

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE QUADRANTES E PRODAN PARA ANÁLISES FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLÓGICA E VOLUMÉTRICA

Alan de Brito¹, Maria Zélia Ferreira², José Márcio de Mello³, José Roberto Soares Scolforo³, Antônio Donizette de Oliveira³, Fausto Weimar Acerbi Júnior³

(recebido: 12 de abril de 2007; aceito: 26 de outubro de 2007)

RESUMO: Objetivou-se neste estudo comparar a exatidão das estimativas da composição florística, da análise fitossociológica e volumétrica, utilizando os métodos de quadrantes e de Prodan (1968). Além disso, objetivou-se comparar, para o método de quadrantes, os estimadores propostos por Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971). O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, Minas Gerais, onde foi inventariado 100% dos indivíduos com DAP maior ou igual a 5cm. Para a análise florística, o método de Prodan (1968) identificou um maior número de famílias (33), gêneros (64) e espécies (79), mostrando-se mais eficiente que o método de quadrantes (28 famílias, 52 gêneros e 63 espécies). Quanto à análise fitossociológica, os dois métodos foram eficientes para as espécies que apresentaram altos índices de valor de importância (IVI). Também apresentaram índices de diversidade e equabilidade semelhantes aos valores paramétricos. Para análise florística e fitossociológica os estimadores de Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971) apresentam os mesmos resultados. O método de amostragem por quadrantes, subestimou o volume total para os estimadores de Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971), sendo que o primeiro apresentou resultados mais próximos do valor paramétrico. O mesmo aconteceu para os volumes calculados por espécie. Já o método de Prodan (1968) apresentou o pior desempenho, subestimando o volume total, enquanto na estimativa do volume por espécie, esse superestimou os valores para espécies que apresentaram baixa dominância.

Palavras-chave: métodos de amostragem, método dos quadrantes, método de Prodan, análise florística, fitossociologia.

COMPARISON BETWEEN THE QUADRANTS AND PRODAN METHODS FOR FLORISTIC, PHYTOSOCIOLOGIC AND VOLUMETRIC ANALYSES

ABSTRACT: The objective of this study was to compare the exactness of the estimates of the floristic composition, of the phytosociologic and volumetric analyses, using the quadrants and Prodan (1968) methods. Moreover, it objectified to compare for the quadrants method the estimators considered for Cottan & Curtis (1956) and for Pollard (1971). The study was carried out in a Montane Semideciduous Seasonal Forest patch located in Lavras, Minas Gerais. For the floristic analysis, the Prodan (1968) method identified a larger number of families (33), genera (64) and species (79), revealing to be more efficient than the quadrants method (28 families, 52 genera and 63 species). Considering the phytosociologic analysis, both methods were representative for the species that had higher importance value index (IVI). Moreover, they presented similar diversity and equability indices when compared with the parametric values. For floristic and phytosociologic analyses, the estimators of Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971) presented the same results. The quadrants method, underestimate the total volume for the estimators of Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971), and the first one presented results closer to the parametric value. The same happened for the volumes calculated per species. The Prodan (1968) method presented the worst performance, underestimating the total volume, and overestimating the volume per species, that presented low dominance.

Key words: sampling methods, quadrants method, Prodan method, floristic analysis, phytosociology.

1 INTRODUÇÃO

A maneira economicamente viável de quantificar a diversidade de um ambiente ocorre por meio da amostragem. A escolha do método de amostragem em florestas nativas representa um dos maiores problemas encontrados ao se planejar os inventários florestais, já que do método

depende a precisão deles (SCOLFORO & MELLO, 1997).

Para Krebs (1999), uma análise representativa da população de estudo pode ser obtida quando se mede corretamente uma amostra. Por isso, a decisão sobre um método de amostragem deve ser fundamentada nas peculiaridades da população alvo e do objetivo da amostragem.

¹Mestrando em Engenharia Florestal no Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – alandebrito@hotmail.com.

²Engenheira Florestal, M.Sc – Veracel Celulose S/A – BA 275, Km 24 – Cx. P. 21 – 45.820-970 – Eunápolis, BA – maria.zelia@veracel.com.br.

³Professores do Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – josemarcio@ufla.br, scolforo@ufla.br, donizete@ufla.br, fausto@ufla.br.

A amostragem pode objetivar obter parâmetros florísticos, fitossociológicos e quantitativos (biomassa) de uma floresta para que se possam proporcionar diretrizes para uma política de conservação realista, bem como fornecer informações aplicáveis em diferentes campos do conhecimento. Destacam-se entre esses campos: manejo de áreas silvestres, recuperação de áreas degradadas, produção de sementes e mudas, identificação de espécies ameaçadas, avaliação de impactos, licenciamento ambiental, indicação correta de espécies para revegetação, determinação de endemismos, localização de espécies para prospecção química, determinação de espécies raras, identificação de habitats preferenciais das espécies, tomadas de decisão sobre ações de manejo para fins de conservação, entre outros.

Entre os métodos de amostragem mais utilizados para florestas nativas se encontram o método de parcelas de área fixa e o método de ponto quadrante (método baseado em distâncias). O método de Prodan (1968), também baseado em distâncias, não possui registro de utilização no Brasil.

Os métodos baseados em distâncias possuem vantagens sobre os métodos de parcelas de área fixa como o ganho de tempo em não se instalar parcelas; maior rapidez no campo permitindo que uma amostra de maior tamanho seja tomada, aumentando a precisão das estimativas; uma melhor cobertura espacial das unidades amostrais, o que permite uma maior representação da floresta e um maior conhecimento da mesma pelas pessoas que realizam o levantamento (MOSCOVICH et al., 1999).

Mitchell (2001) recomenda o método de quadrantes - ou ponto quadrante - como uma metodologia eficiente, por produzir resultados confiáveis, quando comparado com o método de parcelas. Segundo Martins (1993), o método de parcelas apresenta-se superior ao método de quadrantes, no que diz respeito à avaliação quantitativa e variabilidade dos parâmetros estimados, bem como à distribuição espacial dos indivíduos da população.

Dentro desse exposto, o presente estudo objetivou comparar a exatidão das estimativas da composição florística, da análise fitossociológica e volumétrica, utilizando os métodos de quadrantes e de Prodan (1968); comparar para o método de quadrantes os estimadores propostos por Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras, Lavras, sul

de Minas Gerais, com coordenadas geográficas de 21°13'40"S e 44°57'50"W, altitude média de 935 m e área total de 5,825 hectares. O tipo climático, segundo a classificação de Köppen, é Cwb (mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno). A temperatura média é de 19,4°C e a precipitação anual média é de 1530 mm. A média pluviométrica mensal na estação chuvosa (dezembro a fevereiro) é de 254 mm e na estação seca (maio a julho) é de 25 mm (DNMET, 1992). Os solos são do tipo Latossolo roxo distrófico (epialico), textura muito argilosa (CURI et al., 1990). O relevo do interior do remanescente é levemente ondulado, com declividade variando entre 5 e 15%. A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana com dossel emergente (Fme), de acordo com o sistema de classificação da FIBGE (VELOSO et al., 1991).

A reserva foi dividida em 125 parcelas de área fixa. Todos os indivíduos com diâmetro a 1,30 metros do solo, maior do que 5 cm, foram mensurados em todas as parcelas. A partir desta mensuração foi possível conhecer os parâmetros das características avaliadas.

Com as parcelas anteriormente demarcadas e instaladas (20 x 20 metros), instalaram-se os pontos quadrantes no limite delas, distantes entre si 15 metros. A bússola foi utilizada para demarcar a linha limite entre parcelas e alocar aí os pontos. Das estacas divisórias das parcelas, visualizava-se uma linha abscissa e outra ordenada. Nessa linha era posicionada uma cruz de madeira no alinhamento da trilha de caminhamento que auxiliava na demarcação dos quadrantes e dividia a área ocupada pelo ponto (300 m²) em quatro quadrantes. Em cada quadrante foi medida a distância do ponto amostral à árvore mais próxima, identificada a espécie arbórea e medida a circunferência à altura do peito (CAP), com o auxílio de uma trena, com precisão de centímetros. Mediu-se a distância do ponto ao centro da árvore, para estimativa de densidade de árvores por hectare. Foram instalados 135 pontos na grade de amostragem, excluindo-se os pontos que se encontravam nas bordas do fragmento. A instalação dos pontos quadrantes foi feita simultaneamente à identificação das árvores incluídas em cada quadrante e à amostragem pelo método de Prodan (1968). Porém, nesse foram amostradas as seis árvores mais próximas ao ponto, independente do quadrante no qual estavam situadas.

Os esquemas de amostragem para os métodos de quadrantes e Prodan (1968) estão ilustrados na Figura 1.

A composição florística foi estudada a partir da listagem de famílias, de gêneros e de espécies. Utilizou-se

para a obtenção das estimativas de índices fitossociológicos, a densidade, frequência, dominância e índice de valor de importância, conceitos esses propostos por (MÜELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). No método de quadrantes, a estimativa da densidade da floresta foi baseada em dois estimadores, um proposto por Pollard (1971) e outro por Cottan & Curtis (1956). A partir da amostragem utilizando o método de quadrantes, as informações coletadas em campo permitiram calcular a densidade de indivíduos através do estimador de Cottan & Curtis (1956) e pelo estimador de Pollard (1971).

Cottan & Curtis (1956) propuseram um estimador cuja estimativa central é a da densidade, considerando a distância ponto-indivíduo média para calcular a área média ocupada por cada árvore, com base num espaçamento “quadrado”. Desse modo a densidade de indivíduos por área foi obtida a partir da seguinte fórmula:

$$DP_{(Cottan \ \& \ Curtis)} = \left[10000 / \left(\sum_{i=1}^n M^2 / n \right) \right]$$

onde:

n = número total de pontos amostrais instalados;
 DP = densidade, representada pelo número de indivíduos por hectare;
 M^2 = distância média ponto-indivíduo.

Porém, Pollard (1971), sugeriu o uso de um outro estimador, sem viés, que encontra a área média ocupada por cada indivíduo, considerando uma área circular ao redor do ponto onde ocorrem os indivíduos amostrados.

$$DP_{(Pollard)} = \left(\frac{4(4n-1)}{\pi \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 r_{ij}^2} \right) \times 10000$$

onde:

r_{ij} = distância do ponto i ($i = 1,2,3,\dots,n$) à árvore mais próxima no quadrante j ($j = 1,2,3,4$);
 n = número total de pontos amostrais instalados;
 DP = densidade, representada pelo número de indivíduos por hectare.

Partindo dos dados coletados do censo foi definida a densidade de indivíduos por área, já que todos os indivíduos foram mensurados.

Para estimar a diversidade e a equabilidade da área em estudo, fez-se uso do índice de diversidade de Shannon - Wiener e do índice de equabilidade de PIELOU. As fórmulas seguem:

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

onde:

H' = índice de diversidade de Shannon - Wiener;
 n_i = número de indivíduos da espécie i na amostra;
 N = número total de indivíduos na amostra;
 \ln = logaritmo neperiano (base e).

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

onde:

J' = índice de equabilidade de Pielou;

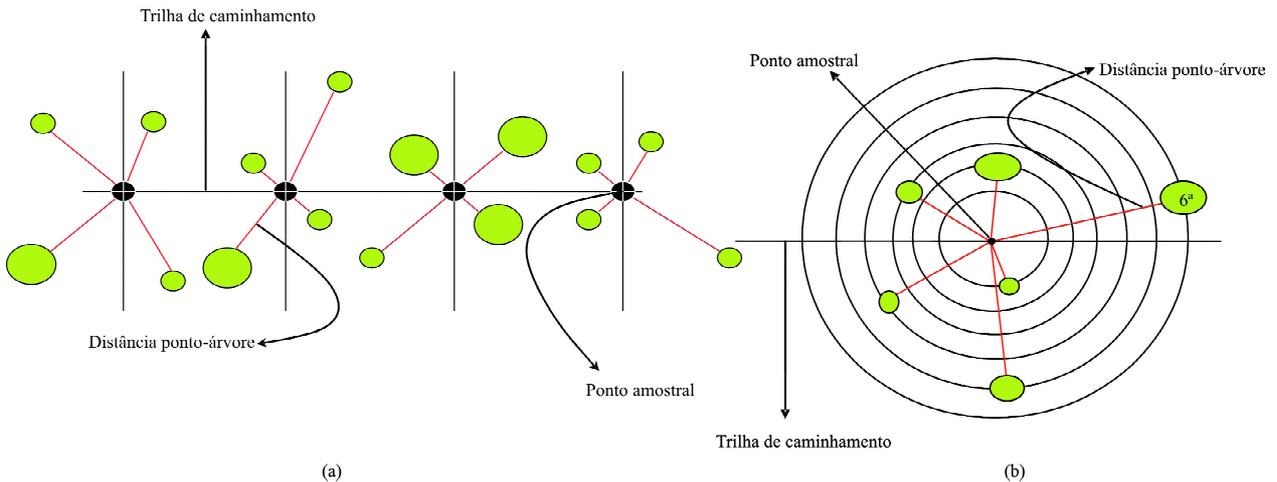


Figura 1 – Esquema de amostragem pelos métodos de quadrantes (a) e Prodan (1968) (b).

Figure 1 – Sampling scheme used on the quadrants and Prodan (1968) methods.

H' = índice de diversidade de Shannon – Wiener;
 S = número total de espécies presentes na amostra;
 \ln = logaritmo neperiano (base e).

Para a análise volumétrica calculou-se a densidade dos indivíduos que apresentaram maior IVI. A equação volumétrica utilizada foi ajustada por Rocha (2003), para a mesma região em estudo. Ela está apresentada abaixo, assim como seu coeficiente de determinação.

$$V = 0,005698 - 0,002700 \cdot (d_i) + 0,0005226 \cdot (d_i^2)$$

$$R^2 = 0,9174$$

Foram obtidos os volumes: total (censo), volume estimado pelo método de quadrantes para os estimadores de Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971) e o volume obtido pelo método de Prodan (1968). Para cálculo do erro foi tomado por base o volume real obtido pelo censo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise florística o número de indivíduos amostrados pelo método de quadrantes e pelo método de Prodan (1968) representaram, respectivamente, 5,14 % e 8,30 % dos indivíduos obtidos pela ocasião do censo. Avaliando-se os dados florísticos obtidos a partir do método de quadrantes observa-se que foram amostrados 482 indivíduos, que representam 63 espécies, 52 gêneros e 28 famílias. Pelo método de Prodan (1968) foram amostrados 778 indivíduos, representando 79 espécies, 64 gêneros e 33 famílias. Já pelos dados obtidos a partir do censo, foram encontradas 176 espécies, 119 gêneros e 53 famílias. Esses resultados podem ser melhor visualizados na Figura 2.

As três primeiras famílias em percentuais de número de espécies foram as mesmas quando comparados os dados obtidos pelo censo e pelo método de quadrantes. Já pelo método de Prodan (1968), as duas primeiras famílias foram as mesmas, porém com ordem trocada. Ambos os métodos representaram 70% das dez principais famílias em porcentagem de espécies. Sistemáticamente, os métodos dos quadrantes e de Prodan (1968) subestimaram o número de famílias, gêneros e espécies. Em termos de espécies e gêneros, a subestimativa foi ao redor de 50%.

As curvas do coletor, para os métodos de quadrantes e Prodan, (1968) mostraram que o número de espécies encontradas com o aumento do número de pontos amostrais se tornou praticamente estável e que elas apresentam semelhanças, como um crescimento mais lento na inclusão de novas espécies a partir do 27º ponto amostral, sofrendo um leve aumento a partir do 90º ponto (Figura 3).

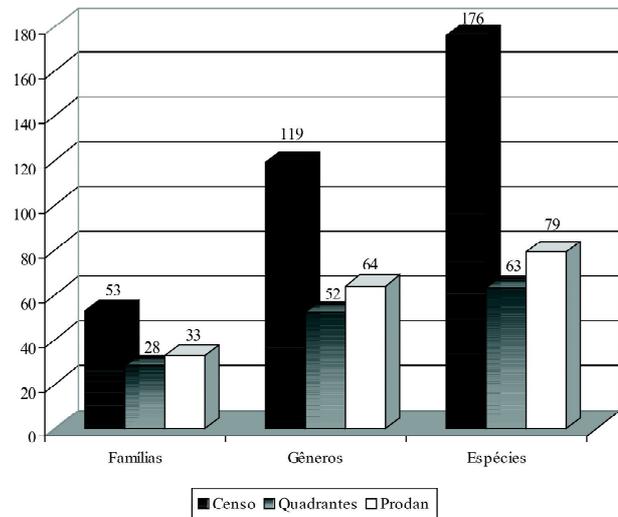


Figura 2 – Número de famílias, gêneros e espécies encontrados pelo censo, método de quadrantes e método de Prodan (1968).

Figure 2 – Number of families, genera and species found in the census, and in the quadrants and Prodan (1968) methods.

Na análise do índice de diversidade de SHANNON - WIENER, o censo gerou um valor de 3,68 nats/ind., o método de quadrantes de 3,45 nats/ind. e o método de Prodan (1968) o de 3,53 nats/ind. (Figura 4). A utilização do método de Prodan (1968) mostrou-se mais adequada, por mais se aproximar do valor encontrado pelo censo. Porém, o método de quadrantes mostrou-se também satisfatório para o cálculo desse índice, uma vez que se aproximou do valor encontrado pelo censo e, possui vantagens como a facilidade e rapidez do procedimento de campo. O índice de equabilidade de PIELOU encontrado pelos dados referentes ao censo foi de 0,73, enquanto o do método de quadrantes foi de 0,85. Para o método de Prodan (1968), o índice assume um valor de 0,83. Nota-se que os valores encontrados para os dois métodos não apresentam variação considerável, demonstrando-se adequados para esse tipo de análise. Evidenciou-se que os métodos testados são eficientes para avaliação da diversidade florística, conforme descrito por Martins (1993).

A análise fitossociológica mostrou que os dois métodos de amostragem representaram, de maneira adequada, as espécies com alto valor de importância. O método de quadrantes retratou oito das dez espécies em índice de valor de importância, enquanto o método de Prodan (1968) retratou sete (Figura 5), quando comparados ao censo. Portanto, o método de quadrantes mostrou-se superior ao de Prodan (1968).

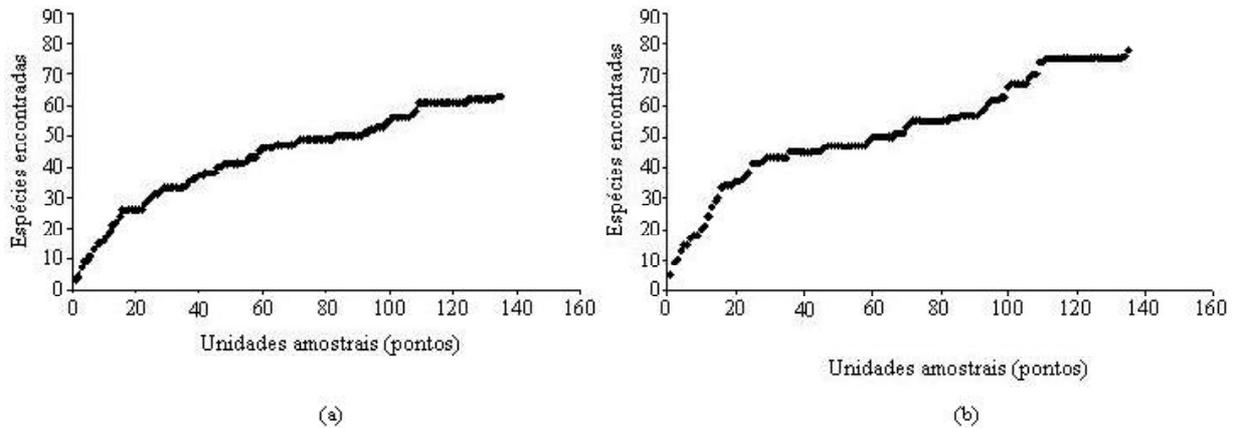


Figura 3 – Curva do coletor do número de espécies em função do número de pontos amostrais para o método de quadrantes (a) e método de Prodan (1968) (b).

Figure 3 – Collector curve of the number of species considering the number of sampling points for the quadrants (a) and Prodan (1968) (b) methods.

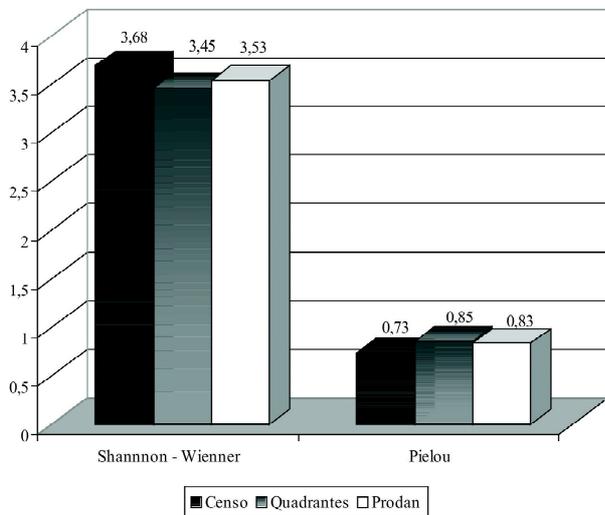


Figura 4 – Índice de diversidade de Shannon - Wiener e de equabilidade de Pielou obtidos através do censo, método de quadrantes e método de Prodan (1968).

Figure 4 – Shannon-Wiener diversity index and Pielou equability index calculated using the census, and the quadrants and Prodan (1968) methods.

Na análise volumétrica, o método de amostragem por quadrantes subestimou o volume total da floresta em 10 e 13 %, para os estimadores de Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971), respectivamente, sendo que o primeiro apresentou resultados mais próximos do valor paramétrico

(Figura 6). O mesmo aconteceu para os volumes calculados por espécie. Já o método de Prodan (1968) apresentou o pior desempenho, subestimando o volume total, enquanto na estimativa do volume por espécie, esse superestimou os valores para espécies que apresentaram baixa dominância. As espécies que apresentaram maiores erros percentuais, pelos métodos de quadrantes com estimador de Cottan & Curtis (1956), quadrantes com estimador de Pollard (1971) e para o de Prodan (1968), quando comparado seus volumes aos obtidos pelo censo foram: *Amaioua guianensis*, *Casearia arborea* e *Siparuna arianeae*. Esse fato tem relação com a baixa dominância apresentada pelos indivíduos dessas espécies: *Amaioua guianensis* com dominância relativa de 2,57% , *Casearia arborea* com 2,28% e *Siparuna arianeae* com 1,25% - sendo essas as menores entre as dez. O método de quadrantes, quando utilizado o estimador de Cottan & Curtis (1956), foi o que melhor estimou o volume por hectare das dez espécies (102,52 m³/ha), aproximando-se melhor dos valores obtidos pelo censo (113,81 m³/ha). Esse foi seguido pelo método de quadrantes com estimador de Pollard (1971) com 99,23 m³/ha e, posteriormente, pelo método de Prodan (1968) com 82,11 m³/ha.

4 CONCLUSÕES

Para a análise florística, a amostragem utilizando o método de Prodan (1968) identificou um maior número de famílias, gêneros e espécies, mostrando-se mais eficiente que o método de quadrantes.

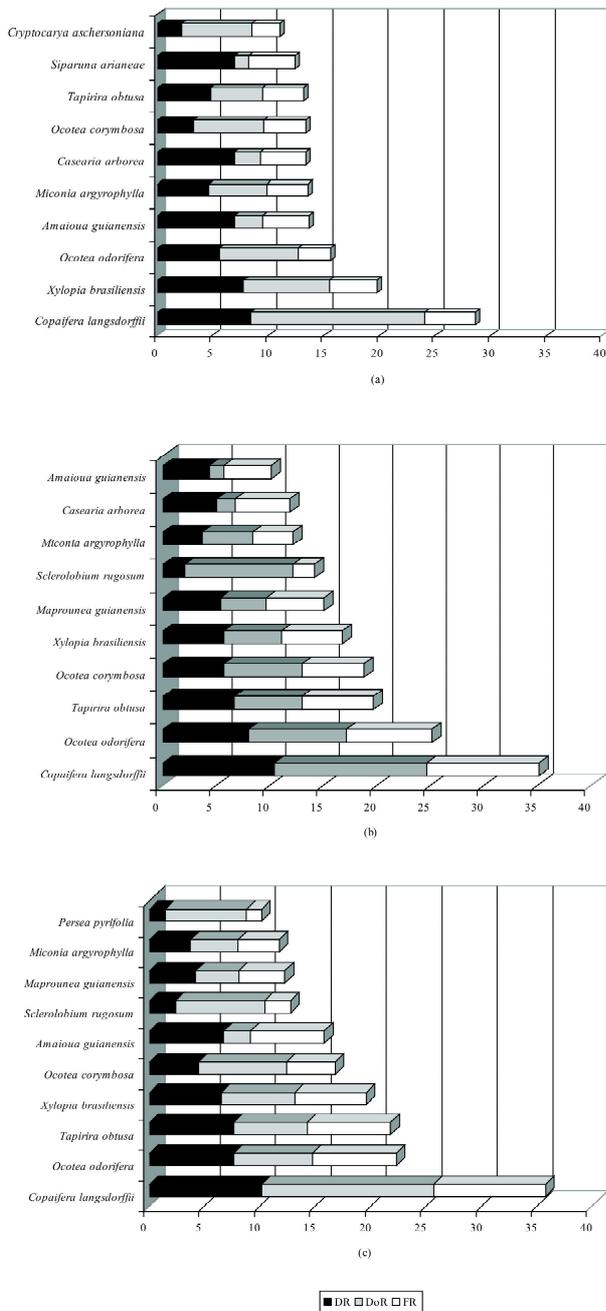


Figura 5 – Gráficos com as dez espécies com maior IVI obtido através do censo, método de quadrantes (a) e método de Prodan (1968) (b).

Figure 5 – Graphics showing the ten species with the highest IVI calculated using the census, and the quadrants (a) and Prodan (1968) (b) methods.

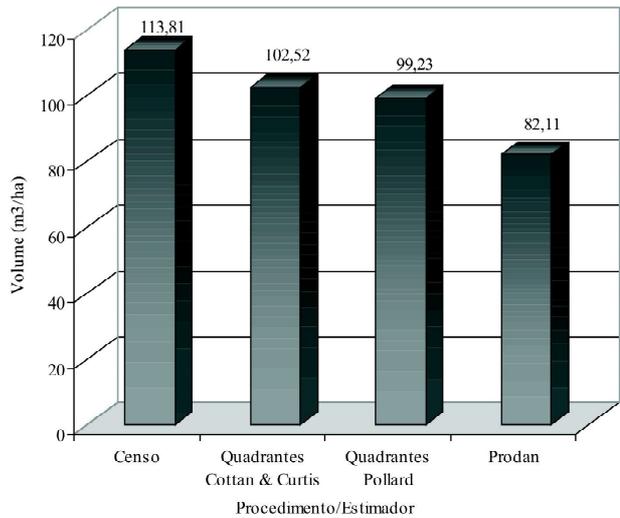


Figura 6 – Volume total (m^3/ha) para o censo, método de quadrantes (estimadores de Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971)) e método de Prodan (1968).

Figure 6 – Total volume (m^3/ha) for the census, quadrants method (with Cottan & Curtis (1956) and Pollard (1971) estimators) and Prodan (1968) method.

Quanto à análise fitossociológica, os dois métodos – quadrantes e Prodan (1968) - foram representativos para as espécies que apresentaram altos índices de valor de importância, além de apresentar índices de diversidade e equabilidade semelhantes aos valores paramétricos.

Para estudos volumétricos, o método de amostragem por quadrantes subestimou o volume total para os estimadores de Cottan & Curtis (1956) e Pollard (1971), sendo que o primeiro apresentou resultados mais próximos do valor paramétrico. O mesmo aconteceu para os volumes calculados por espécie. Já o método de Prodan (1968) apresentou o pior desempenho, subestimando o volume total, enquanto na estimativa do volume por espécie, esse superestimou os valores para espécies que apresentaram baixa dominância.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CURI, N.; LIMA, J. M.; ANDRADE, H.; GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). *Ciência e Prática*, Lavras, v. 14, p. 297-307, set./dez. 1990.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília, DF, 1992. 132 p.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. 2. ed. Menlo Park: A. W. Longman, 1999. 620 p.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Unicamp, 1993. 246 p.

MITCHELL, K. **Quantitative analysis by the point-centered quarter method**. Geneva: Department of Mathematics and Computer Science, 2001. Disponível em: <<http://people.hws.edu/Mitchell/PCQM.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2004.

MOSCOVICH, F. A.; BRENA, A. B.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucária angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 173-191, 1999.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods**

of vegetation ecology. New York: J. Wiley & Sons, 1974.

POLLARD, J. H. On distance estimators of density in randomly distributed forests. **Biometrics**, Washington, v. 27, n. 4, p. 991-1002, 1971.

PRODAN, M. **Forest biometrics**. New York: Pergamon, 1968. 447 p.

ROCHA, F. T. **Levantamento florestal na Estação Ecológica dos Caetetus como subsídio para laudos de desapropriação ambiental**. 2003. 156 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 561 p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.