis. Para o erro padrão da estimativa (Syx) os valores variaram entre 0,4838 m até 0,9875 m (Tabela 2).

TABELA 2: Estatísticas para os ajustes realizados com 50% dos dados.  
 TABLE 2: Statistics for the adjustments with 50% of data.

Parcelas	Coefficiente de determinação ajustado ( $R^2$ %)	Erro padrão da estimativa (Syx em metros)
1977	86,33	0,9291
1978	86,03	0,9275
1982	51,69	0,7190
1983	97,51	0,9874
1984	23,41	0,4838
1985	46,47	0,6817
1986	32,85	0,5732
1987	61,27	0,7828
1988	45,34	0,6734
1989	78,73	0,8873
1990	56,89	0,7543
1991	61,63	0,7851
1992	34,03	0,5833
1993	92,17	0,9601
1994	90,45	0,9511

Constatou-se então que, mesmo para aqueles casos de baixa correlação entre as variáveis altura e diâmetro, o que é comum em plantios clonais, os erros obtidos foram baixos, dentro dos padrões aceitáveis para relações hipsométricas.

Considerando que os parâmetros para a redução demonstraram a possibilidade de aplicação da redução amostral, foram realizadas as simulações para concluir sobre a influência do rendimento operacional diário nos custos mensais.

Para que em 20 dias úteis as 2500 parcelas sejam medidas, diariamente devem ser medidas 125 parcelas. Com esses dados é possível calcular o número de equipes necessárias para que as metas diárias sejam atingidas. Observa-se que com o aumento do rendimento operacional diário, o número de equipes necessárias para se obter a meta diária diminui (Tabela 3), assim como o custo operacional por parcela.

TABELA 3: Resultados da simulação dos custos e rendimentos.  
 TABLE 3: Results of simulation of costs and number of plots per day.

Rendimento operacional diário	Custo por parcela	Número de equipes necessárias	Custo mensal (2500 parcelas)	Redução esperada (%)
11*	R\$ 95,45	11,36	R\$ 238.625,00	
12	R\$ 87,50	10,41	R\$ 218.750,00	8,33
13	R\$ 80,76	9,61	R\$ 201.900,00	15,39
14	R\$ 75,00	8,92	R\$ 187.500,00	21,42

\* Valores obtidos atualmente

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram as vantagens de se buscar o ganho de rendimento, a partir da redução no número de alturas medidas. Se for possível aumentar o rendimento diário em uma parcela, ou seja, passar o rendimento médio diário de 11 para 12 parcelas, os ganhos estimados envolvem uma redução direta de 8,33% nos custos, além da possibilidade de se atender a demanda média esperada com uma equipe a menos, o que também é vantagem do ponto de vista de redução dos riscos operacionais. Caso seja possível obter rendimentos ainda melhores, da ordem de 13 ou 14 parcelas diárias, a redução de custos passa a ser de 15,4% e 21,4%, respectivamente, e o número de equipes necessárias para o atendimento da demanda mensal cai para cerca de 9 equipes. Para a demanda mensal de 2500 parcelas, a economia pode variar de R\$ 19.875,00 com um rendimento de 12 parcelas por dia, até R\$ 51.125,00 com um rendimento de 14 parcelas por dia.

## CONCLUSÃO

Os dados avaliados mostraram a viabilidade de se reduzir pela metade o número atual de alturas medidas, e a possibilidade de redução direta de mais de 20% nos custos operacionais do Inventário Florestal, desde que os ganhos em rendimentos médios diários sejam viabilizados em escala operacional.

## REFERÊNCIAS

- ATANAZIO, K.A. et al. Comparação de modelos para relação hipsométrica em floresta de *Pinus taeda* L. no município de Enéas Marques, Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.16, n.4, out./dez.,p. 535-541, 2017.
- GUEDES, I.C.L. et al. Continuidade espacial de características dendrométricas em povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp avaliada ao longo do tempo. **Cerne**, Lavras, v.21, n.3; p.405-411, 2015.
- JESUS, C.M. et al. Modelagem hipsométrica em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro científico Conhecer, Goiânia, v.11, n.21; p.1298, 2015.
- MOREIRA, M.F.B. et al. Estimativa da relação hipsométrica com modelos não lineares ajustados por métodos Bayesianos Empíricos. **Cerne**, Lavras, v.21, n.3; p.405-411, 2015.
- NICOLETTI, M.F. et al. Relação Hipsométrica para *Pinus taeda* L. em Diferentes Fases do Ciclo de Corte. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v.23; n.1, p.80-89, 2016;
- OLIVEIRA, L.T. et al. Determinação do volume de madeira em povoamento de eucalipto por escâner a laser aerotransportado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.49, n.9, p.692-699, set.,2014.
- RETSLAFF, F.A. S. et al. Curvas de sítio e relações hipsométricas para *Eucalyptus grandis* na região dos campos gerais, Paraná. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 219-225, 2015.
- SILVA, G.F. et al. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, vol.31, n.4, p.685-694, 2007.