

Silva Santos, Jeangelis; Ribeiro de Mendonça, Adriano; Fernandes da Silva, Gilson;  
Vieira Fraga Filho, Clayton

Método de amostragem de Bitterlich: uma alternativa de inventário florestal para  
pequenas propriedades rurais fomentadas

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 11, núm. 1, 2016, pp. 46-52

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119045655008>

## Método de amostragem de Bitterlich: uma alternativa de inventário florestal para pequenas propriedades rurais fomentadas

Jeangelis Silva Santos<sup>1</sup>, Adriano Ribeiro de Mendonça<sup>1</sup>, Gilson Fernandes da Silva<sup>1</sup>, Clayton Vieira Fraga Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Av. Governador Lindemberg, 316, Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro-ES, Brasil. E-mail: [jeangelis@gmail.com](mailto:jeangelis@gmail.com); [adriano.mendonca@ufes.br](mailto:adriano.mendonca@ufes.br); [gilson.silva@pq.cnpq.br](mailto:gilson.silva@pq.cnpq.br); [claytonfraga@gmail.com](mailto:claytonfraga@gmail.com)

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a aplicabilidade do método de amostragem de Bitterlich em uma propriedade rural fomentada, povoada com *Eucalyptus grandis*, no sul do estado do Espírito Santo. Para tanto, foram lançadas dez unidades amostrais para os métodos de Bitterlich, com diferentes fatores de área basal, e de área fixa, onde foram obtidas as medidas de diâmetro a 1,30 m. A altura total e o volume foram estimados por meio de relações hipsométricas e equações volumétricas, respectivamente. A partir destes dados, foram estimados o volume e a área basal por hectare, para posterior comparação pelo teste t de Student. Não houve diferença estatisticamente significativa para a estimativa da área basal e volume por hectare entre os métodos de área fixa e de Bitterlich, independente do fator de área basal utilizado. Para atender a um mesmo limite de erro, o método de Bitterlich necessita de um maior número de unidades amostrais. Este número de unidades amostrais aumenta com o aumento do fator de área basal utilizado. Ao final, pode-se concluir que a metodologia proposta por Bitterlich e a de área fixa apresentaram a mesma precisão na estimativa do volume médio e área basal do povoamento de *Eucalyptus grandis* analisado.

**Palavras-chave:** fator de área basal, mensuração florestal, prova de numeração angular

### *Bitterlich sampling: a forest inventory alternative for small fomented farms*

### ABSTRACT

This study aimed to analyze the applicability of the Bitterlich sampling in a fomented farm, populated with *Eucalyptus grandis*, in the southern state of Espírito Santo. To that end, were launched ten plots for the methods of Bitterlich, with different basal area factors, and fixed area, which were measured the diameter at breast height. The total height and volume was estimated by means of height-diameter relations and volumetric equations. From these data were estimated the volume and basal area per hectare, for further comparison by Student's t-test. There was no statistically significant difference for the estimation of basal area and volume per hectare between the methods of fixed area and Bitterlich, independent of basal area factor used. To meet the same limit of error, the Bitterlich sampling requires a greater number of plots. This number of plots is greater with the increase in basal area factor used. Finally, it can be concluded that the methodology proposed by Bitterlich and fixed area presented the same accuracy in the estimation of average volume and basal area in the analyzed *Eucalyptus grandis* population.

**Key words:** basal area factor, forest mensuration, angle count sampling

## Introdução

A agricultura é a principal atividade econômica do sul do estado do Espírito Santo, região de topografia declivosa composta majoritariamente por pequenas propriedades rurais. Em função dessa declividade, muitas propriedades, cujas principais atividades são a pecuária e a cafeicultura, possuem áreas ociosas ou subutilizadas. Desta forma, uma alternativa interessante para esses produtores é o fomento florestal, que viabiliza o melhor aproveitamento da propriedade, inclusive áreas improdutivas e degradadas, além de garantir um ganho adicional de renda.

Assim como na pecuária e cafeicultura, é fundamental que o produtor tenha controle de sua produção florestal, bem como o conhecimento da taxa de crescimento da floresta. De acordo com Drusczcz et al. (2012), a avaliação do potencial produtivo dos povoamentos florestais tem uma ligação direta com o planejamento econômico da atividade.

Segundo Husch et al. (2003), no setor florestal, o conhecimento sobre os recursos existentes é obtido com a medição ou estimativa de atributos quantitativos e qualitativos das árvores e das florestas, por meio de instrumentos e métodos apropriados. Dentre estas técnicas de estimativa da produção florestal, destaca-se o inventário florestal, o qual pode ser realizado sob diferentes níveis de detalhamento e em diferentes pontos no tempo (Soares et al., 2011).

Com a evolução das ciências florestais, foram propostos diversos métodos de aplicação dos inventários florestais, sendo a amostragem com parcelas de área fixa a mais utilizada, tanto para florestas inequâneas como para florestas equiâneas. Segundo Farias et al. (2002), embora apresente boa precisão nas estimativas, este método geralmente possui custo elevado e exige maior tempo para os levantamentos, devido à marcação e medição de um grande número de árvores. Desta forma, é importante analisar outros métodos de amostragem, visando reduzir o tempo e o custo de execução do inventário, sem perda de precisão. De acordo com Miranda et al. (2015), um destes métodos alternativos de amostragem é o método de Bitterlich.

Esse método foi proposto em 1948 pelo engenheiro austríaco Walter Bitterlich e tem por objetivo a determinação da área basal de povoamentos florestais, já expressa em  $m^2 ha^{-1}$ , sem que sejam medidos os diâmetros das árvores e nem lançadas unidades amostrais de área fixa. Segundo Gomes et al. (2011), esse método baseia-se no seguinte postulado: o número de árvores de um povoamento, cujos DAP vistos de um ponto fixo aparecem superior a um dado valor angular constante, é proporcional à sua área basal em metros quadrados por hectare. Com esse método, o número de árvores medidas no inventário é significativamente menor do que nos métodos tradicionais, podendo significar menores custos para o pequeno produtor florestal.

A literatura apresenta diversos estudos que comprovam a precisão do método de Bitterlich em comparação com métodos tradicionais de amostragem em plantios comerciais (Drusczcz et al., 2010; Gomes et al., 2011; Miranda et al., 2015) e em florestas nativas (Teo et al., 2014; Retslaff et al., 2014). Entretanto, ainda faltam estudos comprovando a eficácia desse método em pequenas propriedades participantes de programas

de fomento florestal, sobretudo em áreas declivosas, como é o caso do sul do Espírito Santo. Assim, se a eficácia do método for comprovada nesta situação, será possível indicar uma alternativa para a realização de inventários florestais, que oferece um diagnóstico rápido da área, com menor custo de execução para o pequeno produtor.

Este estudo teve como objetivo comparar o método de amostragem de Bitterlich com a amostragem com unidades amostrais de área fixa na estimativa da área basal e volume de um povoamento fomentado de *Eucalyptus grandis*.

## Material e Métodos

Para a realização deste estudo foi utilizada uma área de fomento florestal de 6,0 hectares com relevo declivoso, reflorestados com *Eucalyptus grandis*, via propagação seminal, com espaçamento de 3x2 m e idade de 5 anos. A área objeto de estudo localiza-se no distrito de Alto Calçado, pertencente ao Município de São José do Calçado, no sul do estado do Espírito Santo. O clima do local é do tipo Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, com chuvas no verão e inverno seco.

O povoamento foi inventariado pelo método de amostragem de área fixa com unidades amostrais com dimensões de 20 x 30 m (600 m<sup>2</sup>) e pelo método de amostragem por pontos de Bitterlich com fatores de área basal (FAB) igual a 1, 2 e 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Foram alocadas dez unidades amostrais para ambos os métodos, sendo que na amostragem de Bitterlich, o ponto foi considerado no centro da unidade amostral de área fixa. O delineamento de amostragem utilizado foi a Amostragem Casual Simples.

### Coleta e processamento de dados

Como a medição da altura consiste em um processo moroso, geralmente são utilizados modelos hipsométricos ajustados a partir da medição da altura de uma parte da amostra. Por meio da melhor equação ajustada, as alturas das demais árvores das unidades amostrais podem ser estimadas em função do DAP. Neste estudo, foram medidas 100 árvores (dez árvores por unidade amostral) para o ajuste dos modelos hipsométricos selecionados (Tabela 1).

Para a obtenção do volume, foi realizada cubagem rigorosa em 30 árvores nas alturas de 0,10; 0,30; 0,70; 1,00; 1,30 m e, a partir deste ponto, de 1 em 1 m até o fim da árvore. Na Tabela 2 encontra-se a distribuição diamétrica das árvores-amostra de *Eucalyptus grandis* que foram cubadas para ajuste dos modelos volumétricos.

Para cálculo do volume, foi adotado o método de cubagem de Smalian descrito em Soares et al. (2011). Após a obtenção do volume das árvores-amostra, foram ajustados modelos para estimativa de volume das árvores de *Eucalyptus grandis* (Tabela 3).

**Tabela 1.** Modelos hipsométricos selecionados

Autor	Modelo ajustado
HenrikSEN	$H_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP_i) + \epsilon_i$
Trorey	$H_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \beta_2 DAP_i^2 + \epsilon_i$
Curtis	$\ln(H_i) = \beta_0 + \beta_1 DAP_i^{-1} + \beta_2 DAP_i^{-2} + \epsilon_i$

Em que:  $H_i$  - altura total da  $i$ -ésima árvore (m);  $DAP_i$  - diâmetro da  $i$ -ésima árvore à 1,30 m do solo (cm);  $\ln$  - logaritmo neperiano;  $\beta_n$  - parâmetros dos modelos;  $\epsilon_i$  - erro experimental.

**Tabela 2.** Distribuição diamétrica das árvores-amostra de *Eucalyptus grandis*

Centro de classes de DAP (cm)	Centro de classes de altura total (m)						Total
	9,0	14,0	19,0	24,0	29,0	34,0	
6,25	3						3
8,75		2	1				3
11,25		1	3				4
13,75				3			3
16,25				2	1		3
18,75				2	1		3
21,25					2		2
23,75					4	1	5
26,25					1		1
28,75					2	1	3
Total	3	3	6	6	10	2	30

**Tabela 3.** Modelos volumétricos analisados

Autor	Modelo
Schumacher-Hall	$v_i = \beta_0 DAP_i \beta_1 H_i^{0.2} + \epsilon_i$
Spurr	$v_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i^2 H_i + \epsilon_i$
Meyer	$v_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \beta_2 DAP_i^2 + \beta_3 DAP_i H_i + \beta_4 DAP_i^2 H_i + \epsilon_i$

Em que:  $v_i$  - volume total da  $i$ -ésima árvore ( $m^3$ );  $DAP_i$  - diâmetro da  $i$ -ésima árvore à 1,30 m do solo (cm);  $H_i$  - altura total da  $i$ -ésima árvore (m);  $\beta_n$  - parâmetros dos modelos;  $\epsilon_i$  - erro experimental.

A seleção dos melhores modelos para estimativa da altura e do volume de árvores individuais foi feita por meio de um ranking envolvendo três estatísticas, conforme foi aplicado por Mendonça et al. (2007), Souza et al. (2008) e Souza et al. (2012): o viés (V), a média das diferenças absolutas (MD) e o desvio-padrão das diferenças (DPD). As fórmulas de cálculo desses critérios de seleção podem ser visualizadas nas Eq. 1, Eq. 2 e Eq. 3, respectivamente.

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n \hat{y}_i}{n} \quad (1)$$

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (2)$$

$$DPD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \right]}{n - p}} \quad (3)$$

em que:  $y_i$  - Valores observados da variável dependente;  $\hat{y}_i$  - valores estimados da variável dependente;  $n$  - número de observações; e  $p$  - número de parâmetros de cada modelo.

Para a elaboração deste ranking foram atribuídas notas aos valores obtidos de cada uma das estatísticas para os três modelos avaliados. Foi atribuída nota 1 para o modelo com menor valor absoluto da estatística, até a nota 3 para o de maior valor. Assim, o modelo com menor valor do somatório dessas estatísticas será o modelo selecionado.

Além do ranking, para auxiliar na escolha do modelo que melhor para estimativa das variáveis analisadas, foi calculado o erro padrão da estimativa (Eq. 4) e o erro padrão relativo (Eq. 5).

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \quad (4)$$

$$S_{y,x} (\%) = \frac{S_{y,x}}{\bar{y}} 100 \quad (5)$$

em que:  $\bar{y}$  - valor médio da variável dependente.

### Comparação dos métodos de amostragem

A estimativa da área basal e volume por hectare, bem como as respectivas medidas de precisão (média, variância, erro padrão da média, erro de amostragem relativo e intervalo de confiança para a média), foi obtida empregando-se metodologia descrita por Soares et al. (2011), considerando o limite de erro máximo aceitável de 10%, a 90% de probabilidade.

Para a comparação dos resultados obtidos pelos métodos estudados, foi usado o teste *t* de Student para dados pareados. Este teste tem como objetivo verificar se a média dos desvios não difere de zero, ou seja, as médias obtidas por ambos os métodos diferem entre si.

## Resultados e Discussão

Conforme as estimativas dos parâmetros e as estatísticas de precisão dos modelos de relação hipsométrica avaliados (Tabela 4), pode-se notar que dentre os modelos analisados, o modelo de Henricksen foi o mais acurado para estimar a altura, apresentando menor valor de erro padrão relativo. Embora este modelo tenha apresentado o maior valor de média das diferenças absolutas, o viés e o desvio padrão das diferenças foram menores quando comparado com os demais modelos.

Pode-se observar na Figura 1 que a dispersão dos resíduos foi semelhante em todos os modelos, com a maior parte dos valores de desvios variando entre  $\pm 12\%$ , não havendo evidências de qualquer tipo de tendência.

Analizando as estatísticas do ajuste dos modelos para estimativa do volume de árvores individuais com suas respectivas medidas de precisão expostas na Tabela 5, verifica-se que o modelo a ser escolhido para a estimativa do volume é o de Schumacher-Hall, pois ficou em melhor colocação no ranking dos critérios de seleção quando comparado com os demais. O modelo de Meyer apresentou valor de erro

**Tabela 4.** Parâmetros estimados e ranking para seleção do modelo para estimar a altura de árvores de *Eucalyptus grandis* em São José do Calçado, ES

Estatísticas	Henricksen	Treoy	Curtis
$\hat{\beta}_0$	-10,6505**	-0,5305ns	3,6448**
$\hat{\beta}_1$	11,5363**	1,9693**	-10,0118**
$\hat{\beta}_2$	-	-0,0369**	10,6392*
$S_{y,x}(\%)$	12,30	12,51	12,41
V	$-4,65 \cdot 10^{-5}$ (1)	0,00293 (2)	0,12051 (3)
MD	1,52183 (3)	1,49391 (1)	1,46464 (2)
DPD	2,13825 (1)	2,17542 (3)	2,15458 (2)
Total	(5)	(6)	(7)

Em que:  $\hat{\beta}_n$  - parâmetros estimados dos modelos;  $S_{y,x}(\%)$  - erro padrão relativo; V - viés; MD - média das diferenças absolutas; DPD - desvio-padrão das diferenças; \* - significativo a 5%; \*\* - significativo a 1% e ns - não significativo.

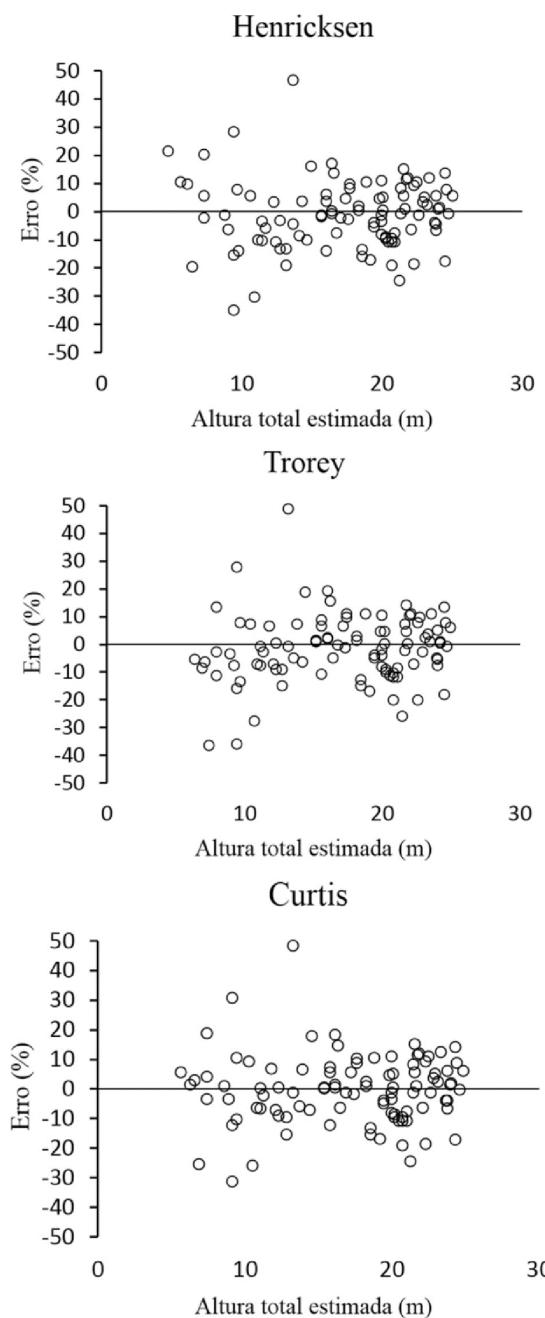


Figura 1. Distribuição dos resíduos para os modelos hipsométricos de Henricksen, Trorey e Curtis

Tabela 5. Parâmetros estimados e ranking para seleção do modelo para estimar o volume de árvores de *Eucalyptus grandis* em São José do Calçado, ES

Estatísticas	Schumacher-Hall	Spurr	Meyer
$\hat{\beta}_0$	$4,603 \cdot 10^{-5}^*$	$0,0113 \text{ ns}$	$-0,1255 \text{ ns}$
$\hat{\beta}_1$	$1,837^{**}$	$3,228 \cdot 10^{-5}^{**}$	$0,03169 \text{ ns}$
$\hat{\beta}_2$	$1,058^{**}$	-	$-1,299 \cdot 10^{-3} \text{ ns}$
$\hat{\beta}_3$	-	-	$-6,248 \cdot 10^{-1} \text{ ns}$
$\hat{\beta}_4$	-	-	$6,587 \cdot 10^{-5}^*$
$S_{yx}(\%)$	8,67	8,85	8,68
$V$	-0,00017 (2)	$-2,9 \cdot 10^{-5} (1)$	0,00023 (3)
MD	0,01746 (1)	0,01865 (3)	0,01767 (2)
DPD	0,02743 (1)	0,02797 (3)	0,02749 (2)
Total	(4)	(7)	(7)

Em que:  $\hat{\beta}_n$  - parâmetros estimados dos modelos;  $S_{yx}(\%)$  - erro padrão relativo;  $V$  - viés; MD - média das diferenças absolutas; DPD - desvio-padrão das diferenças; \* - significativo a 5%; \*\* - significativo a 1% e ns - não significativo.

padrão relativo semelhante ao modelo de Schumacher-Hall, entretanto, ao analisar a significância dos parâmetros deste modelo, apenas um dos cinco parâmetros foi significativo.

Quando se analisa a distribuição dos resíduos gerados pelos modelos volumétricos (Figura 2), nota-se que o modelo de Schumacher-Hall apresenta melhor dispersão de resíduos, com a maior parte dos valores variando entre  $\pm 10\%$ , enquanto que para os modelos de Spurr e de Meyer foram verificados pontos discrepantes de erro, particularmente para as árvores de menor volume.

É importante notar que todos os métodos utilizados para avaliar o desempenho dos modelos hipsométricos e volumétricos apresentaram resultados coerentes, indicando o

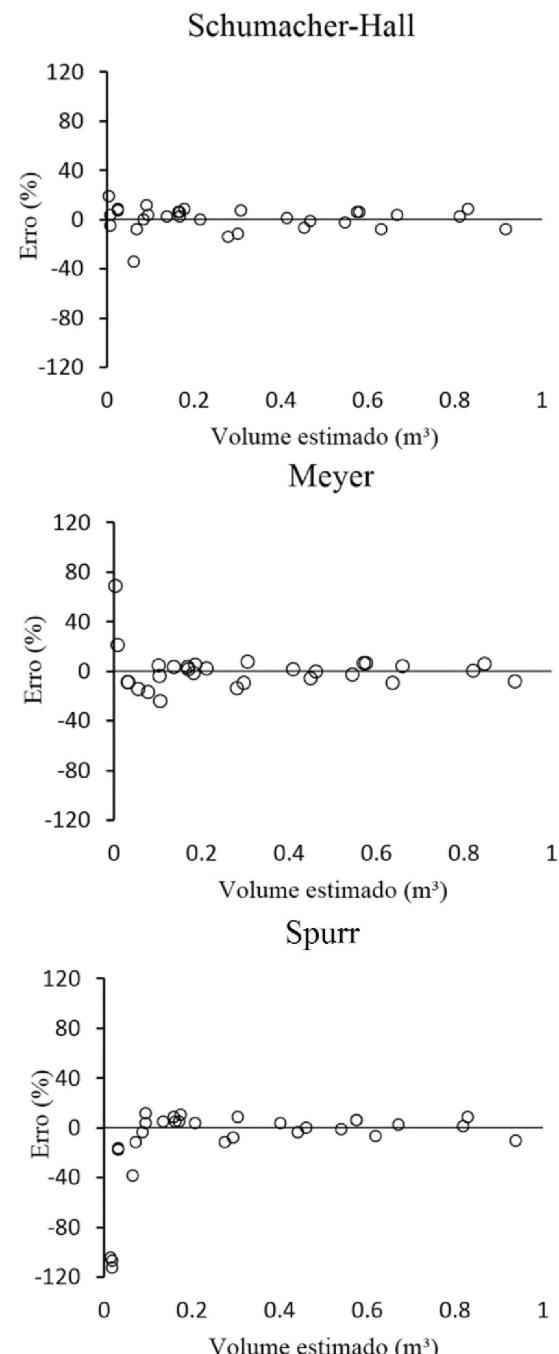


Figura 2. Distribuição dos resíduos para os modelos volumétricos de Schumacher-Hall, Spurr e Meyer

mesmo modelo como sendo o que melhor se ajustou aos dados considerados.

### Estimativas do volume e da área basal

Na Tabela 6, nota-se que o método de área fixa foi aquele que apresentou menor erro de amostragem, sendo, portanto, o método mais preciso. Pode-se observar também que, à medida que se aumenta o FAB, menos preciso é o resultado da amostragem pelo método de Bitterlich. Estes resultados estão de acordo com o que se espera, isto é, para maiores fatores, mede-se menos árvores por ponto, aumentando a variância entre os mesmos. Comentários que corroboram estes fatos podem ser encontrados em Farias et al. (2002) e Druscz et al. (2010). Os resultados apresentados na Tabela 6 confirmam o que ora foi argumentado, isto é, à medida que se aumenta o FAB, o número de árvores por ponto diminui, o que provavelmente explica a menor precisão quando se empregou FABs maiores. Sanquette et al. (2006) sugerem que, ao aplicar o método de Bitterlich, o recomendado é que, no mínimo, sejam medidas de 15 a 20 árvores por ponto. O FAB que mais se aproximou desse resultado foi o FAB igual a 1 sendo também aquele que apresentou os melhores resultados de precisão do inventário, confirmando o que teoricamente se espera.

Outro fato relevante que merece destaque ao se analisar a Tabela 6, é que o método de área fixa foi aquele que apresentou maior precisão, mas também exigiu medir um número maior de árvores, em média quase quatro vezes mais. Este resultado é coerente com o que se espera, mas, cabe ressaltar que, quando se empregou o FAB igual a 1, a diferença para o método de área fixa em termos de precisão não foi tão grande. Este resultado permite considerar que, uma vez que o método de Bitterlich exige um esforço menor de tempo de medição, mais pontos poderiam ser medidos na área sem exceder o esforço realizado pelo método de área fixa. Com isso, a amostra poderia ser melhor distribuída, com maior representatividade, e provavelmente haveria um ganho de precisão. Estas premissas

indicam, então, que o método de Bitterlich pode ser uma ferramenta valiosa no inventário de pequenas áreas florestais, como é o caso do fomento florestal, uma vez que pode produzir estimativas com boa precisão, com custo menor em relação ao método de área fixa e de forma mais rápida, por ser um método que exige medir menos árvores, desde que o FAB seja escolhido corretamente.

Quanto ao número ótimo de unidades amostrais, apenas para o método de área fixa e de Bitterlich com FAB = 1, as dez unidades amostrais lançadas foram suficientes para satisfazer ao limite de erro estabelecido para a estimativa do volume, isto é, 10% a 90% de probabilidade. Para o método de Bitterlich utilizando FAB = 2 e FAB = 4 atender ao limite de erro, seria necessário que fossem lançadas mais 9 e 21 unidades amostrais, respectivamente. Este resultado é coerente com o que teoricamente se espera, isto é, quanto maior é o FAB, menor é o número de árvores amostradas (Tabela 6), e na medida em que se amostra menos árvores, menos preciso é o método. No entanto, mesmo se fossem medidos pontos adicionais para o método de Bitterlich com FAB = 2 e FAB = 4, o número total de árvores amostradas (205 e 170, respectivamente, calculados por meio da multiplicação do número médio de árvores por unidade amostral pelo número ótimo de unidades amostrais) seria inferior ao total amostrado para o método de área fixa. Este fato mostra que a utilização do método de Bitterlich pode ser uma alternativa rápida e menos onerosa para a realização de inventários florestais, uma vez que o número de árvores amostradas foi significativamente inferior quando comparado com o método de unidades amostrais de área fixa, independente do fator de área basal utilizado. Esta mesma tendência de aumento no erro padrão da média e número ótimo de unidades amostrais conforme o aumento do fator de área basal também foi observado por Farias et al. (2002).

Um fato peculiar sobre o método de Bitterlich é a possibilidade de obtenção da área basal por hectare por meio do produto do número de árvores incluídas na amostra pelo fator

**Tabela 6.** Resultados dos inventários florestais em um povoamento de *Eucalyptus grandis* em São José do Calçado, ES

Unidade amostral	Área fixa			FAB = 1			FAB = 2			FAB = 4		
	n	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	n	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	n	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	n	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
1	65	15,5771	169,1681	16	16	166,3191	7	14	133,4160	2	8	83,0445
2	80	20,6585	212,4084	25	25	234,2837	11	22	196,4556	6	24	238,6231
3	67	16,4305	188,6890	18	18	171,0167	7	14	140,6719	4	16	172,9850
4	75	19,8694	223,1209	24	24	223,1761	14	28	258,1875	5	20	188,9893
5	83	19,4553	198,0766	23	23	212,6285	14	28	235,7602	5	20	156,1328
6	84	20,2813	216,6442	28	28	261,1763	14	28	264,0950	7	28	266,1268
7	90	18,7238	192,3259	18	18	159,9316	10	20	177,9655	6	24	214,3366
8	98	21,6104	217,1057	23	23	205,8811	11	22	205,6042	8	32	290,4065
9	62	13,9318	147,3554	17	17	165,9437	7	14	138,3601	4	16	153,2311
10	63	17,2983	183,4111	17	17	214,8252	13	26	222,9121	8	32	290,3972
$\bar{x}$	76,60	18,3836	194,8305	21,60	20,90	201,5182	10,80	21,60	197,3428	5,50	22,00	205,4273
$S_x^2$	6,15	575,4137		17,43	1176,1762		35,38	2389,9239		57,78	4529,0900	
$S_{\bar{x}}$	0,74	7,1963		1,32	10,8452		1,88	15,4594		2,40	21,2817	
$E_r$	7,41	6,77		11,58	9,87		15,96	14,36		20,03	18,99	
$n^*$	7	6		13	10		23	19		35	31	
$\hat{X}$	110,30	1168,9832		125,40	1209,1091		129,60	1184,0568		132,00	1232,5638	
$IC_{tot.}$	$\bar{x} \pm 8,18$	$\bar{x} \pm 79,15$		-	-		-	-		-	-	

Sendo: n - número de árvores amostradas por unidade amostral;  $\bar{x}$  - média (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);  $S_x^2$  - variância [(m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>];  $S_{\bar{x}}$  - erro padrão da média (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);  $E_r$  - erro de amostragem relativo (%);  $n^*$  - número ótimo de unidades amostrais;  $\hat{X}$  - Total estimado do povoamento;  $IC_{tot.}$  - intervalo de confiança para o total, a 90% de probabilidade (m<sup>3</sup>).

de área basal utilizado (Soares et al., 2011). Desta forma, é possível obter de forma rápida uma noção sobre um parâmetro da estrutura horizontal da floresta sem a necessidade de cálculos complexos. Na Tabela 6 também é possível visualizar os resultados obtidos para a estimativa da área basal por hectare. Nota-se que os valores estimados foram próximos, sendo o menor para o método de área fixa e o maior para o método de Bitterlich com  $FAB = 4$ , sendo a diferença média entre eles de  $5,2164 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ . Assim como nas estimativas anteriores, o método de Bitterlich teve uma tendência de superestimar o valor da área basal por hectare, sendo esta estimativa ainda maior com o aumento do fator de área basal.

Na Tabela 7, pode-se observar que, tanto para o volume quanto para a área basal, os resultados de todas as comparações foram não significativos, ou seja, não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos testados. Isto mostra que o método proposto por Bitterlich pode ser utilizado para a realização de inventários florestais em plantios fomentados de *Eucalyptus grandis*, pois apresenta resultados compatíveis com os obtidos pelo método de amostragem de área fixa.

Farias et al. (2002) analisando a diferença entre o método de Bitterlich e o método de área fixa em florestas inequíâneas, também observaram que não houve diferença estatística entre os resultados obtidos por ambos os métodos. O mesmo fato também ocorreu com Drusczc et al. (2010) em plantios de *Pinus taeda* e Miranda et al. (2015) em plantios de *Tectona grandis*. Teo et al. (2014) comparando amostragem pelo método de Bitterlich e área fixa em uma Floresta Ombrófila Mista, concluíram que não houveram diferenças estatísticas entre os métodos ao estimar o número de árvores por hectare e a área basal. Além disso, os autores verificaram que o método de Bitterlich apresentou tempo médio de medição por unidade amostral menor do que a metade do tempo gasto pelo método de área fixa.

Drusczc et al. (2012) analisando os custos do inventário florestal pelo método de Bitterlich em comparação com o método de área fixa com conglomerado em cruz, observaram que o método de Bitterlich foi mais eficiente para a estimativa do diâmetro médio, área basal por hectare e volume total. Além disso, para o levantamento do volume total, o método de Bitterlich apresentou custo 55,8% menor quando comparado com o método de área fixa com conglomerado em cruz. Miranda et al. (2015), ao compararem o método de Bitterlich com o método de Prodan e área fixa em plantios de *Tectona grandis*, concluíram que o método de Bitterlich também foi o mais eficiente para estimar o DAP, número de árvores por hectare, área basal e volume por hectare.

**Tabela 7.** Comparação dos métodos de amostragem pelo teste  $t$  de Student

Variável analisada	Método	Estatística $t$
Volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ )	Área Fixa x $FAB = 1$	-0,89 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x $FAB = 2$	-0,23 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x $FAB = 4$	-0,58 <sup>ns</sup>
Área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ )	Área Fixa x $FAB = 1$	-3,10 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x $FAB = 2$	-2,25 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x $FAB = 4$	-1,82 <sup>ns</sup>

Sendo: <sup>ns</sup> - não significativo;  $t_{1\%}(9) = 3,25$

## Conclusões

Os métodos de área fixa e de Bitterlich, independente do fator de área basal utilizado, podem ser utilizados na estimativa da área basal e volume de plantios fomentados de *Eucalyptus grandis*.

O método de amostragem de Bitterlich pode ser utilizado como uma alternativa para inventários florestais em pequenas propriedades fomentadas.

## Agradecimentos

Ao professor Dr. Nilton Cesar Fiedler pela disponibilização da área de estudo e pelo apoio logístico na realização deste trabalho.

## Literatura Citada

Drusczc, J.P.; Nakajima, N.Y.; Pélico Netto, S. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. Floresta, v.40, n.4, p.739-754, 2010. <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v40i4.20326>>.

Drusczc, J.P.; Nakajima, N.Y.; Pélico Netto, S.; Machado, S.A. Custos de inventário florestal com amostragem de Bitterlich (PNA) e conglomerado em cruz (CC) em plantação de *Pinus taeda* L. Scientia Forestalis, v.40, n.94, p.231-239, jun. 2012. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr94/cap10.pdf>>. 14 Out. 2015.

Farias, C.A.; Soares, C.P.B.; Souza, A.L.; Leite, H.G. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequíâneas. Revista Árvore, v.26, n.5, p.541-548, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000500003>>.

Gomes, K.B.P.; Machado Filho, V.A.; Silva, V.P.; Silva, A.G. Comparação dos Métodos de Amostragem Casual Simples: Bitterlich e Prodan. Revista Agroambiental, v.3, n.1, p.101-104, 2011. <<http://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/306/302>>. 12 Out. 2015.

Husch, B.; Beers, T.W.; Kershaw Jr., J.A. Forest mensuration. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 456p.

Mendonça, A.R.; Silva, G.F.; Oliveira, J.T.S.; Nogueira, G.S.; Assis, A.L. Avaliação de funções de afilamento visando a otimização de fustes para multiprodutos. Cerne, v.13, n.1, p.71-82, 2007. <<http://www.redalyc.org/articulo/oa?id=74413110>>. 13 Out. 2015.

Miranda, D.L.C.; Francio, J.; Santos, J.P.; Sanquette, C.R.; Dalla Corte, A.P. Precisão e eficiência relativa de métodos de amostragem em teca. Pesquisa Florestal Brasileira, v.35, n.83, p.247-254, 2015. <<http://dx.doi.org/10.4336/2015.pfb.35.83.638>>.

Retslaff, F.A.S.; Lana, M.D.; Doubrawa, B.; Figueiredo Filho, A.; Pélico Netto, S. Amostragem em conglomerados pelo método de Bitterlich em floresta ombrófila mista. Nativa, v.2, n.4, p.393-402, 2014. <<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n04a02>>.

Sanquetta, C.R.; Watzlawick, L.F.; Dalla Corte, A.; Fernandes, L.A.V. Inventários florestais: planejamento e execução. Curitiba: Editora Multi-Graphic, 2006. 271p.

Soares, C.P.B.; Paula Neto, F. de; Souza, A.L. de. Dendrometria e inventário florestal. 2.ed. Viçosa: UFV, 2011. 272p.

Souza, C.A.M. de; Silva, G.F. da; Xavier, A.C.; Chichorro, J.F.; Soares, C.P.B.; Souza, A.L. de. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimativa da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp. Revista Árvore, v.32, n.3, p.453-463, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300008>>.

Souza, C.A.M.; Finger, C.A.G.; Schneider, P.R.; Silva, G.F.; Thomas, C. Eficiência de um modelo de afilamento ajustado sem e com estratificação por classe de quociente de forma para formação dos sortimentos de *Pinus taeda* L. Ciência Florestal, v.22, n.1, p.125-135, 2012. <<http://dx.doi.org/10.5902/198050985085>>.

Teo, S.J.; Schneider, C.R.; Fiorentin, L.D.; Costa, R.H. Comparação de métodos de amostragem em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, em Lebon Régis, SC. Floresta, v.44, n.3, p.393-402, 2014. <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v44i3.32687>>.