

## A AMOSTRAGEM POR PONTOS NA ESTIMATIVA DA ALTURA DE ÁRVORES DOMINANTES E NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARES EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus saligna*

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO  
ESALQ/USP - Depto. de Ciências Florestais  
13400 - Piracicaba – SP

NELSON LUIZ MAGALHÃES BASTOS  
JEANICOLAU SIMONE DE LACERDA  
Cia. Suzano de Papel e Celulose  
08600 - Suzano – SP

**ABSTRACT** - It was studied the application of the Bitterlich Method (point sampling method) to estimate wood volume of *Eucalyptus saligna* stands. In order to obtain volume it is necessary to estimate site index and basal area per hectare along with age of the stands. It was compared dominant total height average and number of stems per hectare estimations on 3 basal area factors using point sampling (2, 3 and 4 sq.m. per hectare) and on fixed area plots (648 sq.m. per plot). It was chosen 2 different terrains (slope and flat) and 3 production classes (low, medium and high). For estimation of the number of stems per hectare there were no significant difference between point sampling and fixed area plots. There was also no significant difference between the basal area factors for stem number estimation. Basal area factor 4 allows for the lowest number of trees per point. For choosing the dominant tree per point, Bitterlich method was also efficient, because no significant difference was detected between point and fixed area sampling.

**RESUMO** - Com o objetivo de estudar a aplicação do princípio de Bitterlich (amostragem por pontos) na amostragem para determinação de volume em povoamentos de *Eucalyptus saligna*, foi realizado um estudo comparativo com parcelas de tamanho fixo (648 m<sup>2</sup>). Foram selecionados dois locais de topografias diferentes (plana e acidentada) e em cada local 3 áreas de fertilidades distintas: alta, média e baixa. A espécie utilizada foi o *E. saligna* com 4 anos de idade. Os fatores de área basal testados foram 2, 3 e 4 m<sup>2</sup>/ha. Para a determinação do número de árvores por hectare, o método de Bitterlich se mostrou eficiente pela não existência de diferenças com método da parcela de dimensões fixas. Os três fatores de área basal estudados se comportaram de maneira idêntica quanto às estimativas dos valores. O fator 4 possibilitou a medição de um número menor de árvores por ponto. Para a escolha da árvore dominante entre aquelas medidas ou selecionadas em cada ponto ou parcela, o método de Bitterlich também foi eficiente, pois a medição da árvore de maior altura em cada ponto foi suficiente para avaliar a dominância do povoamento.

### INTRODUÇÃO

A estimativa da área basal por hectare através do uso da amostragem por pontos, também conhecida por método de Bitterlich, para plantações de eucaliptos no Estado de

São Paulo, é proposta por COUTO et alii (1990). Concluem que o número de pontos para estimar a área basal para os três fatores estudados (2, 3 e 4 m<sup>2</sup>/ha) é de 3 a 7 vezes o número de parcelas de tamanho fixo (648 m<sup>2</sup>), mas o número total de árvores é de 2 a 3 vezes inferior ao número de árvores medidas nas parcelas de tamanho fixo.

COUTO et alii (1989) propuseram um método baseado em CLUTTER et alii (1983) que, conhecendo-se a área basal, idade e altura média das árvores dominantes, pode-se estimar o volume de madeira atual e futura, tanto em primeira como em segunda rotação através de funções de produção e curvas de crescimento, para plantações de eucaliptos.

É bastante conhecida a importância das curvas de crescimento no planejamento florestal. Todas as atividades de corte, transporte, novas aquisições de área e ampliações são baseadas na estimativa da disponibilidade futura de madeira. E essas estimativas são baseadas nas funções de produção e curvas de crescimento.

Um exemplo do uso dessas funções no planejamento é o pagamento do corte de madeira para os operadores de moto-serras.

O inventário florestal fornece o número de árvores necessário para compor um estere de madeira e o volume pago é estimado através da quantidade de árvores cortadas pelo operador no dia de trabalho.

O método de Bitterlich não é apenas usado para determinação da área basal, mas também para estimar o número de árvores por hectare e selecionar as dominantes (LOETSCH et alii, 1973).

O objetivo deste trabalho foi comparar o método de Bitterlich usando-se os fatores 2, 3 e 4 m<sup>2</sup>/ha com o método da parcela fixa para estimar o número de árvores por hectare e a altura média das árvores dominantes, em plantações de **Eucalyptus saligna** em duas regiões (acidentada e plana) do Estado de São Paulo em 3 níveis de produtividade. Ao mesmo tempo, procurou-se determinar a intensidade da amostragem nos diferentes métodos, para orientar os trabalhos de inventário florestal.

## AMOSTRAGEM POR PONTOS

BITTERLICH (1984) sugere o termo em alemão "WINKELZAHLPROBE" (WZP) ou em inglês "angle-count sampling" (ACS) que traduziu como "amostragem de contagem de ângulos" (ACA), para designar o método de amostragem por pontos.

Além de determinar diretamente a área basal através da contagem do número de árvores cuja relação entre o DAP e a distância do ponto de observação é superior a um determinado ângulo, o método de Bitterlich permite, através da medição do DAP das árvores selecionadas, o cálculo da densidade (número de árvore por hectare). GROSENBAUGH (1952) mostrou como calcular o número de árvores por classe de DAP, através da multiplicação do número de árvores selecionadas e pertencentes à classe de DAP pretendida pelo recíproco da área basal da árvore de DAP igual ao centro de classe. Para tanto, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$N = N_p$$

$$N_p = (K/g_p) Z_p, \text{ onde,}$$

N = densidade (n<sub>o</sub> de árvores por hectare);

N<sub>p</sub> = densidade para a classe de diâmetro q

K = fator de área basal;

g<sub>p</sub> = área basal da árvore de DAP igual ao centro classe;

$Z_p$  = número de árvore contadas da classe de diâmetro  $q$

A previsão deste estimador depende da amplitude da classe de DAP, que varia de 2 a 5 cm. Se a amplitude da classe de DAP for maior, BITTERLICH (1984) sugere a fórmula:

$$N_p = 12732 K [1/d_1 - 1/(d_1 + q)]$$

$N_p$  = número médio de árvores por hectare representada por cada árvore cujo DAP está na classe compreendida entre  $d_1$  e  $d_1 + s$ ;

$K$  = fator de área basal em  $m^2/ha$ ;

$p$  = amplitude de classe de DAP em cm;

$d_1$  = limite inferior da classe de DAP.

Desse modo, para o cálculo da densidade, DILWORTH & BELL (1973) consideram que apenas avaliações aproximadas (que podem até ser ocular) de DAP são suficientes.

Árvores dominantes são as 100 árvores de maior DAP por hectare. A altura média das árvores dominantes é a altura média dessas árvores. Entretanto, nos pontos de amostragem pelo método de BITTERLICH esse conceito é substituído por simplificações de ordem prática, como as propostas por Marshall (1973) e Pollanschutz (1974), ambos citados por BITTERLICH (1984).

Marshall (1973) propõe o uso da chamada altura dominante biológica, que é a média das alturas de todas as árvores dominantes e codominantes no ponto de amostragem, enquanto que Pollanschutz (1974) sugere a altura média das árvores de maior DAP em cada ponto de amostragem (usando o fator de área basal  $K=4$ ) como a altura média das árvores dominantes. No presente estudo, considerou-se para as parcelas de tamanho fixo a média da altura das 6 árvores de maior DAP, o que corresponde aproximadamente a 100 árvores por hectare. Para a amostragem por pontos pelo método de BITTERLICH e pelo baixo número de árvores relacionadas por ponto, considerou-se apenas uma única árvore de maior altura.

## O ESTUDO

O estudo foi realizado na Cia. Suzano de Papel e Celulose, e as informações sobre as regiões e produtividades assim como a metodologia estão descritas em COUTO et alii (1990). Para cada uma das 20 parcelas ou pontos locados sistematicamente em cada situação (região plana e acidentada; produtividades baixa, média e alta) foi calculado o número de árvores por hectare e altura média das árvores dominantes.

O delineamento estatístico inteiramente ao acaso possui o seguinte modelo para a análise de variância:

$$Y_{IJke} = m + r_i + P_j + q_k + (rp)_{ij} + (rq)_{ik} + (Pq)_{jk} + (rpq)_{ijk} + e_{IJke}$$

onde:

$Y_{IJke}$  = valor da variável resposta em estudo, para a região  $i$ , produtividade  $j$ , método  $q$  e parcela  $e$ .

$m$  = média geral do experimento;

r = regiões, i= 1, 2;  
p = produtividade, j = 1, 2, 3;  
g = métodos, K = 1, 2, 3, 4;  
e = erro.

As dimensões da parcela de tamanho fixo utilizadas no estudo foram de 648 m<sup>2</sup> (30 x 21,6m).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da variância do número de árvores por hectare (NARVHA) mostrou diferenças estatísticas entre a região Leste (acidentada) e Oeste (plana). A região Oeste apresenta média de 1639 árvores por hectare, enquanto que a região Leste, 1510. Isto se deve ao espaçamento inicial de plantio. Com relação aos níveis de produtividade, não houve influência significativa entre as produtividades baixa, média e alta quando se analisou a variável NARVHA. Isto mostra que a produtividade do solo influencia, no caso específico, o tamanho das árvores e não o número de árvores por hectare. Para todas as classes de produtividade nas duas regiões estudadas, os métodos não diferem estatisticamente, mostrando que se pode estimar sobrevivência pelo método de Bitterlich. Entretanto, o número de pontos necessário para essa estimativa é maior que o número de parcelas de tamanho fixo (648 m<sup>2</sup>), como mostra a TABELA 1. Considerando-se que em cada ponto são medidas, em média menos árvores que em cada parcela de tamanho fixo, (TABELA 3), obtém-se no final um número de árvores medidas que é função da variabilidade do povoamento.

Para a determinação da altura média das árvores dominantes (MHDOM) a análise de variância mostrou alta diferença (nível de 1 %) estatística entre as regiões e níveis de produtividade.

A região Oeste (plana) apresentou maior altura média das dominantes (26,62 m) que a região Leste (21,14 m). Isto é consequência da maior produtividade do **Eucalyptus saligna**, espécie utilizada para o estudo da região Oeste aos 4 anos de idade.

Como a altura média das árvores dominantes é função das características do sítio, os sítios de maiores produtividades mostraram a altura média das dominantes de 29,62 m, os de média produtividade igual a 23,57 m e os de baixa, de 22,44 m, aos 4 anos de idade. Houve diferença estatística ao nível de 1 % na comparação dos 3 níveis de produtividade.

Apenas na região Leste (acidentada) e na área de alta produtividade, houve diferença estatística (ao nível de 5% de produtividade) entre a determinação usando o método de Bitterlich, fator 4 e o método da parcela de tamanho fixo.

Os fatores 2 e 3 não diferiram do método da parcela de tamanho fixo. Isto mostra que a escolha da árvore dominante entre um número maior de árvores medidas na parcela ou ponto é mais representativa quando se mede dominância em região acidentada de alta produtividade. Entretanto, o número de parcelas necessárias para amostrar uma área com 95% de probabilidade e 10% de erro amostral não é muito para o método de Bitterlich em relação ao método da parcela de tamanho fixo (TABELA 2).

É, portanto, bastante caracterizada a vantagem do método de Bitterlich para a escolha das árvores dominantes.

A facilidade com que se mede um ponto pelo método de Bitterlich, principalmente pelo baixo número de árvores e pouco gasto na movimentação entre as amostras no campo,

justificaria a adoção desse método para determinação do volume atual e futuro da madeira por hectare. Entretanto, a alta variabilidade entre pontos recomenda aumento da intensidade da amostragem que, por sua vez, recomenda a mudança do sistema aleatório para sistemático, o que facilitará a localização das parcelas no campo.

**TABELA 1: Número de parcelas ou pontos para amostrar numa área com 95% de probabilidade e 10% de erro amostral para determinação do número de árvores por hectare.**

Método	Leste			Oeste		
	Produtividade			Produtividade		
	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa
P_Fixa	9	1	7	1	1	1
Fator 2	52	34	56	30	74	34
Fator 3	53	52	70	40	40	56
Fator 4	80	50	125	54	84	110

**TABELA 2: Número de parcelas ou pontos para amostras numa área, com 95% de probabilidade e 10% de erro amostral, visando a determinação da altura média das árvores dominantes.**

Método	Leste			Oeste		
	Produtividade			Produtividade		
	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa
P_Fixa	2	4	5	1	1	2
Fator 2	2	5	7	1	2	2
Fator 3	3	5	9	1	2	3
Fator 4	3	6	18	1	2	3

**TABELA 3: Número médio de árvores medidas por parcela ou ponto para amostrar uma área, com 95% de probabilidade e 10% de erro amostral para as duas regiões . (Leste e Oeste).**

Método	Leste			Oeste			Geral		
	Produtividade			Produtividade			Produtividade		
	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa
P_Fixa	92	91	80	103	106	108	98	99	94
Fator 2	10	8	7	13	12	12	11	10	9
Fator 3	7	5	5	9	9	8	8	7	6
Fator 4	5	4	3	6	6	7	5	5	4

## CONCLUSÕES

A comparação do método de Bitterlich com o método da parcela de tamanho fixo para estimar o número de árvores por hectare e escolha de árvores para a determinação da

altura média das árvores dominantes, após a análise estatística dos dados apresentou as seguintes conclusões:

- a) O método de Bitterlich estima com precisão o valor médio do número de árvores por hectare nas diferentes regiões e produtividades, e nos três fatores de área basal estudados.
- b) Exceto para a região Leste (acidentada) e sítio de alta produtividade, o método de Bitterlich escolhe adequadamente a árvore representativa da dominância do povoamento.
- c) As diferenças entre os fatores 2, 3 e 4 m<sup>2</sup>/ha não foram significativas para a determinação do número de árvores por hectare através da medição do DAP das árvores selecionadas.
- d) Existe uma alta variabilidade entre pontos em relação à variabilidade entre parcelas de tamanho fixo, indicando a necessidade do aumento do número de pontos para atingir o mesmo erro amostral quando se usa parcelas de tamanho fixo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTERLICH, W. - **The relascope idea**. Slough, CAB, 1984. 242p.

CLUTTER, J. L. et alii. - **Timber management: a quantitative approach**. New York, John Wiley, 1983. 333p.

COUTO, H.T.Z. do et alii - Comparação de dois modelos de prognose de madeira de *Eucalyptus* para alto fuste e talhadia. **IPEF**, Piracicaba (41/42): 27-35.1989.

COUTO, H.T.Z. do et alii. - Point sampling for basal area estimation in *Eucalyptus* plantations. 2n: IUFRO WORLD CONGRESS, 19, Montreal, 1990. **Proceedings**. Montreal, 1990. p.247 -56.

DILLWORTH, J.R. & BELL, J.F. - **Variable probability sampling: variable plot and three -P**. Corvallis, OSU, 1973. 130p.

GROSENBAUGH, L.R. - Shortcuts for cruisers and scalers. **Occasional papers. SO Forest Experiment Station**, New Orleans (126): 1 -24, 1952.

LOETSCH, F. et alii - **Forest inventory**. Munique, BLV Verlagsgesellschaft, 1973. 469p.