



COMPARAÇÃO DA EXATIDÃO DAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS EM UM POVOAMENTO DE *EUCALYPTUS GRANDIS* ENTRE DOIS MÉTODOS ASSISTIDOS: PRODAN E QUADRANTES

Fernando Elair Vieira Santos¹, Wallisom Cleuton Andrade², Josimar Mendes Araújo², Fabiano Vieira Santos³

1 Mestrando em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, Alegre - Brasil (fernandoelair@gmail.com);

2 Tecnólogo em Silvicultura, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais-IFMG–Campus São João Evangelista.

3 Biólogo -ISEI - Instituto Superior de Educação de Itabira - Campus FUNCESI

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

RESUMO

Objetivou-se neste estudo comparar a exatidão das estimativas volumétricas, utilizando os métodos de Quadrantes e Prodan. O estudo foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus grandis* com 8 anos de idade localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista-MG, com área aproximadamente de 3,48 ha, inventariado pelos dois métodos de amostragem, para um erro máximo admitido de 20% da média do volume e 5% de significância. Foram instalados aleatoriamente 10 pontos de amostragem, utilizando-se o método de Quadrantes e Prodan. A variável mensurada para utilização nos dois processos de amostragem foram os DAP's, qualificados de acordo com o interesse para aplicação dos métodos. Os resultados demonstraram ser mais eficiente o inventário conduzido pelo método de Quadrantes, pois apresentou um erro de amostragem de 13,81%, enquanto o método de Prodan apresentou-se mais oneroso, com um erro de amostragem de 18,73%.

PALAVRAS-CHAVE: Inventário florestal, amostra, métodos de amostragem, volume.

COMPARISON OF THE ACCURACY OF THE VOLUMETRIC ESTIMATES IN A *EUCALYPTUS GRANDIS* PLANTATION OF TWO METHODS WATCHED: PRODAN AND QUADRANTS.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the accuracy of volumetric estimates, using the methods of Quadrants and Prodan. The study was conducted in a *Eucalyptus grandis* plantation 8 years old located at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais - Campus St. John the Evangelist-MG, with an area of about 3.48 ha, inventoried by the two methods sampling a maximum error admitted for a 20% average volume and 5% significance. 10 were installed randomly sampling points, using the method of Quadrants and Prodan. The variable measured for use in the two sampling procedures were the DAP's, qualified in accordance with the interest to apply the methods.

The results demonstrated to be more efficient inventory conducted by the method of Quadrants, therefore showed a sampling error 13.81%, while the method presented Prodan more costly with a sampling error of 18.73%.

KEYWORDS: Forest inventory, sample, sampling methods, volume.

INTRODUÇÃO

O homem necessita do uso de recursos florestais diariamente, para tanto, o conhecimento de sua quantificação e avaliação dos povoamentos florestais é a base para o planejamento do uso desses recursos. O inventário florestal surge com técnicas de estimação da produção vegetal, o qual pode ser realizado sob diferentes níveis de detalhamento.

De acordo com HUSCH *et al.*, (1993), os inventários florestais são procedimentos para obter informações sobre quantidades e qualidades dos recursos florestais e de muitas características das áreas sobre as quais as espécies estão crescendo.

Até poucos anos atrás, os inventários de florestas nativas no Brasil eram realizados por meio de simples levantamentos do estoque de indivíduos de grande porte, susceptíveis de serem explorados, resultando numa visão incompleta e por vezes distorcida da verdadeira condição de desenvolvimento da floresta (REIS *et al.*, 1994). Com o passar do tempo e a evolução tecnológica, passou-se a utilizar ferramentas sofisticadas de apoio. Dentre estas, pode ser citada a utilização de fotografias aéreas, (satélites, sensores aerotransportados e vídeo), a utilização do sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global) e do SIG (Sistema de Informações Geográficas), assim como o desenvolvimento da computação, envolvendo toda a tecnologia da informação para processamento e análise dos dados levantados (SANQUETTA *et al.*, 2006).

Os métodos de amostragem, segundo SILVA *et al* (2007), significa a abordagem da população referente a uma única unidade amostral. Esta abordagem da população pode ser feita através dos métodos de: Área Fixa, de Bitterlich, de Strand, de Prodan, de 3-P, Quadrantes, entre outros.

O objetivo do presente trabalho foi a comparação da exatidão das estimativas volumétricas de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, utilizando os métodos de Quadrantes e Prodan.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um povoamento florestal de *Eucalyptus grandis* com idade de 8 anos, implantado no espaçamento 3x2 m, destinado para produção de celulose, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus São João Evangelista – MG, localizado na região Centro Nordeste do Estado de Minas Gerais, com uma área de 478,82 km², e população aproximada de 16.254 habitantes (IBGE, 2010) situada na bacia hidrográfica do Rio Doce (sub bacia do Suaçuí Grande), região Centro Nordeste do Estado de Minas Gerais. O clima predominantemente nesta região é do tipo tropical, com inverno seco e estação chuvosa no verão, apresentando uma temperatura média mínima de 22 e média máxima de 27°C por ano, precipitação média anual de 1.180 mm e a altitude média de 680 m.

Primeiramente foram instalados aleatoriamente 10 pontos de amostragem, utilizando-se o método de Quadrantes e Prodan. A instalação dos pontos de Quadrantes foi feita simultaneamente à identificação das árvores incluídas em cada

Quadrante e a amostragem pelo método de Prodan. Porém, neste foram amostradas as seis árvores mais próximas ao ponto, independente do quadrante no qual estavam situadas.

Os pontos foram instalados, considerando as linhas de amostragem. A distância mínima entre os pontos de Quadrantes e Prodan foram de 30 m, sendo a primeira parcela em cada linha de amostragem. Em todas as unidades amostrais os indivíduos tiveram o DAP medido e sua altura estimada..

Em cada unidade amostral, os diâmetros foram tomados a 1,30m acima do nível do solo (altura do peito- DAP) e foram medidos com o auxílio de uma suta. As alturas foram estimadas com o auxílio de um hipsômetro (Clinômetro).

Para a estimativa do volume individual da população em estudo utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{LnVcc} = -9,72622 + 2,05706 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0,76944 * \text{Ln}(\text{Ht})$$

Para a obtenção da estimativa pelo método de Quadrantes COTTAN e CURTIS (1956) propuseram uma fórmula cuja estimativa central é a densidade, considerando a distância ponto-indivíduo média para calcular a área ocupada por cada árvore, com base num espaçamento. Desse modo a densidade total por área pode ser obtida a partir da seguinte fórmula:

$$\text{DTA Cottan e Curtis} = [10000 / (i - \text{Ln}M^2/n)]$$

D_{TA} = Densidade total por área (numero de indivíduos /ha);

M^2 = Distância ponto - indivíduo média;

N = Número total de pontos amostrais instalados;

I = Ponto amostral.

A obtenção da estimativa pelo método de Prodan foi obtida por meio da seguinte fórmula:

a) Área basal

$$G = (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_6^2 / 2) / R_6^2 * 2500$$

Onde: R_6 = raio da sexta árvore medida.

b) Numero de árvores por hectare

$$N/\text{ha} = (5,5) * (10.000) / \pi R^2$$

c) Raio da sexta árvore

$$R_6 = a_6 + 1/6 * d_6$$

Onde: a_6 = distância do centro da unidade até a sexta árvore.

Com o auxílio do programa software, Microsoft Excel 2007, foram obtidos os volumes estimados pelo método de Quadrantes para os estimadores de COTTAN & CURTIS (1956) e o volume obtido pelo método de Prodan.

Com base nos volumes obtidos a partir dos 10 pontos amostrais por método, foi possível através dos parâmetros estatísticos da amostragem casual simples calcular a média estimada (m^3), variância da média (m^3)², erro padrão da média (m^3), erro de amostragem (%), intervalo de confiança (m^3), estimativa do volume total da população (m^3/ha).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podem ser observados os valores de número de árvores por hectare (N/ha) e volume por hectare (V/ha) estimado a partir do método de Prodan.

No método de Prodan o povoamento em estudo proporcionou um número de árvores por hectare médio de 1044 árvores. O espaçamento do talhão mensurado é de 3x2m resultando em um número de árvores por hectare de 1.667 sendo este valor considerado o valor real de árvores por hectare. O número de árvores estimado pelo método de Prodan subestimou o real valor de espaçamento de plantio.

Tabela 1: Número de árvores e volume por hectare estimado pelo método de Prodan

Unidade de amostra	N/ha	V/ha
1	1838,039	333,9833
2	878,1608	218,1645
3	1220,266	258,1253
4	870,5404	187,5503
5	1003,072	200,4026
6	835,4353	143,7431
7	1055,071	237,7163
8	946,1873	165,8358
9	767,6783	136,7131
10	1028,142	180,1137

Na Tabela 2 observa-se os valores de número de árvores por hectare (N/ha) e volume por hectare (V/ha) estimados a partir do método de Quadrantes. O número de árvores por hectare estimado pelo método de Quadrantes foi de 1080. Sendo que, esta estimativa também subestimou o real valor de plantio pelo espaçamento implantado, porém, melhor se aproximou do número de árvores representantes do espaçamento de plantio, quanto se relaciona com o método de Prodan.

Tabela 2: Número de árvores e volume/ha estimados pelo método de Quadrantes.

Unidade de amostra	V m³/ha	DTA
1	216,3441	1008,022
2	218,8983	1019,923
3	243,0691	1132,543
4	306,6453	1428,767
5	187,3004	872,6976
6	198,2097	923,5279
7	302,3947	1408,962
8	232,4392	1083,015
9	235,6477	1097,965
10	177,9165	828,9748

Os valores obtidos através dos parâmetros avaliados para os métodos de amostragem em estudo estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros avaliados pelos métodos de amostragem; Volume Médio (m³/ha); Variância, em m³/ha (S²); Desvio Padrão, em m³/há (S); Coeficiente de Variação, em % (CV); Tamanho da Amostra, com erro admissível de 20% (n20%); Erro-padrão da Média, em m³ (S_□); Erro de Amostragem, em % (E%).

Estimativa dos parâmetros	Prodan	Quadrantes
Volume médio (m³/ha)	206,2348	231,8865
S² (m³/ha)²	3509,0772	1904,8895
S (m³/ha)	59,2374	43,6461
CV (%)	28,7333	18,8221
n20%	10,5534	4,5317
S _□ (m³)	18,7325	13,8121
E (%)	20,5439	13,4636

As estatísticas apresentadas na Tabela 3 demonstram que o método de Quadrantes estimou um maior volume por hectare em relação ao método de Prodan. Quando se compara variância, desvio-padrão e coeficiente de variação, o método de Prodan proporciona dados mais dispersos em torno da média que o método de Quadrantes, ou seja, as estimativas do método de Prodan resultaram em uma maior variação.

Mas, quando se relaciona eficiência do método de inventário levando em consideração a precisão requerida e exatidão das estimativas volumétricas, o método de Prodan se torna oneroso, por apresentar um erro de amostragem de 18,73% (como descrito na Tabela 3). Vale destacar que este método necessitaria de um número maior de unidades de amostragem para satisfazer a precisão requerida como é demonstrado claramente na Tabela 3. Comparando ainda as estimativas apresentadas na Tabela 3, o método de amostragem de Quadrantes proporcionou resultados mais eficientes devido uma melhor confiabilidade das estimativas volumétricas. Isto ocorre devido ao número menor de unidades amostrais (pontos de amostragem) necessários para satisfazer uma determinada precisão requerida de 20% (Tabela 3), além de sua precisão satisfatória, como já discutida.

Comparando através de um estudo os métodos de amostragem de Prodan e Bitterlich quanto a eficiência no inventário florestal em um povoamento de *Eucalyptus sp.* GOMES *et al* (2011) observaram que os métodos avaliados apresentaram mesma eficiência para estimativa do volume, Quanto ao tempo os métodos não diferiram, mas o método de Prodan foi mais exato e cobriu melhor a área.

Testando a influência do padrão espacial sobre a estimativa de densidade arbórea do método de quadrantes GORENSTEIN *et al* (2007) concluíram que o método de quadrantes superestima a densidade em florestas com padrão regular, e subestima a densidade em florestas com padrão agrupado.

Comparando métodos de Quadrantes e Prodan para análise florística, fitossociológica e volumétrica BRITO *et al* (2007), observaram que para análise florística o método de Prodan apresentou-se maior número de famílias, espécies e gêneros mostrando-se mais eficiente que o método de Quadrantes. Para a análise fitossociológica os dois métodos foram representativos. Para os estudos volumétricos o método de Quadrantes subestimou o volume total para os estimadores de COTTAN e CURTIS (1956). Já o método de Prodan apresentou o pior desempenho, subestimando o volume total, o mesmo resultado foi observado na presente estudo.

CONCLUSÃO

O método de Quadrantes proporcionou um erro-padrão da média e erro de amostragem menor que o método de Prodan. Estes parâmetros mostram que o método de Quadrantes foi o mais preciso no presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, A.; FERREIRA, M. Z.; 1, J. M. M.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Comparação entre os métodos de quadrantes e Prodan para análises florística, fitossociológica e volumétrica. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 399-405, 2007.

COTTAM, G.; CURTIS, J. T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, New York, v. 37, n. 3, p. 451-460, 1956.

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 Agrogeoambiental**, v. 3, p. 101-104, 2011.

GORENSTEIN, M. R.; BATISTA, J. L. F.; DURIGAN, G. Influência do padrão espacial sobre a estimativa de densidade arbórea pelo método de quadrantes: um estudo por meio de simulação de Monte Carlo. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 957-965, 2007.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3.ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993. 402 p.

IBGE. **CENSO 2010**. São João Evangelista: IBGE. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

REIS, A.; REIS, M.S.; FANTINI, A.C. **Manejo do Palmitreiro (*Euterpe edulis*) em Regime de Rendimento Sustentável**. Florianópolis, UFSC, 1994.

SILVA, A. G.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2007. 346p.: II. (Série Arborização Urbana; 5)

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CORTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V. **Inventários Florestais: planejamento e execução**. Curitiba: Multi-Graphic, 270 p. 2006.