

**MÉTODOS DE AMOSTRAGEM NO LEVANTAMENTO DA  
COMUNIDADE ARBÓREA EM FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL**

**MAURICIO ROMERO GORENSTEIN**

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre  
em Ciências, Área de Concentração: Ciências  
Florestais.

**PIRACICABA**  
Estado de São Paulo – Brasil  
Fevereiro - 2002

**MÉTODOS DE AMOSTRAGEM NO LEVANTAMENTO DA  
COMUNIDADE ARBÓREA EM FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL**

**MAURICIO ROMERO GORENSTEIN**

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **JOÃO LUIS FERREIRA BATISTA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre  
em Ciências, Área de Concentração: Ciências  
Florestais.

**PIRACICABA**

Estado de São Paulo – Brasil

Fevereiro - 2002

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Gorenstein, Mauricio Romero

Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea  
em floresta estacional semidecidual / Mauricio Romero Gorenstein. - -  
Piracicaba, 2002.

92 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz, 2002.

Bibliografia.

1. Amostragem – métodos 2. Comunidades vegetais 3. Florestas 4.  
Populações vegetais I. Título

CDD 634.9

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

Aos meus pais Ossir e Carmen, pela minha  
formação pessoal.

As minhas irmãs Maria Clara e Mariana pela  
convivência.

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. João Batista pela orientação e ajuda nas análises e interpretações dos dados.

Ao Prof. Dr. Ricardo Rodrigues por sugerir o tema e pela coorientação durante o projeto.

À Pesquisadora Dra. Giselda Durigan pela coorientação e ajuda nos dados de simulação.

Ao Pesquisador Geraldo Franco na ajuda pela identificação do material botânico e interpretação dos dados.

Ao Auxiliar de Campo Edivaldo Furlan na coleta dos dados.

Aos colegas do Laboratório de Métodos Quantitativos

Aos colegas do curso de mestrado do Depto. de Ciências Florestais ESALQ-USP.

Aos colegas Alessandra Penha e André Stela pela ajuda no campo.

Aos funcionários da Estação Ecológica dos Caetetus: Sr. Teodoro, Douglas e pela ajuda no campo e no alojamento.

Ao Prof. Dr. Antônio Natal pelas ajudas nos momentos em que precisei.

Aos funcionários do LCF-ESALQ/USP pelo atendimento.

À CAPES pela bolsa de estudos.

## SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3 SELEÇÃO DO FATOR DE ÁREA BASAL PARA A AMOSTRAGEM DA COMUNIDADE ARBÓREA DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS CAETETUS, GÁLIA - SP, ATRAVÉS DO MÉTODO DE BITTERLICH .....	10
Resumo.....	10
Summary.....	11
3.1 Introdução.....	11
3.2 Material e Métodos.....	14
3.2.1 Caracterização da área de estudo.....	14
3.2.2 Procedimento de campo.....	16
3.2.3 Caracterização da comunidade arbórea.....	19
3.2.4 Análise dos procedimentos de campo.....	22
3.3 Resultados e Discussão.....	23
3.3.1 Densidade da floresta.....	23
3.3.2 Riqueza e diversidade.....	25
3.3.3 Índices fitossociológicos.....	26
3.3.4 Tempo de amostragem.....	29
3.3.5 Influência da visibilidade das árvores.....	32
3.3.6 Esforço amostral.....	33

3.4 Conclusões.....	36
4 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE PARCELA DE ÁREA FIXA, PONTOS QUADRANTES E PONTOS DE BITTERLICH PARA A AMOSTRAGEM DA DIVERSIDADE ALFA DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS CAETETUS, GÁLIA,SP.....	37
Resumo.....	37
Summary.....	38
4.1 Introdução.....	39
4.2 Material e Métodos.....	41
4.2.1 Caracterização da área de estudo.....	41
4.2.2 Delineamento amostral.....	43
4.2.3 Procedimento de campo.....	44
4.2.4 Cálculo dos índices quantitativos .....	45
4.3 Resultados e Discussão.....	47
4.3.1 Delineamento amostral.....	47
4.3.2 Riqueza e diversidade.....	48
4.3.3 Espécies dominantes.....	49
4.3.4 Esforço amostral.....	50
4.4 Conclusões.....	52
5 PADRÃO ESPACIAL DE FLORESTAS E AMOSTRAGEM POR QUADRANTES: UM ESTUDO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.....	54
Resumo.....	54
Summary.....	55
5.1 Introdução.....	56
5.2 Material e Métodos.....	58
5.2.1 Níveis de densidade e padrões espaciais.....	58
5.2.2 Grades de amostragem.....	66
5.2.3 Simulação de amostragem.....	67
5.3 Resultados e Discussão.....	68

5.3.1 Completa aleatoriedade espacial.....	68
5.3.2 Florestas com padrão espacial regular.....	68
5.3.3 Florestas com padrão espacial agrupado.....	71
5.4 Conclusões.....	73
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	74
ANEXOS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87



# **MÉTODOS DE AMOSTRAGEM NO LEVANTAMENTO DA COMUNIDADE ARBÓREA EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Autor: MAURICIO ROMERO GORENSTEIN

Orientador: Prof. Dr. JOAO LUIS FERREIRA BATISTA

## **RESUMO**

Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual foram comparados. Primeiro foi testado o método de Bitterlich a fim de selecionar o fator de área basal mais adequado para o estudo da comunidade arbórea. O critério de inclusão adotado foi todas as árvores com DAP > 10 cm. Os fatores de área basal de 2, 3 e 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> amostraram 596, 408 e 297 indivíduos e 59, 57 e 50 espécies, respectivamente. As estimativas de área basal, DAP médio, diversidade e equabilidade não apresentaram diferenças significativas. O fator de área basal igual a 3 foi selecionado porque mostrou melhor resultado em relação ao tempo gasto e facilidade de campo. Em uma segunda análise, os métodos de parcelas de área fixa (100 parcelas contíguas), pontos quadrantes e pontos de Bitterlich foram comparados para o levantamento da comunidade arbórea. O critério de inclusão adotado foi todas as árvores  $\geq 10$ cm. As 100 parcelas contíguas de 10x10m amostraram 59 espécies. Os 177 pontos de quadrantes amostraram 69 espécies e os 45 pontos de Bitterlich (fator de área basal = 3 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>) amostraram 57 espécies. *Ocotea indecora* foi favorecida pelo método de Bitterlich. O método de Bitterlich apresentou dificuldades no

trabalho de campo devido a falta de visibilidade em alguns pontos. Entretanto esse método apresentou melhor resultado na amostragem de espécies quando o esforço amostral é analisado por unidades amostrais. O método de quadrantes foi melhor na análise do esforço amostral por tempo. Na terceira análise o efeito de desvios da completa aleatoriedade espacial sobre a estimativa de densidade produzida pelo método de quadrantes foi analisada através de simulação de Monte Carlo. Foram geradas florestas hipotéticas com padrão espacial regular e agrupado com diferentes densidades. O efeito do tamanho da amostra também foi analisado, porém não mostrou efeito significativo na redução do viés. Os valores de viés relativo da estimativa da densidade variaram desde +70,3% (florestas regulares) até -75,7% (florestas fortemente agrupadas). A densidade de árvores não causou efeito na estimativa do viés, com exceção para as florestas completamente aleatórias e regulares em *lattice* aleatorizado. O método de quadrantes superestima a densidade arbórea para as florestas com padrão regular e subestima a densidade para as florestas com padrão espacial agrupado. É importante saber a priori o padrão espacial da floresta a fim de se aplicar o método de quadrantes e saber interpretar os seus resultados.

## **SAMPLING METHODS FOR SURVEYING IN TREE SPECIES COMMUNITY IN A SEMIDECIDUOUS FOREST**

Author: MAURICIO ROMERO GORENSTEIN

Adviser: Prof. Dr. JOÃO LUIS FERREIRA BATISTA

### **SUMMARY**

Sampling methods for surveying in tree species community in a semideciduous forest were compared. First was applied the angle count sampling method and select the best basal area factor to study the tree community. The criterion of inclusion adopted was all trees with DBH  $\geq 10$ cm. The basal factors 2, 3 and 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> sampled 596, 408 and 297 individuals and 59, 57 and 50 species. The estimates of basal area, mean DBH, density, diversity and equability are not significantly different among basal area factors. The basal area factor 3 was selected because showed better performance in terms of time spent and field operation. In a second analysis three sampling methods were compared for survey tree species community: fixed area plot (100 contiguous plots), point centered quarter method and Bitterlich method. The criterion of inclusion adopted was all trees with DBH  $\geq 10$ cm. The 100 contiguous plots of 10x10m showed 59 species. The 177 centered quarter method sampled 69 species and the 45 angle count points (basal area factor = 3 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) showed 57 species. *Ocotea*

*indecora* was favored by the Bitterlich method. Bitterlich method presented difficulty in field operation due to the lack of visibility in some sample points. However it better presented performance in the sampling of species in the amostral effort for plots. The centered quarter method was better in the amostral effort for time. In a third analysis the effect of deviation from the complete spatial randomness on point centered quarter method estimate of forest density was analysed through Monte Carlo simulation of hypothetical forests with regular and clustered spatial patterns and with diferent densities. The influence of sample size was also analysed, but showed no marked effect on estimation biases. The relative bias on the tree density estimation varied from +70.3% (regular lattice spatial pattern) to -75.7% (strongly clustered spatial pattern). Tree density did not affected estimation bias, except for completely spatial pattern and randomized regular *lattice* pattern. Point-centered quarter method overestimate (positive bias) tree density for regular patterns and underestimate (negative bias) for clustered patterns. Knowledge of tree spatial pattern in a forest is necessary for correct implementation and results interpretation in this method.

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das espécies florestais, e de suas relações com os meios abiótico e biótico, possibilita a conservação da biodiversidade e a produção econômica e sustentável.

O estudo de comunidades florestais faz-se factível através da aplicação de métodos de amostragem estatística aos povoamentos florestais.

Foram estudados o método de parcelas de área fixa e o método de pontos quadrantes, utilizados em estudos fitossociológicos, como também, o método de Bitterlich, comumente empregado em inventários florestais, mas pouco aplicado a medições de diversidade.

Os objetivos do presente trabalho foram testar e comparar a aplicação dos métodos de amostragem estatística citados para a caracterização de uma determinada comunidade florestal. Assim, os resultados obtidos, derivados de uma mesma área, permitiram assinalar as diferenças decorrentes da aplicação de cada método, e deste modo, as discussões atuais sobre os métodos de amostragem aplicados à caracterização da diversidade ganham nova contribuição.

A área escolhida para coleta dos dados esta localizada na Estação Ecológica dos Caetetus, que se constitui em uma reserva florestal de grande importância para a pesquisa nas áreas de conservação e manejo de recursos naturais, principalmente em virtude do baixo grau de perturbação de seus ambientes.

A presente dissertação encontra-se dividida em três trabalhos de análise. O primeiro visou selecionar o fator de área basal empregado pelo método de Bitterlich, que pareceu mais adequado para caracterização da comunidade arbórea da Estação Ecológica dos Caetetus. O segundo examinou o desempenho dos métodos de parcelas de

área fixa, pontos quadrantes e pontos de Bitterlich para a caracterização da diversidade. E, o terceiro trabalho analisou, a aplicação do método de quadrantes na estimação da densidade de florestas hipotéticas com diferentes padrões espaciais.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Segundo Krebs (1972), comunidade ecológica é qualquer conjunto de populações de organismos vivos em uma determinada área ou habitat. Pielou (1975) define comunidade ecológica qualquer conjunto de plantas e animais vivendo juntos em uma certa área, havendo um maior ou menor grau de interação entre esses conjuntos.

De acordo com Krebs (1972) três idéias teóricas principais estão envolvidas nas definições de comunidades. A primeira delas é que a propriedade mínima de uma comunidade é a presença de várias espécies juntas em uma área. A segunda é que uma comunidade apresenta uma relativa composição constante no tempo e espaço. E por fim, as comunidades apresentam uma tendência em direção a um estado de equilíbrio, que uma vez perturbado tende a se restabelecer.

Magurran (1988) comenta que a diversidade ecológica é um dos temas mais abordados em estudos ecológicos. Há uma grande controvérsia de como a diversidade possa ser mensurada. Vários métodos foram desenvolvidos tornando o assunto mais complexo ao invés de simplificá-lo. Essa complexidade se dá no fato de que a diversidade é composta por dois elementos: a variedade e abundância relativa das espécies. Na maioria das vezes os estudos de diversidade estão relacionados aos padrões de variações espaciais e ambientais, desse modo quanto maior variação ambiental maior será a diversidade de espécies do ecossistema (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

Segundo Pielou (1975) algumas comunidades podem consistir de poucas espécies, ao passo que outras possuem centenas de espécies. A essa propriedade de variar o autor denomina de diversidade. Do mesmo modo que a variância estatística fornece uma medida de variabilidade para as variáveis quantitativas, o índice de diversidade mede a variabilidade de observações qualitativas.

As medidas de diversidade podem servir como indicadores do equilíbrio de sistemas ecológicos, funcionando como ferramentas para o manejo ambiental. Os temas mais interessantes relacionados a diversidade, e que despertam grande interesse nas pesquisas de ecologia teórica e aplicada são: padrões de diversidade relacionados a latitude; área do ambiente e a estabilidade da comunidade (Magurran, 1988).

Krebs (1972) apresenta 3 diferentes índices de diversidade utilizados em pesquisas ecológicas. O índice alfa ( $\alpha$ ), O índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e o índice de Simpson. Segundo o autor o índice alfa ( $\alpha$ ) não depende da amostragem, e devido a esse fato permite que se faça comparações entre diferentes estudos e áreas de conhecimento. Para o seu cálculo faz-se necessário o conhecimento de duas variáveis: (S) número de espécies e (N) número de indivíduos.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) busca medir o grau de incerteza na predição correta da espécie a que pertence o próximo indivíduo coletado em uma amostragem sucessiva. Este índice de diversidade é derivado da teoria da informação, teoria esta baseada na mensuração na quantidade de ordem ou desordem contidas em um sistema (Martins & Santos, 1999).

O volume de informação, medido pelo índice de diversidade de Shannon é uma medida da quantidade de incerteza, assim para maiores valores de  $H'$ , há mais incerteza, que também pode ser interpretado como alta diversidade. No entanto, o mensurador Shannon-Wiener para volume de informação deveria ser usado apenas para amostras aleatórias retiradas de um comunidade grande na qual o número total de espécies é conhecido (Krebs, 1972; Magurran, 1988).

Dois componentes da diversidade são combinados na função de Shannon-Wiener: (1) número de espécies e (2) igualdade de distribuição de indivíduos entre as espécies. Um grande número de espécies aumenta a diversidade de espécies, assim como uma distribuição mais homogênea.

Outro índice que pode ser usado em análises quantitativas de comunidades biológicas é o índice de diversidade de Simpson (D). Este índice é derivado da teoria das probabilidades. Sua unidade resultante pode ser entendida como a



probabilidade em coletarmos aleatoriamente 2 indivíduos de uma comunidade, desde que pertencentes a espécies diferentes. Desse modo, comunidades que apresentam valores próximos a zero devem apresentar baixa diversidade. De modo inverso valores do índice próximos ao valor máximo teórico ( $1-1/S$ ), onde S representa o número de espécies levantadas, apresenta alto valor de diversidade.

Haffer,<sup>1</sup> citado por Leitão-Filho (1987) aponta a alta diversidade em florestas tropicais como resultado da somatória de vários fatores:

- 1- Produtividade elevada dos ecossistemas;
- 2- Redução da área de nicho;
- 3- Sobreposição de espécies em um mesmo nicho;
- 4- Aumento de competição e predação em um ambiente heterogêneo e estável.

Uma das características mais importantes da floresta tropical é o elevado número de espécies de árvores que esta apresenta em comparação a outros tipos de florestas. A floresta tropical é extremamente heterogênea tanto no espaço quanto no tempo, muitos atribuem essa manutenção de heterogeneidade, principalmente às clareiras naturais, que resultam em aparentes mosaicos vegetacionais de diferentes idades (Pires-O'Brien & O'Brien, 1995).

O índice de Shannon (H') tem sido o mais utilizado como medida de diversidade em levantamentos fitossociológicos (Martins & Santos, 1999). A comparação dos valores desse índice deve ser feita com ressalvas, uma vez que existem diferenças quanto ao método de amostragem, critério de inclusão e esforço amostral empregados nos levantamentos. A confrontação de valores obtidos em diferentes áreas mediante a aplicação do mesmo método amostral é válida, pois pode indicar quais das comunidades amostradas apresentam maior diversidade (Korning et al., 1991).

---

<sup>1</sup> HAFFER, J. General aspects of the refuge theory. In: PRANCE, G.T. **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University, 1982. cap.2, p.6-24.

De acordo com Rodrigues (1988) os métodos de parcelas de área fixa e pontos quadrantes são os mais usados em estudos de fitossociologia.

As parcelas de área fixa selecionam os indivíduos proporcionalmente a área da unidade amostral, e conseqüentemente à frequência que nela ocorrem. Esse método tem sido o mais utilizado nos inventários florestais (Péllico Netto & Brena, 1997).

Dentre os métodos baseados em distâncias, o método de quadrantes ou point-centered quarter method é o mais usado em fitossociologia (Rodrigues, 1988). Cottam & Curtis (1956) recomendam seu uso em virtude de fornecer mais dados por ponto de amostragem e ser menos sujeito a erros subjetivos quando comparado aos outros métodos de distâncias.

Sua aplicação consiste no estabelecimento, dentro do povoamento a ser amostrado, de pontos distribuídos de modo sistemático. Tais pontos são divididos em quatro quadrantes. Em cada quadrante é amostrado o indivíduo mais próximo ao ponto. Registra-se a espécie, o diâmetro e a distância ponto-árvore. Desse modo em cada unidade amostral são observadas 4 árvores (Martins, 1993).

A distância entre os pontos deve ser estabelecida de modo que não permita que uma mesma árvore seja amostrada por pontos distintos. Essa distância deve ser igual ao dobro da distância máxima entre as árvores mais próximas, que é obtida mediante um levantamento piloto de 30 medições (Martins, 1993).

O mesmo autor cita que as principais vantagens do método são: eliminação da influência da forma de parcela sobre os resultados; facilidade na locação dos pontos de amostragem, uma vez que seguem uma trilha determinada; maior área de amostragem, possibilitando um maior conhecimento da vegetação; maior consistência na comparação dos resultados obtidos em diferentes povoamentos do mesmo tipo de vegetação; ganho de tempo no campo.

De fato, esta última vantagem favorece muito a escolha do método sobre o uso de parcelas de área fixa. Gibbs et al. (1980) afirmaram que 84 pontos de

quadrantes exigiu menos de um terço do tempo para o levantamento das árvores presentes em 32 parcelas de 15x15 m.

No Estado de São Paulo, em floresta estacional semidecidual, um dos primeiros trabalhos em fitossociologia utilizando o método de quadrantes foi o realizado por Martins em 1979 e publicado em 1993. O autor amostrou a vegetação arbórea do Parque Estadual de Vassununga, município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. Utilizou 250 pontos espaçados a cada 10m. Neste delineamento foi possível amostrar 3880 m<sup>2</sup>, que cobriu uma área de 2,8 ha de mata, correspondentes a 2600 m de picada. O critério de inclusão foi circunferência a altura do solo maior ou equivalente a 15cm. Foram amostradas 92 espécies relativas a 1000 indivíduos.

Cavassan (1982) amostrou a Reserva Estadual de Bauru através de 129 pontos distanciados por 20m com picadas equidistantes a cada 100m no sentido norte-sul. A área amostrada foi de 8010 m<sup>2</sup>. Nesse estudo foram registradas apenas as árvores com DAP maior ou igual a 10cm. Como resultado obteve-se 61 espécies referentes a 516 indivíduos.

Bertoni (1984) estudou a composição florística e fitossociologia da floresta da Reserva Estadual de Porto Ferreira. Neste estudo foram amostradas 2 árvores por quadrante, segundo dois critérios de inclusão (menor e maior que 10 cm). Encontrou no total 1912 indivíduos pertencentes a 155 espécies.

Pagano (1985) estudou também a ciclagem de nutrientes da mata da fazenda São José, município de Rio Claro-S.P. Foram feitos 301 pontos a cada 20m, com picadas distanciadas a cada 380m. Registrou todos os indivíduos com fuste superior a 1,30m, resultando em 155 espécies relativas a 1204 indivíduos. O autor comenta que o valor obtido para o índice de diversidade ( $H' = 4,29$ ) é o maior já levantado para florestas do Estado de São Paulo.

Cesar (1988) na fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP, utilizou 300 pontos a cada 20m, em picadas de 600 m. As picadas estão distanciadas a cada 250 m. A área amostrada foi de 3036m<sup>2</sup>, utilizando como dado a área média por

planta. Como critério de inclusão utilizou-se DAP maior ou igual a 3cm. Obteve uma riqueza de 113 espécies relativa a 1200 indivíduos.

O método de quadrantes exige que as árvores tenham um padrão espacial completamente aleatório para que a estimativa da densidade (árvores  $ha^{-1}$ ) não apresente viés (Morisita,<sup>2</sup> citado por Martins, 1993).

Desenvolvida por Bitterlich em 1948 a amostragem com probabilidade proporcional ao tamanho representou uma inovação, uma vez que possibilita estimar a área basal do povoamento, sem a mensuração do DAP das árvores (Péllico Netto & Brena, 1997).

Na literatura apresenta ainda as seguintes designações: amostragem por pontos, amostragem por pontos horizontais, amostragem por contagem angular, amostragem com parcelas de raio variável, inventário ou levantamento sem parcelas (Schreuder et al., 1993).

Este método consiste em contar as árvores em um círculo a partir de um ponto central. Apenas as árvores, cujos DAP são iguais ou maiores que um ângulo ( $\theta$ ) específico são contadas. As que aparecem menores são ignoradas. (Husch et al., 1972; Mueller - Dombois & Ellenberg, 1974). Assim a seleção das árvores é feita com probabilidade proporcional à área basal (Péllico Netto & Brena, 1997). Desse modo quanto menor a distância ponto-árvore e maior seu DAP, maior será sua probabilidade de entrar na amostragem.

O ângulo ( $\theta$ ) é fornecido por aparelhos de contagem angular. O tubo de panamá consiste no aparelho mais simples, uma vez que possui apenas um fator. O relascópio de espelho por sua vez permite a utilização de diferentes fatores de área basal, corrige a declividade do terreno e possibilita a mensuração da altura do tronco, porém é de difícil utilização quando há pouca luminosidade.

Schreuder et al. (1993) sugerem algumas técnicas para superação de possíveis dificuldades do uso do método no campo.

---

<sup>2</sup> MORISITA, M. A new method applicable to non-randomly distributed populations. **Physiology and Ecology (Seiri Seitai)**, v.7, p.134-144. 1957.

Apesar de idealizado inicialmente para estimar a área basal e volume do povoamento, este método também pode ser usado em estudos ecológicos (Mueller - Dombois & Ellenberg, 1974). Batista (1998) afirma que o método será eficiente sempre que o atributo que se deseja estimar possuir uma relação direta com a área basal da floresta.

A curva espécie-área, que representa a relação entre a área amostrada e o número de espécies é um dos métodos mais utilizados para definir a área mínima de amostragem e avaliar o esforço amostral empregado no levantamento.

Inicialmente a curva apresenta uma sensível inclinação. A medida que se aumenta a área amostrada a inclinação da curva diminui, ocorrendo uma estabilização. Um método para determinar a área mínima consiste em traçar uma reta ligando o último ponto da curva a origem. Uma reta paralela a essa também é traçada de modo que tangencie a curva espécie área. O ponto de tangência entre a reta tangente e a curva espécie-área quando projetado no eixo x, fornece a área mínima de amostragem (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

Toda comunidade florestal tem uma área mínima de amostragem, que abaixo dela a comunidade não se expressa (Rodrigues, 1989; Matteuci & Colma, 1982). Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) definiram a área mínima de uma comunidade como sendo a menor área, a qual proporciona uma quantidade de características ambientais, para que um tipo de comunidade possa desenvolver as verdadeiras características de composição e estrutura de espécies.

### **3 SELEÇÃO DO FATOR DE ÁREA BASAL PARA A AMOSTRAGEM DA COMUNIDADE ARBÓREA DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS CAETETUS, GÁLIA-SP, ATRAVÉS DO MÉTODO DE BITTERLICH.**

#### Resumo

O objetivo do trabalho foi testar o método de Bitterlich e selecionar o fator de área basal adequado para caracterizar a comunidade arbórea da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, Gália-SP. Adotou-se como critério de inclusão árvores com  $DAP \geq 10$  cm. Os fatores de área basal de 2, 3 e 4  $m^2 ha^{-1}$  amostraram respectivamente, 596, 408 e 297 indivíduos entre árvores vivas e mortas e 59, 57 e 50 espécies. Não ocorreram diferenças significativas nos parâmetros: área basal, DAP médio, densidade, diversidade e equabilidade. O fator 3 foi selecionado porque apresentou a melhor combinação de resultados relativos ao tempo gasto e à facilidade de operação em campo.

Palavras-chave: método de Bitterlich, fator de área basal, fitossociologia, floresta estacional semidecidual, diversidade

## BASAL AREA FACTOR SELECTION FOR A TREE COMMUNITY SAMPLING IN CAETETUS ECOLOGICAL STATION, GALIA-SP, BRAZIL.

### Summary

The purpose of this study was to evaluate the angle count sampling method and select the best basal area factor to study the tree community of a semideciduous forest in Caetetus Ecological Station, Galia-SP, Brazil (22°24'30'S, 49°41'20'W). The criterion of inclusion adopted was all trees with DBH  $\geq$  10cm. The basal factors 2, 3 and 4 m<sup>2</sup>/ha sampled 596, 408 and 297 individuals and 59, 57 and 50 species. The estimates of basal area, mean DBH, density, diversity and equability are not significantly different among basal area factors. The basal area factor 3 was selected because showed better performance in terms of time spent and field operation.

key words: angle count sampling, basal area factor, phytosociology, semideciduous forest, diversity

### 3.1 Introdução

O método de Bitterlich representou significativa contribuição para a estimação da área basal de povoamentos florestais. Desenvolvido a partir de 1947, pelo Engenheiro Florestal austríaco Walter Bitterlich, permitiu a estimação da área basal por contagem angular, sem mensuração do DAP (diâmetro à altura do peito) das árvores (Veiga, 1985; Péllico Netto & Brena, 1997).

A amostragem por contagem angular, ou por parcelas de área variável, consiste em contar as árvores em um círculo a partir de um ponto central. Apenas as árvores, cujos DAPs aparecem ao observador iguais ou maiores que um ângulo determinado são contadas. As que aparecem menores são ignoradas (Husch et al. 1972; Mueller – Dombois & Ellenberg, 1974). Desse modo, quanto maior o DAP, maior será a

probabilidade da árvore entrar na amostragem. Assim, a seleção das árvores é feita com probabilidade proporcional à área basal, diferentemente do método de parcelas de área fixa, cuja probabilidade é proporcional a frequência (Péllico Netto & Brena, 1997).

Vários trabalhos foram publicados sobre o método, mostrando tanto seus aspectos teóricos (Grosenbaugh, 1958; Beers & Miller, 1964; Bitterlich, 1984), como práticos (Stage, 1962; Nyssonem, 1963; Bitterlich, 1984). Quase que a totalidade desses trabalhos apresentam estudos em florestas de coníferas ou florestas mistas de países de clima temperado. A amostragem por parcelas de área variável tem sido bastante utilizada para a realização de inventários florestais em países do hemisfério norte, em virtude do método apresentar maior eficiência na amostragem do volume de madeira, quando comparado às parcelas de área fixa (Bitterlich, 1984). Schreuder et al. (1993) apontou para uma economia de 50% no custo do trabalho de campo quando compara o método com o de parcelas de área fixa.

No Brasil, alguns trabalhos foram feitos testando o método para estimar o volume de madeira em florestas plantadas, (Couto et al., 1978; Couto et al., 1993; De Cesaro et al., 1994).

São poucos os trabalhos de aplicação em florestas tropicais. Machado & Albertin (1973) fizeram um estudo comparativo em um bosque secundário tropical na Costa Rica. A amostragem por pontos, usando o fator 3, foi 225,3 % mais eficiente que a enumeração completa nas estimativas do volume total e aproveitável do povoamento, em virtude de exigir menor tempo para amostragem. Dauber (1978), utilizando conglomerados de pontos no inventário de madeira de florestas na América do Sul, comentou que a amostragem por pontos é mais rápida e mais econômica que a amostragem por faixas. Uebelhör (1988) recomendou o método de Bitterlich para o inventário de florestas tropicais, tomando como base a floresta das Ilhas Filipinas. Segundo o autor, nesse tipo de floresta, o relascópio de banda larga foi o mais indicado.

Moscovich et al. (1999) compararam os métodos de Strand, Prodan, Quadrantes e Bitterlich, com fator de  $4\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ , com o método de parcelas de tamanho fixo na amostragem do volume, densidade, área basal - parâmetros quantitativos; e abrangência de espécies - parâmetro qualitativo, de uma Floresta de *Araucaria*



*angustifolia*, em São Francisco de Paula, RS. Não ocorreu diferenças significativas nas estimativas dos parâmetros quantitativos. O método de Bitterlich superestimou em 83,3% a densidade da espécie de maior índice de valor de importância (IVI), *Araucaria angustifolia*, além disso amostrou apenas 43,4% das espécies, exigindo 29% do tempo total em relação às parcelas de área fixa.

Apesar de idealizado inicialmente para estimar a área basal e volume do povoamento, este método também pode ser usado em estudos ecológicos (Mueller – Dombois & Ellenberg, 1974; Martins, 1993). A utilização do Fator de Expansão (Fe) permite calcular a densidade das espécies na floresta. Desse modo é possível produzir uma tabela contendo os índices fitossociológicos. Batista (1998), afirmou que o método será eficiente sempre que o atributo que se deseja estimar possuir uma relação direta com a área basal da floresta.

Dias et al. (1989), também compararam métodos de amostragem para caracterizar a comunidade da floresta pluvial tropical do Parque Estadual de Carlos Botelho/SP. Não foram obtidas diferenças significativas nos valores de IVI das espécies amostradas mediante testes não-paramétricos. Na caracterização da riqueza da comunidade a amostragem por pontos capturou, em média, 52, 33 e 22% das espécies, mediante o uso dos fatores de área basal 2, 4 e 6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O método de quadrantes, por sua vez, amostrou 63% das espécies.

Negreiros et al. (1995) fizeram análise fitossociológica em área próxima na mesma reserva. Foram utilizados o fator 2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> e 10 amostras, com 4 sub-amostras cada, totalizando 40 parcelas de raio variável. Amostraram no total 112 espécies arbóreas, sendo que 40 delas apareceram com apenas 1 indivíduo.

Batista et al. (1998) utilizaram a amostragem por pontos a fim de comparar a diversidade de espécies arbóreas existentes nos primeiros 500 m e na faixa de 500 a 1000 m do rio Taquari, município de Eldorado, S.P. Através de 40 pontos locados a cada 100m e utilizando fator 2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, foi possível amostrar 758 árvores, pertencentes a 195 espécies. O rendimento operacional obtido foi de 5 pontos por dia. Os autores concluíram que a faixa mais próxima do rio apresenta maior diversidade.

Vanini (1999) comparou os fatores 1, 2 e 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> com o método de parcelas de área fixa no estudo fitossociológico de caixetais na região de Iguape-SP. A autora concluiu que os fatores 2 e 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> não foram eficientes em virtude de amostrar um menor número de espécies. O emprego do método utilizando fator de 1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> foi satisfatório para levantamentos em caixetais, devido não haver problema de visualização das árvores. Além disso a amostragem por parcela de área variável gastou apenas um terço do tempo relativo às parcelas de área fixa.

Este trabalho tem como objetivo testar a aplicação do método de Bitterlich na caracterização da comunidade arbórea de uma Floresta Estacional Semidecidual do interior do Estado de São Paulo e selecionar o fator de área basal mais adequado para a amostragem da diversidade da floresta.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Caracterização da área de estudo**

A Estação Ecológica dos Caetetus localiza-se entre as coordenadas geográficas: 22°22' a 22° 27'S e 49°40' a 49°43'W, nos municípios de Gália e Alvinlândia, região oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). A vegetação estudada classifica-se como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso et al., 1991). O Clima da região, segundo classificação de Köppen, é Cwa: Quente com inverno seco e com temperatura máxima anual de 30°C, mínima de 10°C e média de 20°C. A precipitação anual é de 1.480mm e está concentrada nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, sendo maio e junho os meses mais secos do ano Tabanez & Durigan<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> TABANEZ, M.; DURIGAN, G. (Instituto Florestal do Estado de São Paulo, São Paulo, SP). Plano de Manejo da Estação Ecológica dos Caetetus, Gália-SP. (Em elaboração)

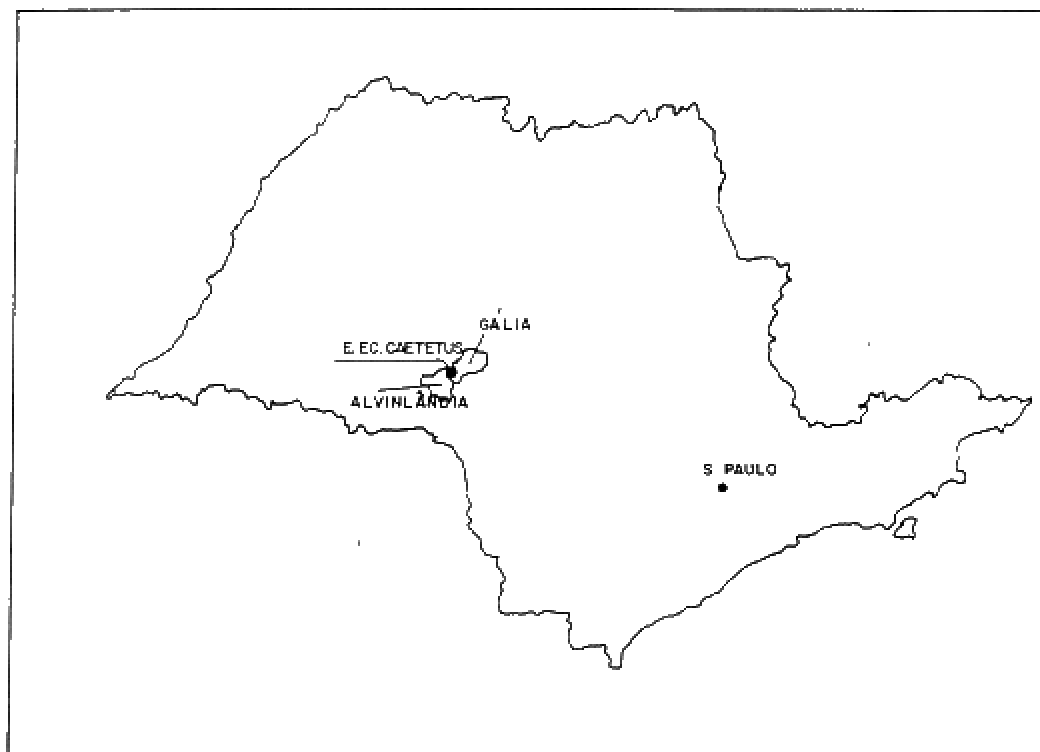


Figura 1 - Localização da Estação Ecológica dos Caetetus

O ambiente escolhido para a realização do trabalho apresenta altitude média de 580m com declividade pequena e constante (5%). O tipo de solo encontrado na área é o que predomina na reserva, Podzólico Vermelho - Amarelo tb, eutrófico e textura arenosa. Não há evidências atuais da ocorrência de incêndios nem tampouco de extração de madeira na área (Figura 2). Sua escolha se deu em virtude de apresentar baixa ocorrência de lianas e subosque ralo comparativamente a outras áreas da reserva.

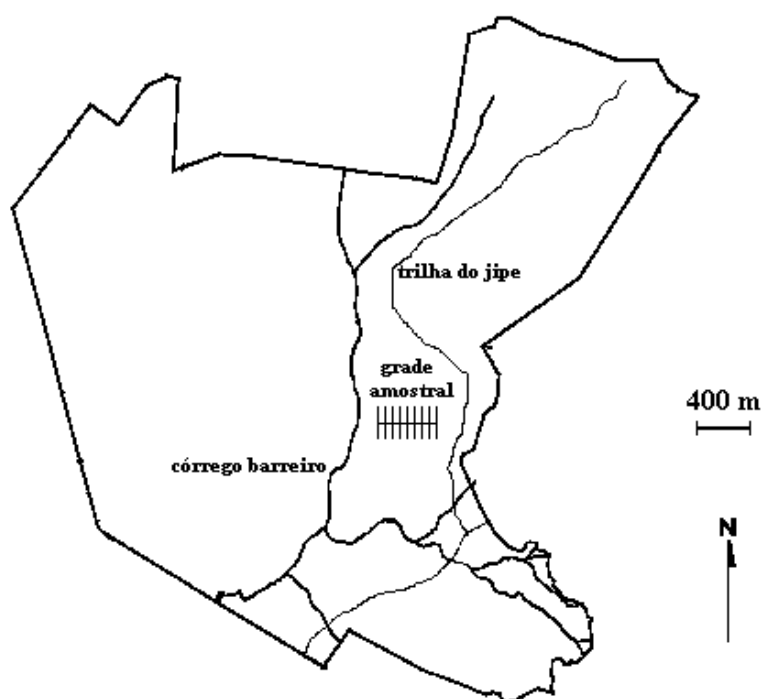


Figura 2 - Localização da área de estudo (grade amostral).

### 3.2.2 Procedimento de Campo

Após a escolha da área, procedeu-se a locação dos pontos de amostragem e posteriormente a realização do levantamento propriamente dito com equipe de três integrantes. O líder de equipe realizava as atividades de visada com o relascópio de

espelho, utilizando os fatores 2, 3 e 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, simultaneamente, leitura do vertex (distância ponto-árvore), anotação dos dados de diâmetro e eventual checagem com calculadora para verificar se a árvore entrava de fato na parcela. Além disso, o líder fazia a leitura do azimute da árvore amostrada, fornecido por bússola.

A checagem das árvores ocorre quando o operador do relacópico não consegue definir com certeza a entrada da árvore na amostra. Isso ocorre quando não é possível visualizar o tronco da árvore, ou quando essa visualização é possível, porém o tronco fica muito próximo dos limites da abertura angular. A mensuração da distância ponto-árvore (R) e do diâmetro da árvore (d) permite calcular, através da eq. (1):

$$R_{\text{máx}} = \frac{d}{2\sqrt{F}} \quad (1)$$

onde:

R<sub>máx</sub> é a distância máxima para que a árvore entre na amostra;

d é o diâmetro a altura do peito;

e F é o fator de área basal utilizado.

Assim, se  $R \leq R_{\text{máx}}$ , a árvore entra na amostra, e se  $R > R_{\text{máx}}$ , a árvore não entra na amostra.

Um auxiliar era encarregado de medir o diâmetro a altura do peito (DAP) com fita diamétrica e plaquear as árvores amostradas, com placas de alumínio numeradas e pregos de aço zincado. Amostrou-se apenas os fustes com DAP maior ou igual a 10cm.

Outro auxiliar colocava o transponder junto a árvore a fim de possibilitar a mensuração da distância pelo vertex. Eventualmente, esse auxiliar, ajudava na mensuração do DAP das árvores grandes e localizava as árvores não enxergadas pelo líder da equipe.

Cabe ressaltar que em um levantamento expedito não é necessário a mensuração das distâncias ponto-árvore nem mesmo a leitura de azimutes. Esses dados foram tomados tendo em vista a elaboração de mapas das parcelas visando estudos futuros. A mensuração dos DAP é necessária para o cálculo do valor da densidade das

espécies levantadas. No caso de uma árvore apresentar dúvidas quanto sua entrada na parcela, faz-se necessária a medida da distância ponto-árvore para checagem.

Depois de medidas e plaqueadas, as árvores eram identificadas com auxílio de binóculo, lupa de campo e uma chave dicotômica elaborada apenas com caracteres vegetativos. As características dos troncos e das cascas internas das árvores foram frequentemente utilizadas na sua identificação. Eventualmente um escalador coletou ramos dos indivíduos para possibilitar sua identificação.

Para a locação dos pontos de amostragem, evitou-se áreas de borda e áreas sob influência do córrego Barreiro. Desse modo a trilha mais a leste da grade dista 230m da "Trilha do Jipe" e a trilha mais a oeste dista 144m da beira do córrego Barreiro.

Foram locados 45 pontos em uma grade de amostragem de 480 x 240m na forma de "espinha de peixe". A trilha doze, como é conhecida por pesquisadores e funcionários que trabalham na Estação Ecológica, serviu como trilha base da grade. As outras trilhas são perpendiculares a esta, com distâncias entre si de 60m. A distância entre os pontos nas trilhas também é de 60m (Figura 3).

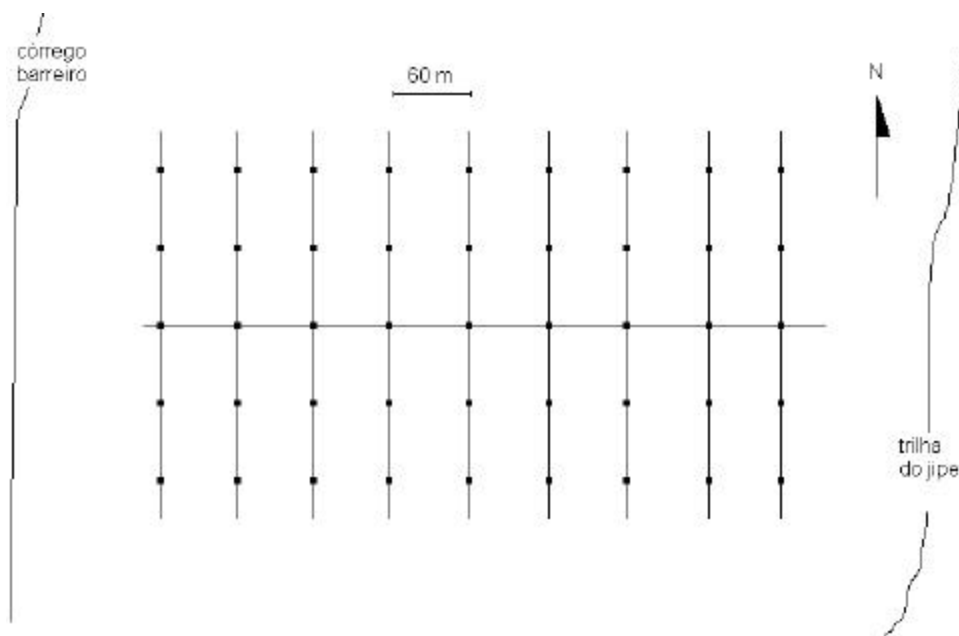


Figura 3 – Grade de amostragem

Utilizou-se bússola para o fornecimento do azimute e a distância entre os pontos foi obtida através de hipsômetro digital. Para se evitar erros de locação, foram locados pontos intermediários a cada 15m. Os pontos foram marcados com canos de PVC numerados. Os fatores de área basal escolhidos para o estudo foram os correspondentes a 2, 3 e 4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

### 3.2.3 Caracterização da comunidade arbórea

A comunidade arbórea foi caracterizada por meio de estimativas relativas à comunidade como um todo (ex: densidade, riqueza de espécies, etc.) e por meio de estimativas relativas às espécies arbóreas individualmente (índices fitossociológicos).

As estimativas relativas à comunidade foram:

1. Densidade (árvores ha<sup>-1</sup>)

$$D = \sum_{i=1}^n f_{e_i} \quad (2)$$

onde:

$f_{e_i}$  é o fator de expansão da árvore (ha<sup>-1</sup>).

$$f_{e_i} = \frac{F}{\frac{\pi}{40000} d_i^2} \quad (3)$$

onde:

F = fator de área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>);

$d_i$  = DAP (cm).

2. Número de indivíduos por ponto (média e erro padrão)

3. Área Basal (G em m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)

$$G = \frac{n.F}{m} \quad (4)$$

onde:

$n$  = número de árvores amostradas;

$F$  = fator de área basal ( $m^2 ha^{-1}$ );

$m$  = número de pontos de amostragem.

Como a amostra possui mais de uma unidade amostral, a área basal da floresta é a média das áreas basais das parcelas.

#### 4. DAP médio (cm)

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n f e_i d_i}{\sum_{i=1}^n f e_i} \quad (5)$$

#### 5. Número de espécies e famílias amostradas

#### 6. Índice de diversidade de Shannon (Pielou, 1975)

$$H' = - \sum_{k=1}^S \left( \frac{n_k}{n} \right) \ln \left( \frac{n_k}{n} \right) \quad (6)$$

onde:

$n_k$  = número de árvores amostradas da espécie  $k$ ;

$n$  = número total de árvores amostradas;

$S$  = número de espécies amostradas.

#### 7. Índice de equabilidade (Magurran, 1988)

$$J = \frac{H'}{H_{\text{máx}}} \quad (7)$$

#### 8. Porcentagem de espécies com densidade menor ou igual a 1 indivíduo por hectare.



9. Quociente de mistura. É a relação entre o número de indivíduos e o número de espécies amostradas.

As estimativas de 1 a 4 se referem a estrutura da comunidade enquanto que as estimativas 6 a 9 procuram caracterizar a riqueza e a diversidade de espécies arbóreas presentes na comunidade.

Foram estimados os índices fitossociológicos comumente utilizados nos estudos de comunidades arbóreas. Para enfatizar que tais estimativas foram obtidas para cada espécie individualmente, acrescentou-se o subscrito  $k$  ( $k=1,2, \dots, S$ ) como indicativo da espécie.

Em se tratando de amostragem por pontos de Bitterlich, o cálculo das estimativas se dá de modo distinto do modo usualmente utilizado em amostragem por parcelas:

1. Densidade absoluta (árvores  $ha^{-1}$ )

$$D_k = \sum_{i=1}^n fe_{ik} \quad (8)$$

onde:

$fe_i$  = fator de expansão;

$n$  = número de árvores amostradas da respectiva espécie.

2. Densidade relativa (%)

$$DR_k = \frac{D_k}{\sum_{i=1}^n D_k} .100 \quad (9)$$

3. Dominância absoluta ( $m^2 ha^{-1}$ )

$$G_k = \frac{n_k F}{m} \quad (10)$$

onde  $n_k$  = número de árvores amostradas da espécie  $k$ ;

$m$  = número de parcelas de área variável na amostra.

## 4. Dominância relativa (%)

$$GR_k = \frac{G_k}{\sum_{i=1}^s G_k} \cdot 100 \quad (11)$$

## 5. Frequência absoluta (%)

$$F_k = \frac{p_k}{m} \cdot 100 \quad (12)$$

onde p = número de parcelas de área variável onde a espécie k ocorreu;

m = número total de parcelas na amostra.

## 6. Frequência relativa (%)

$$FR_k = \frac{F_k}{\sum_{i=1}^s F_k} \cdot 100 \quad (13)$$

## 7. Valor de Importância, VI (%)

$$VI_k = \frac{DR_k + GR_k + FR_k}{3} \quad (14)$$

### 3.2.4 Análise dos Procedimentos de Campo

O processo de amostragem, foi dividido nas etapas de locação, deslocamento, mensuração e identificação das árvores. Para cada uma dessas etapas procedeu-se a tomada de tempo através do método de tempo contínuo, conforme proposto por Seixas (1998). A tomada de tempo para locação dos pontos foi feita para a trilha conjuntamente. Desse modo, o tempo de locação dos pontos corresponde ao tempo médio gasto por trilha.

O estudo de tempo foi realizado inicialmente utilizando apenas o fator 2, calculando-se a média, desvio padrão e coeficiente de variação do tempo gasto em cada etapa. Calculou-se também, a proporção do tempo de realização de cada etapa no tempo total do levantamento com o fator 2.

O tempos necessários para a realização do levantamento com os fatores 3 e 4 foram estimados assumindo-se que o tempo gasto nas etapas de locação dos pontos e deslocamento independem do fator a ser utilizado, enquanto que nas etapas de medição e de identificação o tempo necessário é diretamente proporcional ao número de árvores amostradas.

Assim, o tempo médio por árvore gasto nestas duas etapas no levantamento com o fator 2 foi multiplicado pelo número de árvores amostradas com os fatores 3 e 4 para se obter os tempos respectivos nessas etapas.

Para se analisar o impacto da visualização das árvores sobre os procedimentos de campo, cada árvore amostrada recebeu uma classificação subjetiva de visibilidade pelo operador do relascópio (que foi a mesma pessoa em todo o levantamento).

A escala subjetiva de visibilidade foi composta por três classes: árvore vista sem dificuldade, árvore vista com dificuldade e árvore não vista.

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.3.1 Densidade da Floresta**

O número de indivíduos amostrados foi inversamente proporcional ao fator de área basal empregado. O fator 2 amostrou 596 árvores, seguido pelo fator 3 com 408 árvores e por último o fator 4 com 297 árvores amostradas. Em termos percentuais há uma queda de 29,53% no número de árvores quando se compara o fator 3 com o fator 2. Essa queda foi de 27,21% quando se analisa o fator 3 comparativamente com o fator 4. Quando se salta do fator 2 para o fator 4, a diminuição no número de árvores é de 48,70% (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativas obtidas pelos diferentes fatores de área basal utilizados na amostragem

	Fator de Área Basal		
	2 m <sup>2</sup> /ha	3 m <sup>2</sup> /ha	4 m <sup>2</sup> /ha
Número de indivíduos amostrados	596	408	297
Densidade (árvores/ha)	604,0	629,3	590,8
Número de indivíduos por ponto (média $\pm$ erro padrão)	13,24 $\pm$ 0,54	9,06 $\pm$ 0,40	6,6 $\pm$ 0,29
Área basal (média $\pm$ erro padrão) (m <sup>2</sup> /ha)	27,6 $\pm$ 1,16	28,73 $\pm$ 1,27	28,18 $\pm$ 1,35
DAP médio (cm)	20,98	20,79	21,16

Analisando a tabela 1 pode-se observar que as estimativas de densidade não variaram muito entre os fatores 2 e 4. Porém o fator 3 apresenta uma estimativa maior que os demais fatores. Não se pode afirmar com certeza quais dessas estimativas é mais exata, uma vez que não se sabe o valor do parâmetro na população. A estimativa maior obtida mediante o uso do fator 3 pode ser explicada pelo baixo valor da média dos diâmetros das árvores amostradas, que foi de 20,8cm. Para se estimar a densidade faz-se a soma dos fatores de expansão das árvores. Tal fator é inversamente proporcional a área seccional do tronco da árvore. Desse modo árvores menores tendem a produzir um valor maior do fator de expansão e conseqüentemente contribuem mais para a estimativa de densidade.

A média do número de indivíduos por ponto foi inversamente proporcional ao fator de área basal empregado. Esse número oscilou de 13,2 indivíduos no fator 2, 9,1 indivíduos no fator 3 e 6,6 indivíduos por ponto no fator 4. Segundo Schreuder et al. (1993), na amostragem por pontos de Bitterlich, o fator de área basal empregado deve ser aquele que amostrasse de 7 a 12 indivíduos por ponto. Sendo assim, o fator de área basal 3 pareceu mais adequado nessa floresta em particular.

Observa-se que há uma relação direta entre o valor do erro padrão da estimativa do número de indivíduos por ponto e o fator de área basal utilizado. Porém proporcionalmente à média todos apresentam uma precisão em torno de 4%. As estimativas de área basal não diferiram muito entre os fatores. Nota-se que o fator 2

produziu a menor estimativa, 27,45 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, seguida pelo fator 4 que estimou em 28,18 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. O fator 3 obteve a maior estimativa, 28,73 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

Na estimativa do DAP médio da floresta, pouca diferença ocorreu entre os valores estimados pelos fatores 2 e 4. O fator 3, por sua vez, produziu uma estimativa menor que os demais fatores.

### 3.3.2 Riqueza e Diversidade

Ocorreu uma pequena diferença no número de espécies amostradas pelos fatores 2 e 3, que amostraram 59 e 57 espécies, respectivamente. O emprego do relacópico da banda 4 conseguiu capturar apenas 50 espécies arbóreas, ou seja, sete espécies a menos das que foram amostradas pelo fator 3. Em relação às famílias, nota-se que Verbenaceae deixou de ser amostrada pelo fator 3 e pelo fator 4, em razão de possuir apenas a espécie *Vitex montevidensis* como representante. As famílias Lecythidaceae e Tiliaceae não foram capturadas pelo fator 4 porque esse fator não foi sensível a presença das espécies *C. estrellensis* e *L. candicans*, suas únicas espécies representantes. Em suma, o fator 2 amostrou 29 famílias botânicas. Os fatores 3 e 4 amostraram respectivamente, 28 e 26 famílias botânicas.

Tabela 2. Medidas de diversidade obtidas pelos diferentes fatores de área basal utilizados na amostragem

	Fator de área basal		
	2 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	3 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	4 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>
Número de espécies	59	57	50
Número de famílias	29	28	26
Índice de diversidade de Shannon (H')	2,99	2,99	2,88
Índice de equabilidade (J)	0,73	0,74	0,74
% de espécies ≤ 1 indivíduo por hectare	22,00	24,60	28,00
Quociente de Mistura (indivíduos/espécie)	9,25	6,51	5,36

O valor no índice de diversidade de Shannon não variou muito entre os fatores utilizados. O fator 3 obteve maior valor, 2,99, ao passo que o fator 4 produziu um valor de 2,88. O valor desse índice na amostragem pelo fator 2 foi de 2,99. Observa-se

que não há uma relação entre o valor desse índice e a abertura angular utilizada. A equabilidade da comunidade foi a mesma para o fator 3 e 4, 0,74 e um pouco menor para o menor fator 2, 0,73.

O fator 2 apresentou 22,00% das espécies com densidade igual ou inferior à um indivíduo por hectare, no fator 3 essa porcentagem foi de 24,60. No fator 4, 14 das 50 espécies amostradas apresentaram densidade igual ou inferior à um indivíduo por hectare. Detecta-se portanto, que a medida que se aumentou o fator de área basal, o valor desse índice também aumentou. É interessante notar que pouca diferença ocorreu nos valores entre o fator 2 e 3. Porém o fator 4 apresentou uma porcentagem maior que os demais.

Obteve-se uma relação inversa entre o quociente de mistura e o fator de área basal empregado. Para o fator 2 o valor foi de 9,25 indivíduos por espécie, atingindo 6,51 indivíduos por espécie no fator 3 e chegando até 5,36 indivíduos por espécie no fator 4. Isso mostra que fatores de área basal maiores amostram um menor número de indivíduos proporcionalmente ao número de espécies.

### 3.3.3 Índices Fitossociológicos

O Anexos A, B e C apresentam, respectivamente, os resultados dos índices fitossociológicos para as espécies amostradas nos fatores 2, 3 e 4  $m^2 ha^{-1}$ .

De maneira geral as espécies não apresentaram mudanças na ordenação pelo valor de importância nos três fatores testados. As dez espécies com maior valor de importância no fator 2 são as mesmas que as do fator 3 e 4, com exceção de *Syagrus romanzoffiana* que no fator 4 ocupa a 13<sup>a</sup> posição (Figura 4).

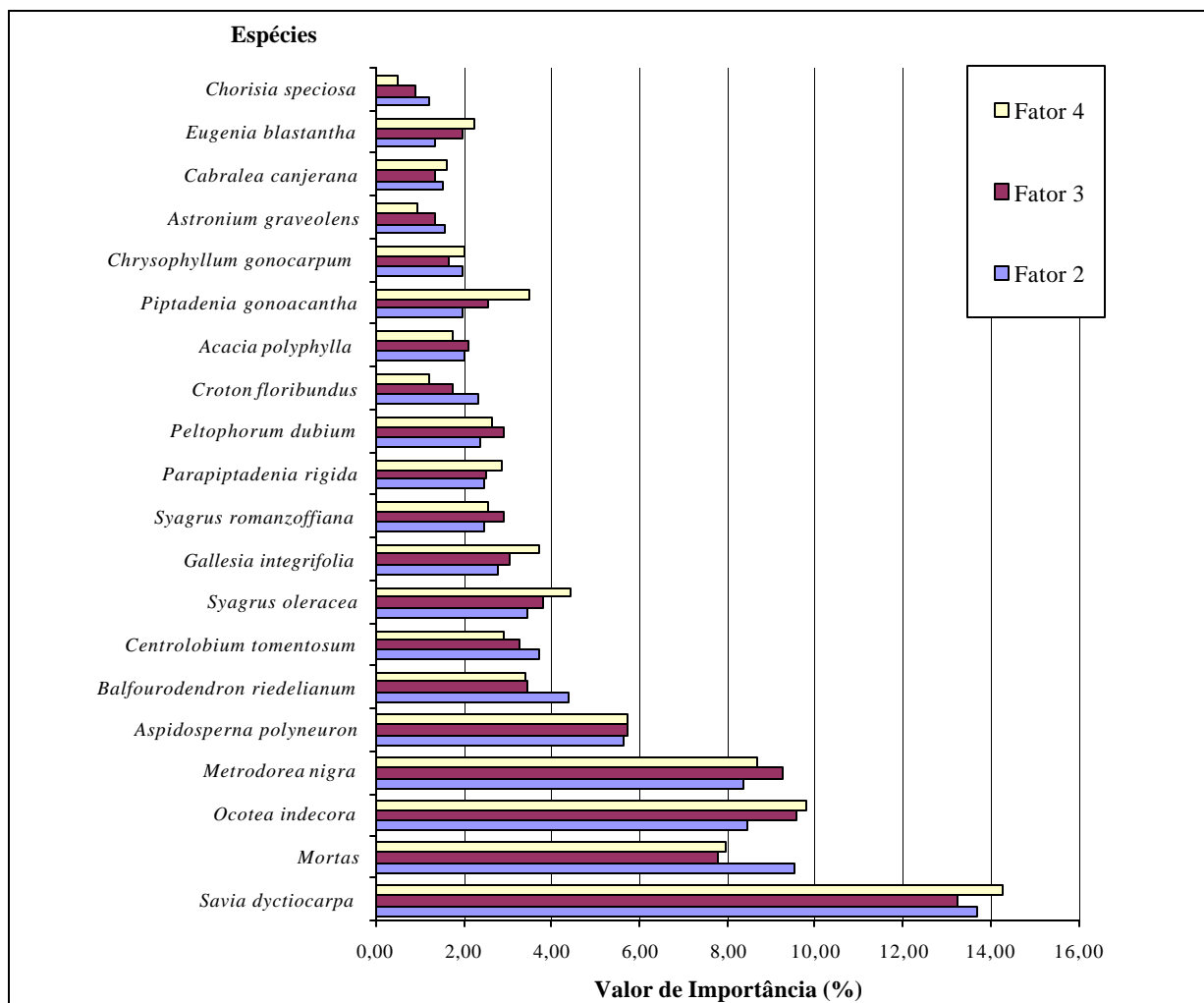


Figura 4 - Relação entre o valor de importância (%) e o fator de área basal empregadas 20 espécies com maiores valores de importância

Nota-se que para as espécies de alta densidade e área basal elevada, o valor de importância variou de acordo com os três índices fitossociológicos conjuntamente. *Savia dyctiocarpa*, por exemplo, apresentou maior valor de importância no fator 4 em virtude do elevado valor de frequência relativa. O mesmo ocorreu com as árvores mortas, cujo valor de importância foi maior no fator 2 (Figura 4).

As espécies que não foram influenciadas pela frequência relativa, aumentaram o valor de importância em virtude da densidade. Isso ocorreu com *Syagrus oleracea* e *Metrodorea nigra* (Figura 4).

Espécies com apenas um indivíduo amostrado nos três fatores, apresentam valor de importância proporcional ao fator de área basal. No caso da espécie ser de pequeno porte, ela corre o risco de não ser amostrada pelos maiores fatores de área basal. Isso ocorreu com as espécies de subosque *Trichilia claussenii*, *Myrciaria* sp.1 e *Eugenia moraviana* (figuras 5 e 6).

Espécies de dossel juntamente com as ocupantes do estrato intermediário da floresta que apresentaram baixa densidade, também não foram amostradas. Isso ocorreu com *Luehea candicans*, *Cordia superba*, *Guarea kunthiana*, *Xylosma pseudosalzmanii* e *Cariniana estrellensis*, que não foram amostradas pelo fator 4 (figuras 5 e 6).

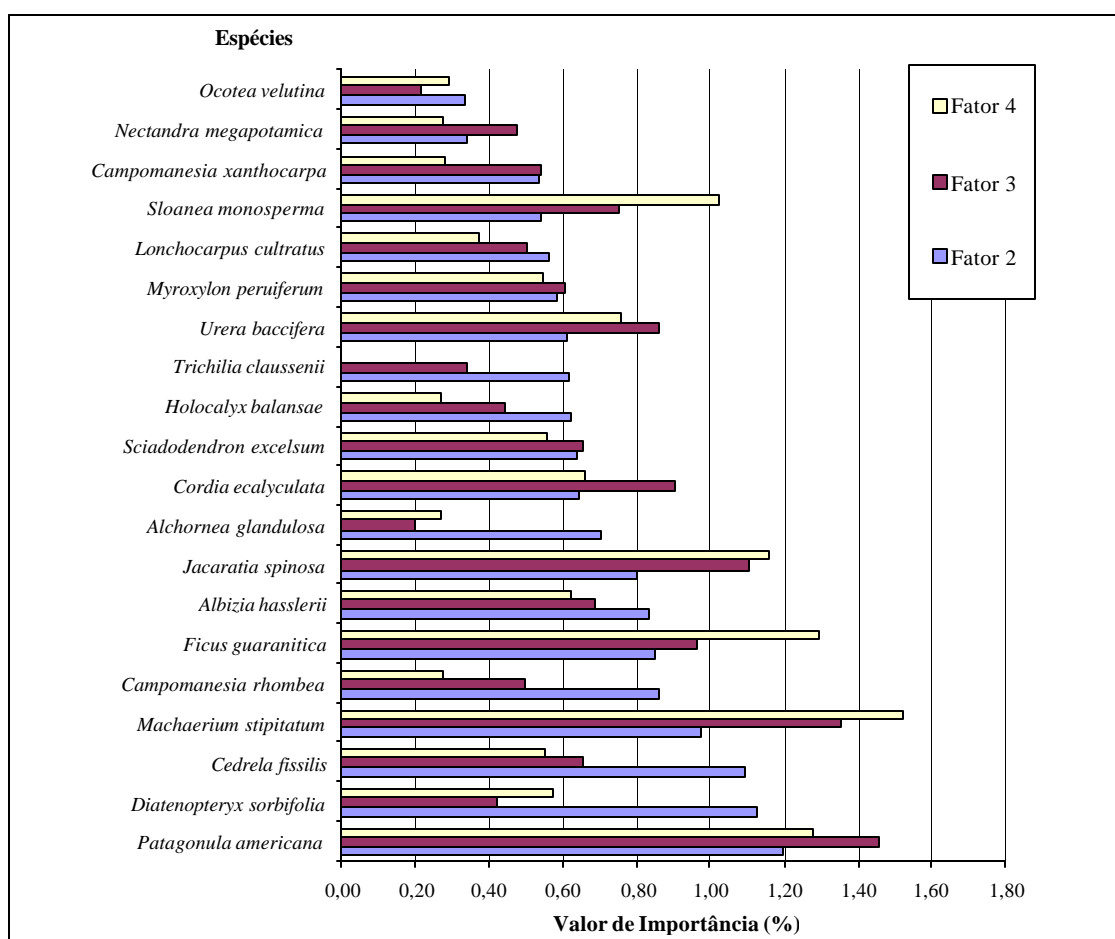


Figura 5 - Relação entre o valor de importância (%) e o fator de área basal empregado das 20 espécies com valores intermediários de importância



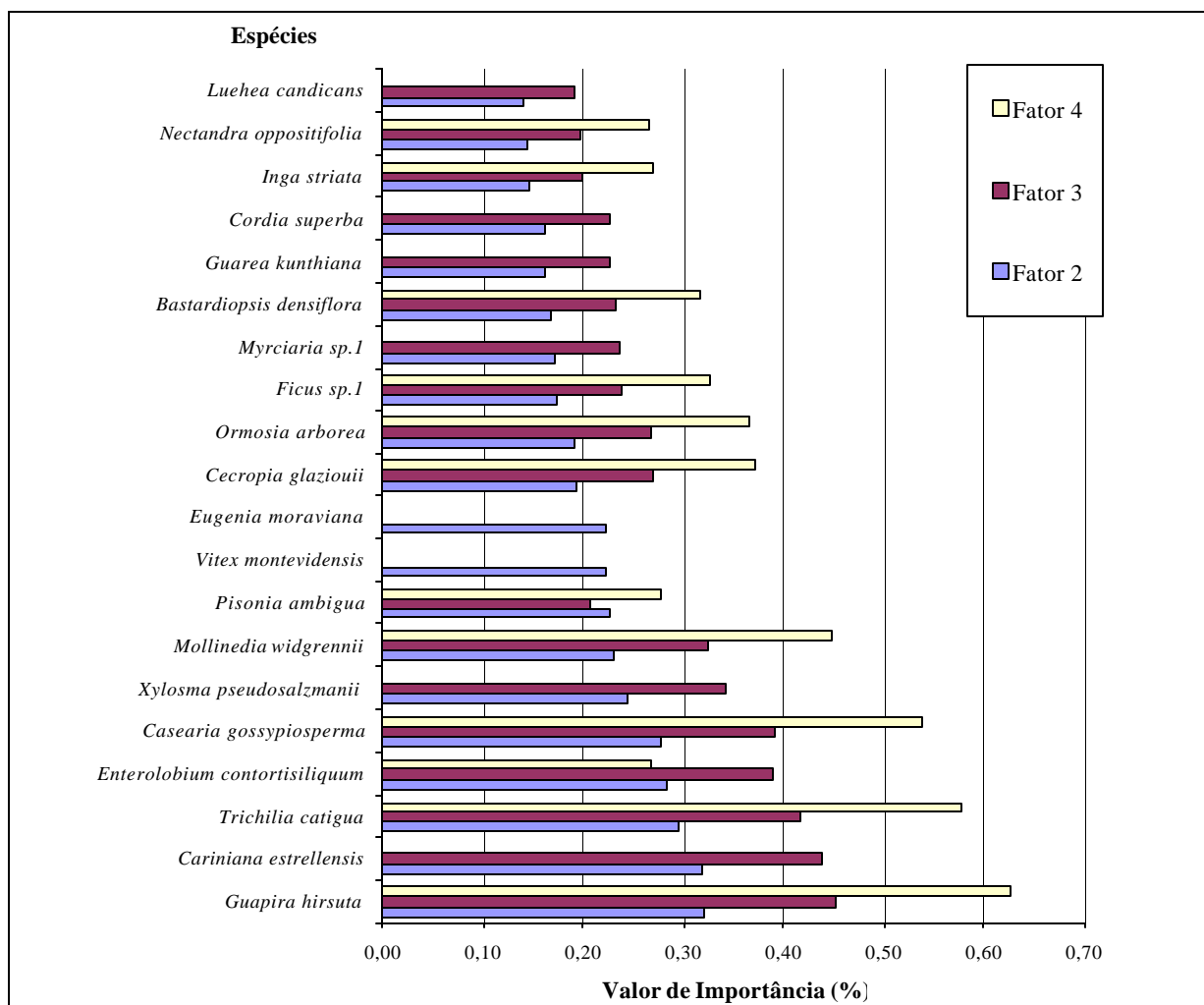


Figura 6 - Relação entre o valor de importância (%) e o fator de área basal empregado das 20 espécies com menores valores de importância (%)

### 3.3.4 Tempo de amostragem

Foram gastos no total 37 horas e 51 minutos para a coleta dos dados em campo. Esse tempo não inclui o período de deslocamento entre os pontos, nem mesmo o período usado para lanche ou eventual descanso. Os 45 pontos de Bitterlich exigiram 2,5 dias de campo para locação dos pontos, com equipe de 2 pessoas. Foram necessários 7,5

dias de trabalho em campo para coleta dos dados, utilizando equipe de 3 pessoas. Desse modo foram gastos 10 dias, resultando em um rendimento médio de 4,5 pontos por dia.

Betini<sup>4</sup> obteve um rendimento médio de 15 pontos por dia em um levantamento expedito utilizando o fator 3 na mesma área de estudo. Este levantamento incluiu a identificação das espécies. O rendimento obtido por Batista et al. (1998) em levantamento por pontos em Floresta Ombrófila Densa em Eldorado, SP, utilizando o fator 2 foi de 5 pontos por dia. Barreto<sup>5</sup> (comunicação pessoal) fazendo um levantamento expedito na região norte de Mato Grosso, obteve um rendimento médio de 20 pontos por dia, utilizando o fator 4.

Portanto, faz-se importante ressaltar que neste trabalho o tempo gasto foi um pouco maior que normalmente seria caso fosse um levantamento expedito. Em levantamentos expeditos não se faz o plaqueamento das árvores, nem tampouco o registro de seus azimutes.

O deslocamento entre os pontos variou de 5 a 28 minutos. O deslocamento médio foi de 13 minutos. Essa grande variação ocorreu em virtude das diferentes distâncias entre os pontos amostrados. Para os pontos vizinhos, com distância de 60 metros, cinco minutos de deslocamento eram necessários.

Considerando apenas o tempo dispendido dentro da parcela, nota-se que para a amostragem utilizando o fator 2, o maior período foi gasto fazendo a medição das árvores, que correspondeu em média a 22,49 minutos ou 44,57% do tempo total. O processo de identificação das árvores levou em média 12,05 minutos, que corresponde a 23,33% do tempo total. Verifica-se que em média cada ponto dispendeu 50,47 minutos (Tabela 3).

---

<sup>4</sup> BETINI, G.S. (LCF – ESALQ/USP, SP). Comunicação pessoal, 2000.

<sup>5</sup> BARRETO, K. (IPEF – ESALQ/USP, SP). Comunicação pessoal, 2000.

Tabela 3. Tempo em porcentagem, tempo médio por ponto e coeficiente de variação para as etapas de locação, medição e identificação das árvores obtidos pelos fatores de área basal 2, 3 e 4 m<sup>2</sup>/ha.

Etapa	Tempo (%)			Tempo médio por ponto (minutos)			Coeficiente de variação (%)		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Locação	32,1	40,8	48,8	16,2	16,2	16,2	17,6	17,6	17,6
Medição	44,6	38,7	33,5	22,5	15,3	11,1	33,3	33,9	33,5
Identificação	23,3	20,4	17,8	12,0	8,1	5,9	63,7	62,0	67,6
Total	100	100	100	50,5	39,5	33,2	25,1	22,2	21,6

Os valores de coeficiente de variação relativos às etapas de amostragem mostram que a locação dos pontos foi a que apresentou menor variação, 17,6%. Essa variação ocorreu em função de que nas trilhas de mais fácil acesso, o tempo de locação foi menor comparativamente àquelas que apresentavam emaranhados de cipós e sub-bosque denso. A variação decorrente da etapa de medição das árvores, 33,3%, ocorreu porque alguns pontos apresentavam muitas árvores, ao passo que outros possuíam poucas árvores. O alto valor de coeficiente de variação obtido na etapa de identificação das árvores, 63,7%, ocorreu porque alguns pontos apresentavam poucas espécies conhecidas, necessitando assim, mais tempo para identificação.

Observa-se que não houve mudanças significativas nos valores de coeficiente de variação das etapas de amostragem entre os fatores avaliados. Detecta-se porém, que com o aumento do fator, a porcentagem de tempo gasto na locação dos pontos aumenta. Conseqüentemente ocorre uma diminuição do tempo dispendido nas etapas de medição e identificação das árvores, a medida que se aumenta o fator.

Em suma, o tempo médio gasto por ponto na amostragem empregando o fator 2 foi de 50,47 minutos, no fator 3, 39,54 minutos e no fator 4 esse tempo foi de 33,21 minutos.

### 3.3.5 Influência da Visibilidade das Árvores

A tabela 4 apresenta os dados de visibilidade das árvores em função do fator empregado na amostragem. A análise dessa tabela permite verificar a relação entre o fator utilizado e a necessidade de checagem das árvores.

Tabela 4. Porcentagem das árvores amostradas nas classes de visibilidade em função do fator de área basal empregado

Classe de visibilidade	Fator de Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		
	2	3	4
vistas sem dificuldade	41,3	60	75,8
vistas com dificuldade	35,4	31,7	17,9
não vistas	23,2	8,3	6,3
Total	100	100	100

Nota-se que a porcentagem de árvores vistas sem dificuldades é proporcional ao fator de área basal empregado na amostragem. O fator 2 apresenta apenas 41,3% das árvores nessa classificação. O fator 3 possui 60% das árvores e o fator 4 foi o que alcançou maior índice: 75,8%. Isso ocorreu porque as árvores visíveis são aquelas próximas do ponto amostral. Os fatores maiores concentram a amostragem nessas árvores.

A porcentagem de árvores vistas com dificuldade e não vistas são aquelas que necessitaram de checagem. Detecta-se portanto, que no fator 2, mais da metade do número de árvores, 58,6%, necessitaram de checagem. A proporção de árvores não vistas foi muito alto no uso desse fator, 23,2%, o que indica que para cinco árvores amostradas uma não era vista pelo operador do relascópio. Além disso, 6,4% dos 35,4% do número de árvores que eram vistas com dificuldade, e 6,7% dos 23,2% das árvores foram descartadas da amostra, após a checagem, pois estavam fora da parcela.

No fator 3, 40% das árvores precisaram de checagem, porém, nenhuma delas foi descartada da amostra. Desse percentual, 31,7% eram vistas com dificuldade, ao passo que apenas 8,3% não eram vistas pelo operador do relascópio. O fator 4 foi o que apresentou maior facilidade de campo, pois apenas 24,2% das árvores necessitaram

de checagem. Nota-se que a proporção de árvores não vistas pelo operador não foi muito diferente entre os fatores 3 e 4: 8,3 e 6,3%, respectivamente.

Segundo Schreuder et al. (1993), a proporção de árvores vistas com dificuldade pode diminuir com a experiência do operador. Porém, quando um fator apresenta uma grande proporção de árvores não visíveis, ele não deve ser usado, pois acarretará erros na estimativa da área basal da floresta.

### 3.3.6 Esforço amostral

As figura 7, 8 e 9 representam, respectivamente, as curvas de acréscimo do número de espécies em função dos pontos de amostragem, número de indivíduos e tempo gasto no processo de amostragem para os três fatores de área basal empregados, construídas a partir de reamostragem pelo método de Bootstrap.

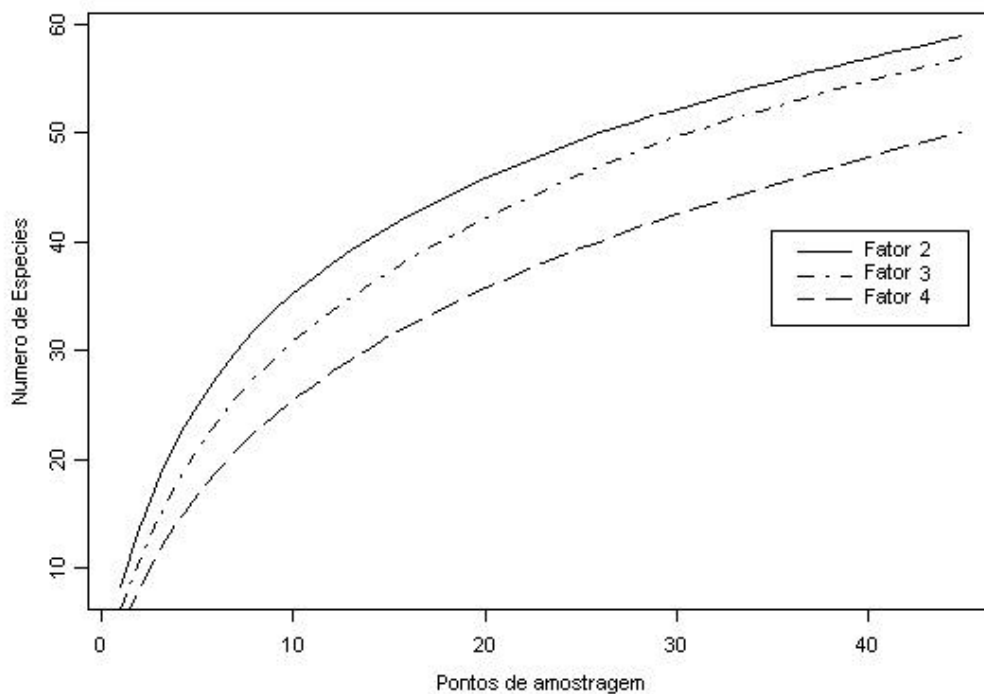


Figura 7 - Curva espécie-ponto de amostragem para os três fatores de área basal testados

Visualiza-se na figura 7 que as curvas referentes aos fatores 2 e 3 apresentam inclinações parecidas, sendo a do fator 2 um pouco mais acentuada até o décimo quinto ponto amostral. A partir desse ponto, nota-se uma aproximação da curva relativa ao fator 3, chegando no 45<sup>o</sup> ponto com um diferença de apenas duas espécies. A curva relativa ao fator 4 apresenta pequena inclinação, terminando a amostragem com apenas 50 espécies. Nota-se que nenhuma das curvas se estabiliza, sugerindo que nenhum dos métodos conseguiu capturar a riqueza da comunidade.

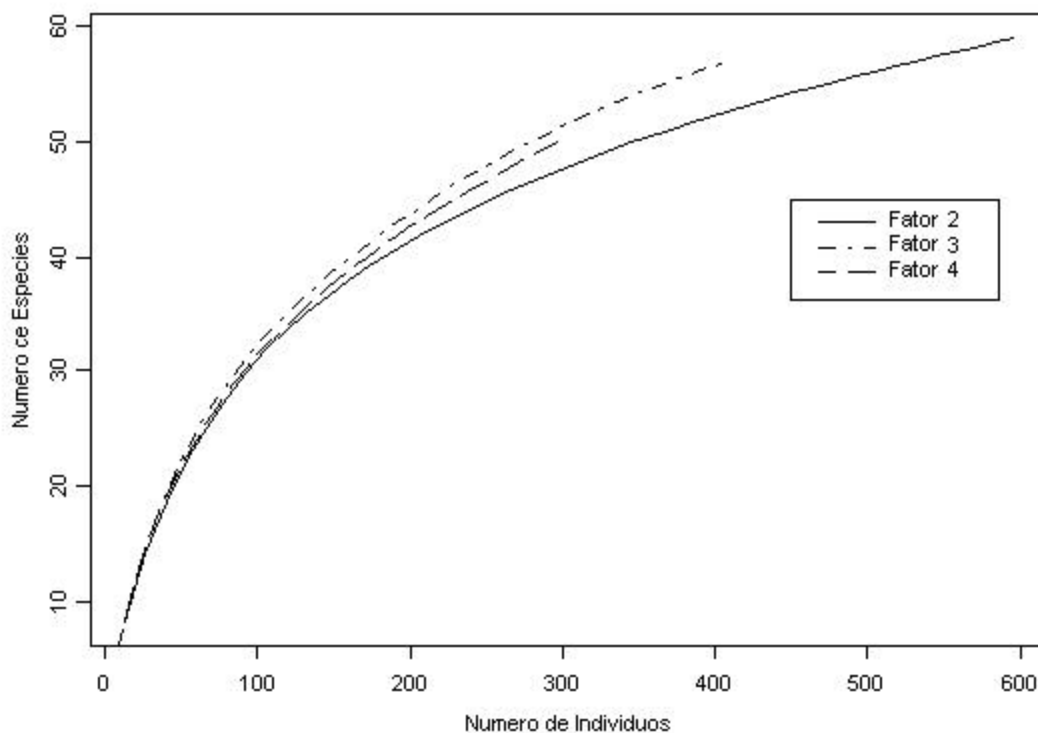


Figura 8 - Curva espécie - indivíduos amostrados para os três fatores de área basal testados

Na Figura 8 é possível observar que para 100 indivíduos amostrados, os três fatores apresentam aproximadamente o mesmo número de espécies. Para 200 indivíduos amostrados, o fator 3 apresenta um maior número de espécies em relação aos demais fatores. O fator 2 foi o que apresentou o menor número de espécies, e esse

comportamento se repete na marca dos 300 indivíduos amostrados. Com 400 indivíduos amostrados é possível notar a superioridade do fator 3 em relação ao fator 2. A análise dessa figura sugere maior desempenho do fator 3 em relação aos demais fatores.

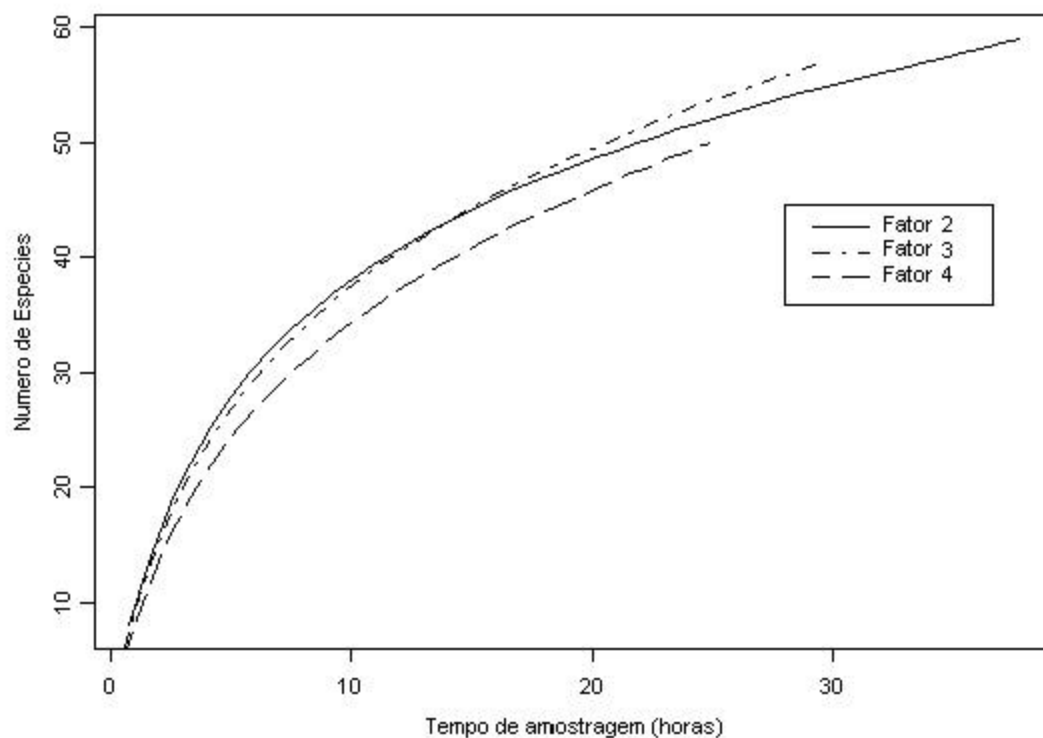


Figura 9 - Curva espécie - tempo de amostragem para os três fatores de área basal testados

Nota-se na figura 9 que até 13 horas de tempo gasto na amostragem o fator 2 foi levemente superior ao fator 3. A partir desse ponto o fator 3 amostrou um maior número de espécies, e se a amostra terminasse com 30 horas, o fator 3 seria superior ao fator 2 na amostragem da riqueza da comunidade. O fator 4 foi o que apresentou novamente o pior desempenho.

### 3.4 Conclusões

Não ocorreram diferenças na estimativa da área basal entre os fatores empregados, nem tampouco quanto a diferenças na precisão das estimativas, uma vez que todas foram em torno de 4%, bastante aceitável para florestas nativas. Não ocorreram diferenças significativas nos valores do índice de diversidade e de equabilidade. A porcentagem de espécies com densidade igual ou inferior a um indivíduo por hectare foi proporcional ao fator de área basal empregado. A relação entre o número de indivíduos e número de espécies amostradas diminuiu com o fator de área basal, em razão da diminuição do número de indivíduos amostrados

Não ocorreram diferenças significativas na estrutura da comunidade, uma vez que as espécies mais importantes foram as mesmas para os três fatores testados. O fator 2, apesar de amostrar maior número de espécies, gastou muito tempo na amostragem e apresentou dificuldades na visualização das árvores em campo. O fator 4, por sua vez apresentou maior facilidade de campo, menor tempo gasto na amostragem, porém amostrou menor número de espécies e famílias botânicas.

Dentre os fatores testados, o fator 3 foi o que apresentou melhor combinação de resultados, uma vez que comparado ao fator 2, gastou menos tempo e apresentou maior facilidade em campo. Comparativamente ao fator 4, apesar de gastar mais tempo e apresentar menor facilidade de campo, apresentou diferença significativa no número de espécies amostradas.



#### **4 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE PARCELA DE ÁREA FIXA, PONTOS QUADRANTES E PONTOS DE BITTERLICH, PARA AMOSTRAGEM DA DIVERSIDADE ALFA DA COMUNIDADE ARBÓREA DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS CAETETUS, GÁLIA, SP.**

##### Resumo

Este trabalho teve como objetivo comparar os métodos de parcelas de área fixa, pontos quadrantes e pontos de Bitterlich na estimação da diversidade alfa da comunidade arbórea da Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. Adotou-se como critério de inclusão árvores com DAP  $\geq 10$ cm. As 100 parcelas contíguas de 10x10m amostraram 59 espécies. Os 177 pontos quadrantes amostraram 69 espécies. Os 45 pontos de Bitterlich amostraram através do fator de área basal igual a  $3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , 57 espécies. *Ocotea indecora* foi favorecida pelo método de Bitterlich. O método de Bitterlich apresentou dificuldade de aplicação em campo devido a falta de visibilidade em alguns pontos da amostra. Porém apresentou melhor desempenho na amostragem de espécies no esforço amostral por unidades amostrais. O método de quadrantes apresentou melhor desempenho no esforço amostral por tempo.

Palavras-chave: parcela de área fixa, método de Bitterlich, pontos quadrantes, diversidade, densidade, floresta estacional semidecidual.

FIXED AREA PLOT, CENTERED QUARTER METHOD, AND BITTERLICH POINT FOR ALFA-DIVERSITY SAMPLING IN A ARBOREAL COMMUNITY OF CAETETUS ECOLOGICAL STATION, GÁLIA, SP.

Summary

Three sampling methods were compared for survey tree species community in Caetetus Ecological Station, Gália, SP: fixed area plot (100 contiguous plots), point centered quarter method and Bitterlich method). The criterion of inclusion adopted was all trees with  $DBH \geq 10\text{cm}$ . The 100 contiguous plots of  $10 \times 10\text{m}$  showed 59 species. The 177 centered quarter method sampled 69 species and the 45 angle count points (basal area factor =  $3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) showed 57 species. *Ocotea indecora* was favored by the Bitterlich method. Bitterlich method presented difficulty in field operation due to the lack of visibility in some sample points. However it better presented performance in the sampling of species in the amostral effort for plots. The centered quarter method was better in the amostral effort for time.

Keywords: fixed area plot, angle count sample, point centered quarter method, diversity, density, semideciduous forest

## 4.1 Introdução

A diversidade alfa é estudada na escala de uma comunidade ecológica (Whittaker, 1972; Martins & Santos, 1999). Sua importância decorre da relação com os processos de sucessão e restrições ambientais (Schluter & Ricklefs, 1993).

As medidas de diversidade podem ser classificadas em três grupos: a) medidas de riqueza; b) medidas de abundância; e c) medidas de heterogeneidade. As medidas de riqueza mais frequentes são o número de espécies por unidade de área ou pelo número de indivíduos amostrados (Magurran, 1988; Martins & Santos, 1999). Os modelos de abundância são pouco utilizados para descrever a diversidade da floresta (Rolim & Nascimento, 1997). Segundo Martins & Santos (1999) tem sido mais comumente utilizado o índice de heterogeneidade de Shannon para a caracterização da diversidade da comunidade.

A estimação de medidas de diversidade é obtida mediante a aplicação de métodos de amostragem. O método de parcelas de área fixa tem sido mais utilizado para o estudo das relações entre as espécies com o ambiente (Durigan et al., 2000). Dentre os métodos baseados em distâncias, o método de quadrantes ou point-centered quarter method é o mais usado em fitossociologia (Rodrigues, 1988). Cottam & Curtis (1956) recomendam seu uso em virtude de fornecer mais dados por ponto de amostragem e ser menos sujeito a erros subjetivos quando comparado aos outros métodos de distâncias.

Sua aplicação consiste no estabelecimento, dentro do povoamento a ser amostrado, de pontos distribuídos de modo sistemático. Tais pontos são divididos em quatro quadrantes. Em cada quadrante é amostrado o indivíduo mais próximo ao ponto. Registra-se a espécie, o diâmetro e a distância ponto-árvore. Desse modo em cada unidade amostral são observadas 4 árvores (Rodrigues, 1988).

A distância entre os pontos deve ser estabelecida de modo que não permita que uma mesma árvore seja amostrada por pontos distintos. Essa distância deve ser igual ao dobro da distância máxima entre as árvores mais próximas, que é obtida mediante um levantamento piloto de 30 medições (Rodrigues, 1988).

Martins (1993) cita que as principais vantagens do método são: eliminação da influência da forma de parcela sobre os resultados; facilidade na locação dos pontos de amostragem, uma vez que seguem uma trilha determinada; maior área de amostragem, possibilitando um maior conhecimento da vegetação; maior consistência na comparação dos resultados obtidos em diferentes povoamentos do mesmo tipo de vegetação e ganho de tempo no campo.

De fato, esta última vantagem favorece muito a escolha do método sobre o uso de parcelas de área fixa. Gibbs et al. (1980) afirmaram que 84 pontos de quadrantes exigiu menos de um terço do tempo para o levantamento das árvores presentes em 32 parcelas de 15x15 m. O método de quadrantes tem sido mais indicado para a amostragem da diversidade florestal. Essa vantagem ocorre pela facilidade da aplicação do método em campo e a possibilidade de amostrar um gradiente ambiental (Martins, 1993; Pagano, 1995).

Alguns trabalhos aplicaram mais de um método amostral em uma comunidade florestal, a fim de selecionar o mais adequado na estimação da diversidade da floresta (Gibbs et al., 1980; Dias et al., 1989; Korning et al., 1991; Cavassan et al., 1991; Pagano et al., 1995; Moscovich et al., 1999).

O método de Bitterlich apesar de ter sido desenvolvido para a estimação da área basal da floresta, também pode ser utilizado em estudos ecológicos (Mueller-Dombois & ElleMBERG, 1974; Batista, 1998). Nesse método as árvores são amostradas com probabilidade proporcional ao tamanho (Péllico Netto & Brena, 1997). São poucos os estudos fitossociológicos que empregaram o método de Bitterlich (Moscovich et al., 1999; Dias, 1989; Negreiros, 1995; Batista et al., 1998; Vanini, 1999).

O objetivo deste trabalho é comparar os métodos de amostragem de parcelas de área fixa, pontos quadrantes e pontos de Bitterlich na estimação da diversidade de espécies.

## 4.2 Material e Métodos

### 4.2.1 Caracterização da área de estudo

A Estação Ecológica dos Caetetus localiza-se entre as coordenadas geográficas: 22°22' a 22° 27'S e 49°40' a 49°43'W, nos municípios de Gália e Alvinlândia, região oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). A vegetação estudada classifica-se como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso et al., 1991). O Clima da região, segundo classificação de Köppen, é Cwa: Quente com inverno seco e com temperatura máxima anual de 30°C, mínima de 10°C e média de 20°C. A precipitação anual é de 1.480mm e está concentrada nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, sendo maio e junho os meses mais secos do ano Tabanez & Durigan<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> TABANEZ, M.; DURIGAN, G. (Instituto Florestal do Estado de São Paulo, São Paulo, SP). Plano de Manejo da Estação Ecológica dos Caetetus, Gália-SP. (Em elaboração)

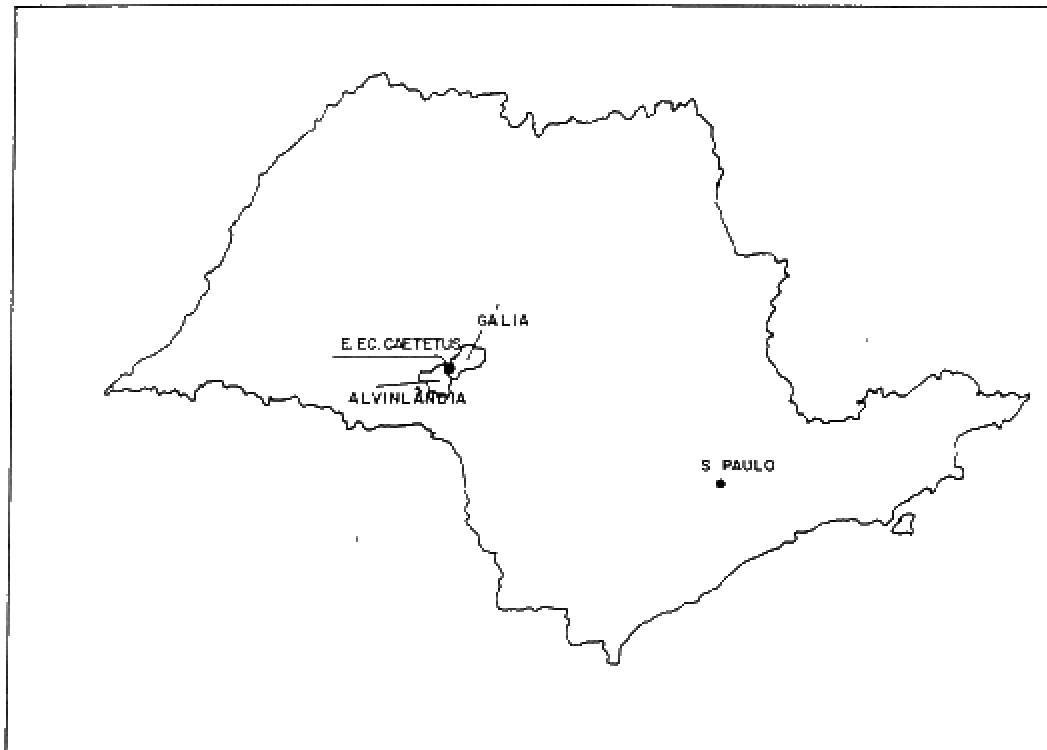


Figura 1 - Localização da Estação Ecológica dos Caetetus

O ambiente escolhido para a realização do trabalho apresenta altitude média de 580m com declividade pequena e constante (5%). O tipo de solo encontrado na área é o que predomina na reserva, Podzólico Vermelho -Amarelo tb, eutrófico e textura arenosa. Não há evidências atuais da ocorrência de incêndios nem tampouco de extração de madeira na área (Figura 2).

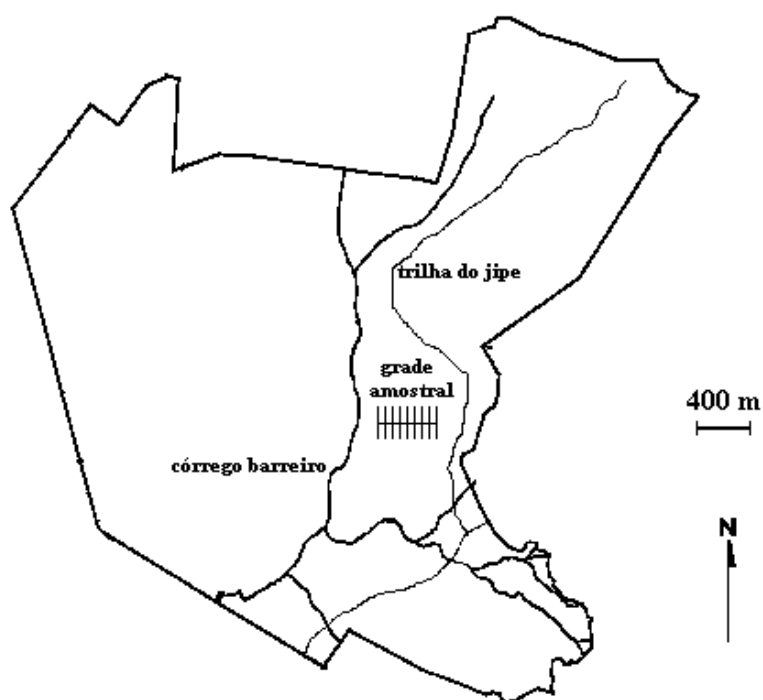


Figura 2 - Localização da área de estudo (grade amostral).

#### 4.2.2 Delineamento amostral

Para a locação das unidades amostrais referente aos 3 métodos de amostragem evitou-se áreas de borda e áreas sob influência de canais de drenagem. Para a amostragem pelo método de parcela de área fixa instalou-se 100 parcelas contíguas de 10 x 10m de modo a formar uma área quadrada de 1 hectare. Esta área foi locada ao lado da trilha 12 da reserva (Figura 10).

Para os métodos de pontos quadrantes e pontos de Bitterlich, instalou-se trilhas perpendiculares à trilha 12 distanciadas entre si em 60m. Em todas as trilhas a distância entre os pontos quadrantes foi de 15m, totalizando 177 pontos. Os pontos de Bitterlich foram locados à distância de 60m, totalizando 45 pontos (Figura 10).

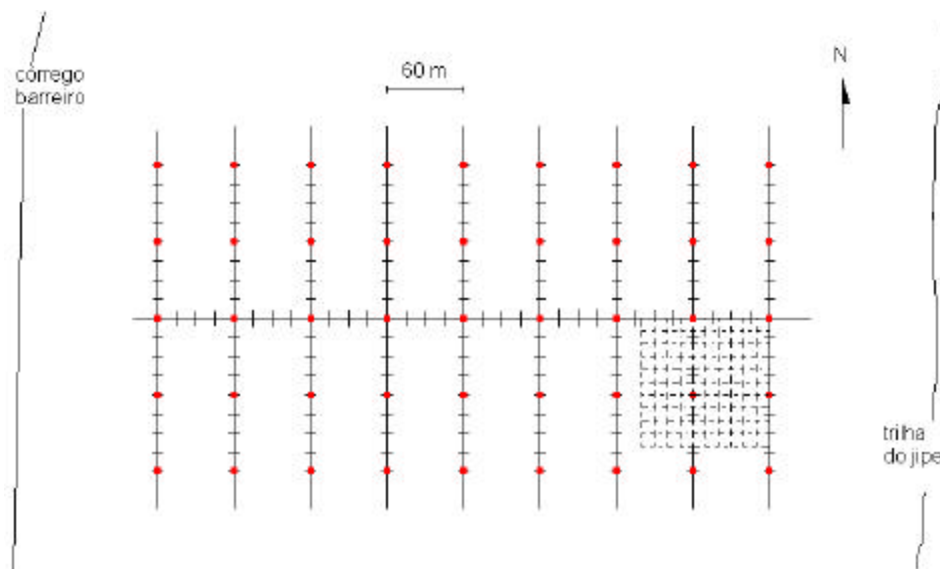


Figura 10 - Delineamento amostral com as parcelas de área fixa (linha tracejada), pontos quadrantes (traços horizontais) e pontos de Bitterlich (quadrados).

Utilizou-se bússola para o fornecimento do azimute e a distância entre os pontos foi obtida com um medidor de distância a ultrassom (vertex). Os pontos foram marcados com canos de PVC numerados.

#### 4.2.3 Procedimento de Campo

Após a montagem da grade de pontos fez-se a amostragem pelo método de quadrantes. Nesse método o líder da equipe realizava as atividades de leitura do Vertex (distância ponto-árvore) e anotação dos dados de diâmetro e identificação das



espécies. Quando essas eram desconhecidas ou incertas, fez-se a coleta de material vegetativo através da técnica de escalada.

O líder da equipe, quando no levantamento por Bitterlich, adicionalmente a essas atividades, realizava a visada com relascópio de espelho, utilizando a banda do fator de área basal de  $3\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  e checagem para verificação se a árvore entrava de fato na amostragem.

Um auxiliar era encarregado de medir o diâmetro a altura do peito (DAP) com fita diamétrica e plaquear as árvores amostradas, com placas de alumínio numeradas e pregos de aço zincado. Um segundo auxiliar tinha a função de colocar o emissor do ultrassom do vertex junto a árvore a fim de possibilitar a mensuração da distância ponto-árvore. Eventualmente, esse segundo auxiliar, ajudava na mensuração do DAP das árvores grandes.

O levantamento por parcelas de área fixa foi realizado com equipe de 3 membros. Um identificador, um mensurador e um anotador. Nos três métodos amostrou-se apenas os indivíduos com DAP maior ou igual a 10cm.

Em cada unidade amostral, com exceção do método de área fixa, o processo de amostragem, foi dividido nas etapas de locação, deslocamento, mensuração e identificação das árvores. Para cada uma dessas etapas procedeu-se a tomada de tempo através do método de tempo contínuo, conforme proposto por Seixas (1998). A tomada de tempo para locação dos pontos foi feita para a trilha conjuntamente. Desse modo o tempo de locação dos pontos corresponde ao tempo médio gasto por trilha.

#### **4.2.4 Cálculo dos índices quantitativos**

Para representar quantitativamente os 3 métodos testados foram calculadas as seguintes quantias:

Área de abrangência: nas parcelas de área fixa é a soma da área das parcelas enquanto nos pontos (quadrantes e Bitterlich) é a área coberta pela grade de pontos.

Área efetivamente amostrada: nas parcelas de área fixa é a soma da área das parcelas. No método de Bitterlich essa área não é definida. No método de quadrantes equivale a soma das áreas das árvores amostradas.

Para a descrição da comunidade arbórea foram calculados os seguintes índices pelos 3 métodos:

Número de indivíduos amostrados pelos três métodos

Número de espécies

Índice de diversidade de Shannon (Pielou, 1975)

Índice de equabilidade (Magurran, 1988)

Porcentagem de espécies com densidade menor ou igual a um hectare

Coeficiente de mistura: é a razão entre o número de indivíduos amostrados e o número de espécies amostradas.

Também foram calculados os índices fitossociológicos para cada espécie individualmente:

D – densidade absoluta (árvores ha<sup>-1</sup>)

DR – densidade relativa (%)

G – dominância absoluta (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)

F – frequência absoluta (%)

FR – frequência relativa (%)

VI – valor de importância (%)

$$VI = (DR + GR + FR)/3$$

VC – valor de cobertura (%)

$$VC = (DR + GR)/2$$

O cálculo desses índices no método de parcelas de área fixa e de quadrantes é bastante direto e pode ser encontrado em Martins (1993).

Para o método de Bitterlich as fórmulas já foram apresentadas no capítulo anterior.

## 4.3 Resultados e Discussão

### 4.3.1 Delineamento amostral

A Tabela 5 apresenta o resultado da montagem do delineamento amostral obtidos pelos 3 métodos empregados. Nota-se que a área de abrangência da amostra por quadrantes, 11,52 ha, foi a mesma que a obtida pelos pontos de Bitterlich, uma vez que a área coberta pela grade de pontos é a mesma.

Em virtude das parcelas de área fixa serem locadas de modo contíguo, essas parcelas amostraram apenas 1 ha. A área efetivamente amostrada pelo método de quadrantes foi de 1,24 ha.

Os três métodos de amostragem apresentaram também diferenças na quantidade de unidades amostrais empregadas na área. Nota-se que para cada ponto de Bitterlich foram locados 3,93 pontos quadrantes.

Tabela 5. Delineamento amostral

Critério	Parcelas	Bitterlich	Quadrantes
Unidade amostral	10x10m	parcela de área variável	4 árvores
Número de unidades amostrais	100	45	177
Número de indivíduos amostrados	547	408	708
Área de abrangência (ha)	1	11,52	11,52
Área efetivamente amostrada (ha)	1	nd	1,24
Densidade de amostragem (u.a./ha)	8,68	3,91	15,36

nd. - não definida

u.a. - unidade amostral

Um critério que apresentou diferenças marcantes entre as amostras foi o número de indivíduos. Ocorreu uma diminuição de 25,41% quando se compara o amostra por parcela com a amostra por Bitterlich. O método de quadrantes, por sua vez

amostrou 29,43% indivíduos a mais que a parcela. Interessante notar que ocorreu uma queda de 42,37% quando se compara o método de quadrantes com o método de Bitterlich (Tabela 5).

#### 4.3.2 Riqueza e Diversidade

A tabela 6 apresenta as medidas de diversidade obtidas pelas diferentes amostras. Os métodos de parcelas, Bitterlich e quadrantes amostraram, respectivamente, 59, 57 e 69 espécies. A análise desses valores sugere uma certa superioridade do método de quadrantes sobre os demais. Nota-se que ocorre um aumento de 16,95% na riqueza de espécies da comunidade, quando se compara a amostra por quadrantes com a amostra obtida pelo método de parcelas. A diferença entre os métodos de Bitterlich e parcelas foi de apenas 3,39%. A amostra por quadrantes amostrou 12 espécies a mais que a obtida pelo método de Bitterlich, que equivale ao acréscimo de 21,05%.

Tabela 6. Medidas de diversidade obtidas pelos métodos de amostragem

Parâmetro	Parcelas	Bitterlich	Quadrantes
Número de espécies	59	57	69
Índice de diversidade de Shannon (H')	2,85	2,98	3,23
Índice de equabilidade (J)	0,70	0,74	0,76
% de espécies c/ densidade $\leq 1$ árvore ha <sup>-1</sup>	35,60	24,56	30,43
Número de indivíduos por espécie	9,27	7,03	10,26

A análise dos valores do índice de Shannon, sugere que o método de quadrantes foi superior para a amostragem da diversidade da comunidade. A interpretação dos valores do índice de equabilidade denota que a comunidade amostrada por quadrantes estar mais equitativa.

O método de parcelas capturou maior número de espécies com densidade igual ou inferior a um indivíduo por ha. É interessante notar que na amostragem das espécies com densidade igual ou inferior a um indivíduo por hectare o método de

quadrantes foi inferior aos demais. O número de indivíduos por espécie foi maior no método de quadrantes (tabela 6).

Contudo a análise da tabela 6 não considera o esforço amostral, o qual foi bastante diferente nos três métodos.

### 4.3.3 Espécies dominantes

A figura 11 apresenta o comportamento das 3 espécies dominantes da comunidade. A amostra gerada pelo método de parcelas apresentou maiores diferenças nos valores de importância entre essas espécies. Nota-se que *Metrodorea nigra* e *Ocotea indecora* quando amostradas pelo método de Bitterlich apresentaram o valor de importância muito próximos. A mudança de posição da espécie *Ocotea indecora* no método de Bitterlich ocorreu principalmente pelo maior valor de densidade. Nas três amostras a espécie *Savia dyctiocarpa* se destacou das demais. A comparação da amostra por quadrantes com a amostra por parcelas mostra a redução dos valores de importância. Isso ocorreu em razão da redução dos valores de densidade relativa das espécies no método de quadrantes (Anexos B, D e E).

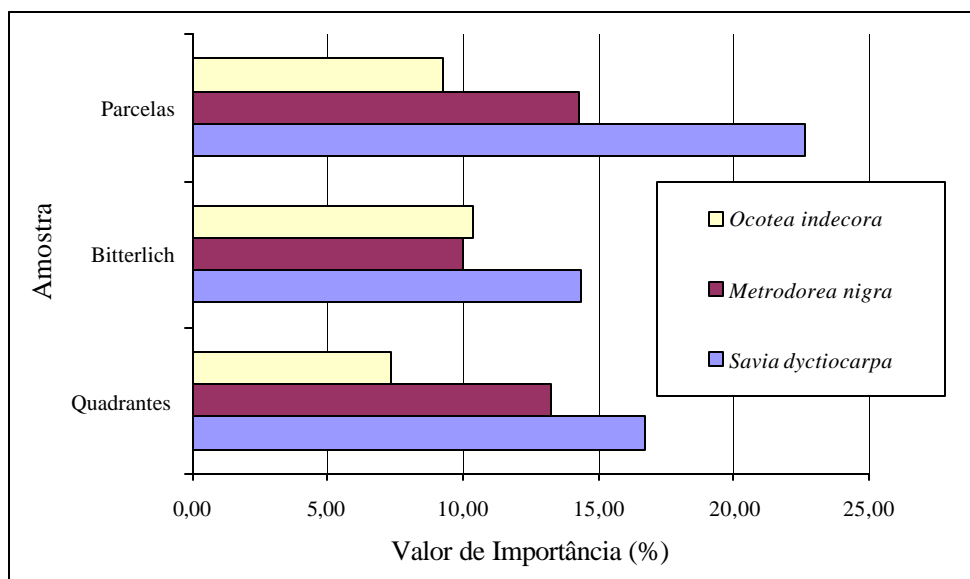


Figura 11 - Relação entre a amostra e as três espécies com maior valor de importância

#### 4.3.4 Esforço amostral

A figura 12 apresenta o acúmulo do número de espécies a medida que os indivíduos da floresta são amostrados. Detecta-se que os métodos de Bitterlich e pontos quadrantes foram superiores ao método de parcelas de área fixa. Nota-se a superioridade do método de Bitterlich até a marca dos 200 indivíduos amostrados. Isso ocorreu porque o método de Bitterlich amostra maior número de indivíduos por unidade amostral. Não ocorreu diferença na inclinação da curva entre os métodos testados. As curvas não apresentaram estabilização. Isso sugere que os três métodos não conseguiram capturar a riqueza da comunidade.

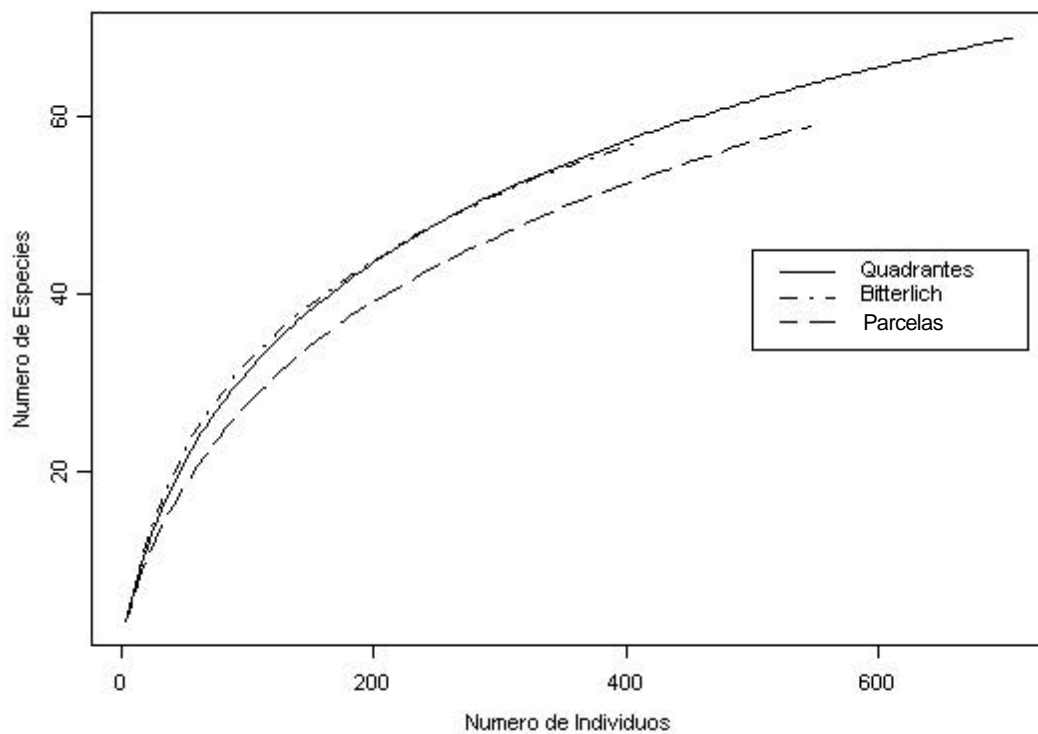


Figura 12 – Curva espécie - indivíduos amostrados

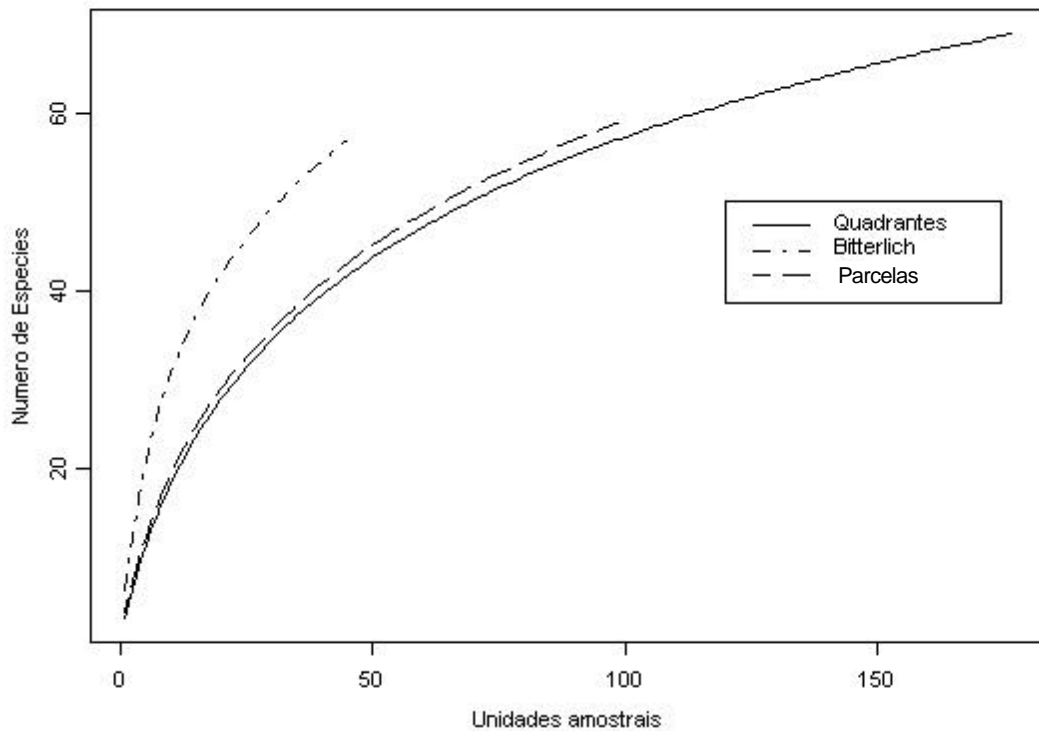


Figura 13 – Curva espécie - unidades amostrais

Na figura 13 as amostras são comparadas em função do acréscimo de unidades amostrais. Detecta-se que a inclinação apresentada pela amostra de Bitterlich é superior aos métodos de parcelas e quadrantes. A curva por parcelas apresentou-se superior à curva por quadrantes. Isso ocorreu porque o número médio de espécies por unidade amostral é superior aquele obtido no ponto quadrante.

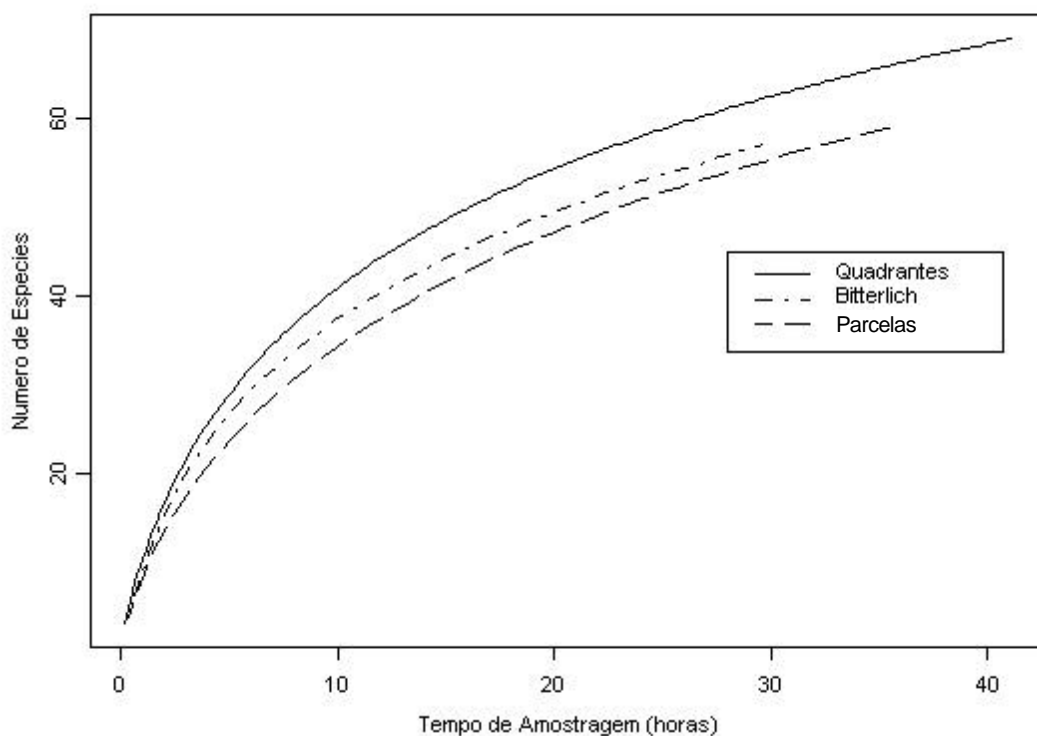


Figura 14 - Curva espécie tempo de amostragem

O esforço amostral por tempo (Figura 14), sugere superioridade do método de quadrantes sobre os demais métodos. Interessante notar que esse padrão ocorre desde o início da amostragem. O método de Bitterlich se aproximou mais ao método de parcelas.

#### 4.4 Conclusões

Os métodos de quadrantes e Bitterlich apresentaram o mesmo comportamento para amostragem da riqueza da comunidade, quando o esforço amostral é analisado de acordo com o número de indivíduos. Na análise do tempo como esforço amostral, o método de Bitterlich ficou próximo do método de parcelas. O método de quadrantes foi superior aos demais. O método de Bitterlich foi superior aos outros dois



métodos quando se analisou a amostragem de acordo com as unidades amostrais. O método de Bitterlich foi mais eficiente na amostragem da riqueza para o esforço amostral, número de indivíduos. Considerando o esforço amostral por tempo o método de quadrantes foi mais eficiente na amostragem da riqueza da comunidade.

As três espécies com maior valor de importância apresentaram a mesma posição no valor desse índice mediante a aplicação dos métodos de parcelas e quadrantes. *Ocotea indecora* foi favorecida pelo método de Bitterlich.

O método de Bitterlich amostra as árvores através de instrumentos ópticos. A presença de subosque denso e emaranhado de cipós na floresta dificulta o emprego desse método. A experiência do operador contribui para a diminuição do erro. Porém esse método apresenta a vantagem de amostrar maior número de espécies por unidade amostral.

## **5 PADRÃO ESPACIAL DA FLORESTA E AMOSTRAGEM POR QUADRANTES: UM ESTUDO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

### Resumo

O método de quadrantes tem sido bastante utilizado em levantamentos fitossociológicos de florestas tropicais. O método pressupõe que as árvores tenham um padrão espacial completamente aleatório para que a estimativa da densidade (árvore ha<sup>-1</sup>) não apresente viés. Neste trabalho, analisou-se através da simulação de Monte Carlo de florestas hipotéticas, o efeito de desvios da Completa Aleatoriedade Espacial (CAE) em direção a padrões agrupados e regulares, sobre a estimativa da densidade obtida pelo método de quadrantes para populações com diferentes densidades, bem como a influência do tamanho da amostra sobre as estimativas. O aumento do tamanho da amostra não mostrou efeito significativo na redução de viés. Entre os padrões de distribuição dos indivíduos testados através de simulação, o viés na estimativa da densidade obtida pelo método de quadrantes oscilou entre +70,3% (distribuição perfeitamente regular, correspondente ao padrão em *lattice*) e -75,7% (distribuição fortemente agrupada, correspondente ao padrão agrupado com raio médio de agrupamento de 25m). Com exceção das florestas com padrão espacial completamente aleatório e com padrão regular em *lattice* aleatorizado, em todos os outros padrões espaciais testados, não houve relação clara entre a densidade da floresta e a precisão da estimativa de densidade efetuada pelo método de quadrantes. O método de quadrantes superestima a densidade em florestas com padrão regular, e subestima a densidade em florestas com padrão agrupado.

É importante saber a priori, o padrão espacial dos indivíduos na floresta para que seja possível aplicar o método de quadrantes e interpretar corretamente os seus resultados.

Palavras-chave: densidade, viés, padrão espacial, quadrantes, floresta tropical

## ANALYSIS OF FOREST SPATIAL PATTERN AND POINT-CENTERED QUARTER METHOD THROUGH MONTE CARLO SIMULATION

### Summary

The point-centered quarter method (PCQM) is often used in phytosociological surveys of tropical forests. The method has a basic assumption that individual trees in the forest have a completely random spatial pattern. In this study, the effect of deviation from the complete spatial randomness on PCQM estimate of forest density was analysed through Monte Carlo simulation of hypothetical forests with regular and clustered spatial patterns with different densities. The influence of sample size was also analysed, but showed no marked effect on estimation biases. The relative bias on the tree density estimation varied from +70,3% (regular lattice spatial pattern) to -75,7% (strongly clustered spatial pattern). Tree density did not affect estimation bias, except for completely spatial pattern and randomized regular lattice pattern. The point-centered quarter method overestimates (positive bias) tree density for regular patterns and underestimates (negative bias) for clustered patterns. Previous knowledge of tree spatial pattern in a forest is necessary for correct implementation and results interpretation in this method.

keywords: density, bias, spatial pattern, point-centered quarter method, tropical forest

## 5.1 Introdução

O método de quadrantes, dentre os métodos de distância, tem sido o mais utilizado em levantamentos fitossociológicos de florestas tropicais. Sua grande difusão deve-se à economia de tempo na amostragem (Gibbs et al., 1980) e à possibilidade de amostrar uma maior área quando comparado ao método de parcelas de área fixa (Cottam & Curtis, 1956; Cavassan et al., 1991; Martins, 1993). O método pressupõe que as árvores tenham um padrão espacial completamente aleatório para que a estimativa da densidade (árvores ha<sup>-1</sup>) não apresente viés (Morisita, 1957<sup>1</sup> citado por Martins, 1993). Em amostragem, viés corresponde a diferença entre o valor da estimativa (amostra) e o valor do parâmetro (população).

No entanto, este padrão espacial ideal nem sempre corresponde à realidade em florestas tropicais naturais. Golley et al. (1975), analisando a distribuição espacial das árvores em diferentes tipos de floresta tropical no Panamá, constataram que as árvores, considerando as espécies conjuntamente, não são aleatoriamente distribuídas. Fatores como perturbações antrópicas, drenagem e características do solo afetam, segundo Richards (1996), a densidade das árvores na floresta. Quando se analisa isoladamente as populações de espécies arbóreas, a agregação dos indivíduos é ainda mais evidente e freqüente (Richards, 1996).

He et al. (1997), em levantamento de 50 ha da floresta tropical de Pasoh, Índia, amostraram 745 espécies arbóreas. Destas, 80,4% apresentaram distribuição espacial agrupada, 19,5% distribuição espacial aleatória e apenas uma espécie apresentou distribuição espacial regular. Além disso, os autores observaram que indivíduos da mesma espécie tendiam a apresentar distribuição espacial bastante agrupada quando jovens e distribuição menos agrupada ou aleatória quando adultos. Resultados muito semelhantes foram encontrados por Hubbell (1979) em floresta tropical seca na Costa Rica. Scolforo et al.(1993), afirmaram que

---

<sup>1</sup> MORISITA, M. A new method applicable to non-randomly distributed populations. **Physiology and Ecology (Seiri Seitai)**, v.7., 1957. p.134-144.

pelo menos 66% das espécies amostradas na floresta estacional semidecidual de Lavras apresentaram distribuição espacial não aleatória. Carvalho (1982), constatou que, dentre 106 espécies amostradas na Floresta Nacional do Tapajós, 21 ocorreram agrupadas e 29 tinham tendência a se agrupar.

Cottam et al. (1957), afirmaram que em populações com padrão espacial agregado, as distâncias médias obtidas tendem a ser altas e, conseqüentemente, o parâmetro densidade é subestimado. Mawson (1968), explica que, em padrões pontuais, valores altos de distância média significam baixa densidade, ao passo que pequenos valores de distância média significam alta densidade. Além disso, a variabilidade dessas distâncias pode indicar o padrão espacial em questão. Assim, quando a variância é maior que a média das distâncias, o padrão analisado é agrupado. Por outro lado, uma variância menor que a média pode indicar um padrão regular e a igualdade entre a variância e a média é um critério de aleatoriedade entre os pontos.

De acordo com Cottam et al. (1953), é importante saber previamente a distribuição espacial da população em estudo para que as mensurações sejam interpretadas de modo correto. Catana Jr. (1963), desenvolveu o método de quadrantes errático, que estima a densidade independentemente do padrão espacial da floresta. Mesmo assim, esse método apresentou subestimativas nos padrões agrupados testados.

Engeman et al. (1994), testaram através de simulação de Monte Carlo, o comportamento de vários estimadores de densidade em diferentes padrões espaciais, níveis de densidade e tamanhos amostrais. O método que apresentou melhor performance foi o de quadrantes com medidas de distância até o terceiro indivíduo mais próximo em cada quadrante. Porém, considerações devem ser feitas a respeito da dificuldade prática do método, principalmente em situações de campo difíceis.

Monte Carlo é uma técnica estatística que vem sendo utilizada para analisar processos estocásticos. O método permite o desenvolvimento de um modelo computacional

para estudar processos com um grupo de variáveis relacionadas (Naylor et al<sup>2</sup>, citados por Cassens et al., 1993).

Neste trabalho foi analisado o efeito de desvios da Completa Aleatoriedade Espacial (CAE) (Batista, 1994) em direção a padrões agrupados e regulares, sobre a estimativa da densidade obtida pelo método de quadrantes para populações com diferentes densidades, bem como a influência do tamanho da amostra sobre as estimativas.

## 5.2 Material e Métodos

### 5.2.1 Níveis de Densidade e Padrões Espaciais

Florestas hipotéticas foram geradas através da função *make.pattern*, do módulo de estatística espacial, do software *S-Plus*. Estas foram geradas com as densidades de 300, 600, 900, 1200 e 1500 árvores por hectare em uma janela de observação de 25 ha (500 x 500 m).

Adotou-se esses níveis de densidade, visando simular o critério de inclusão que pode ser empregado na utilização do método de quadrantes. Desse modo, quanto maior o diâmetro a altura do peito (DAP) ou altura mínima adotada, menor será a estimativa da densidade. A densidade também pode refletir características intrínsecas da floresta, como qualidade de sítio, fitofisionomia e grau de perturbação da floresta.

Os padrões espaciais analisados foram:

1. Padrão aleatório (Figura 15): gerado pelo processo espacial pontual de Poisson. Representa a Completa aleatoriedade Espacial (CAE) (Batista, 1994).

---

<sup>2</sup> NAYLOR, T.J.; BALINTFY, J.L.; BURDICK, D.S.; CHU, K. **Computer Simulation Techniques**. New York: John Wiley and Sons, 1966. 352p.

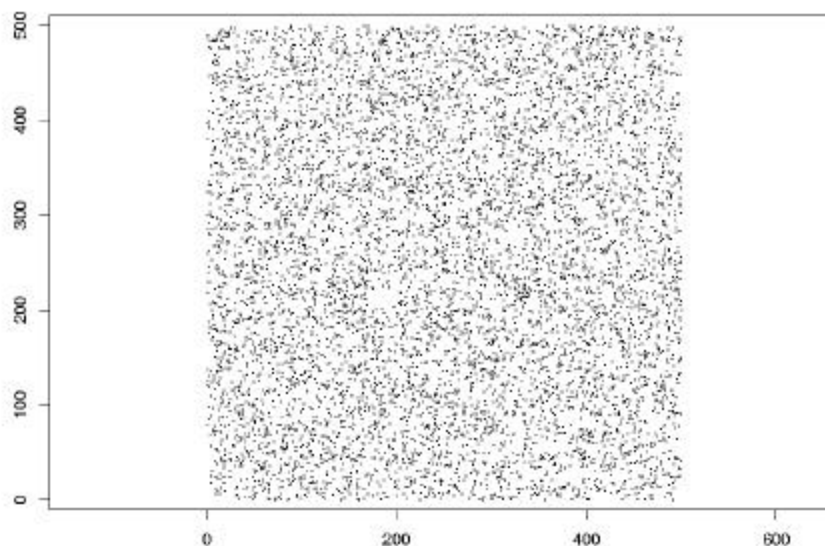


Figura 15 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500m), padrão espacial completamente aleatório (300 árvores ha<sup>-1</sup>).

2. Padrões agrupados: todos os padrões agrupados foram gerados pelo processo Neyman-Scott (Batista, 1994), sendo constante o número de agrupamentos (750). O grau de agrupamento variou de acordo com o raio médio de agrupamentos: 25 (Figura 16), 50, 75 (Figura 17), 100 e 125m (Figura 18). Quanto maior o raio médio do agrupamento menos agrupada a floresta.

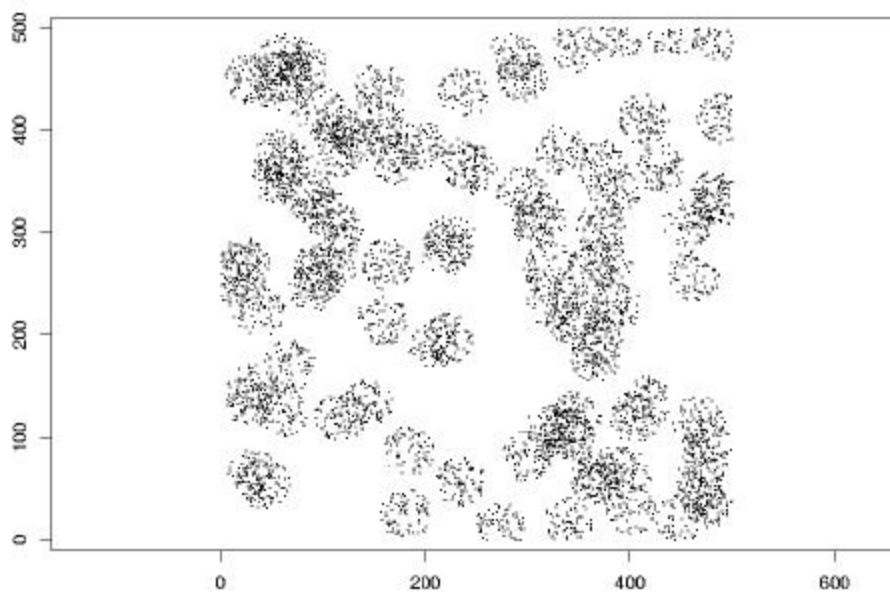


Figura 16 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500m) - padrão espacial agrupado ( $300 \text{ arvores ha}^{-1}$ ), raio de agrupamento = 25m.



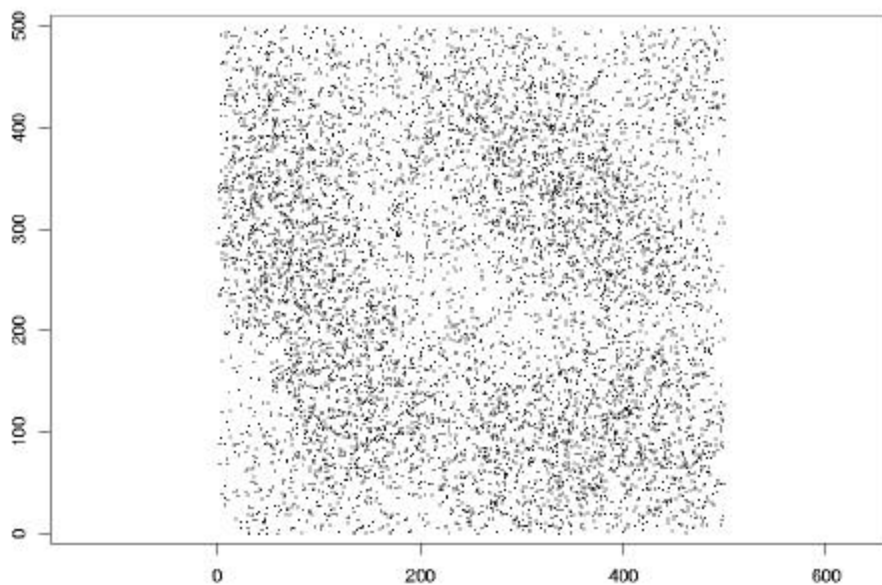


Figura 17 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500m) - padrão espacial agrupado ( $300 \text{ árvores ha}^{-1}$ ), raio de agrupamento = 75m.

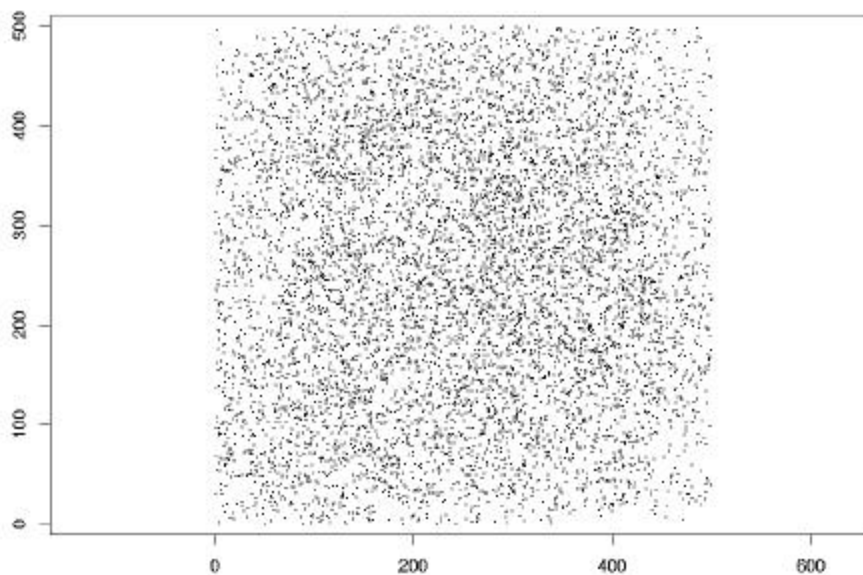


Figura 18 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500m) - padrão espacial agrupado ( $300 \text{ árvores ha}^{-1}$ ), raio de agrupamento = 125m.

3. Padrões regulares: foram gerados três padrões regulares utilizando três processos distintos:
- 3.1. *lattice*: onde as árvores ocupam os vértices de quadrados, representando um plantio onde o espaço entre linhas é o mesmo que entre plantas (Figura 19)

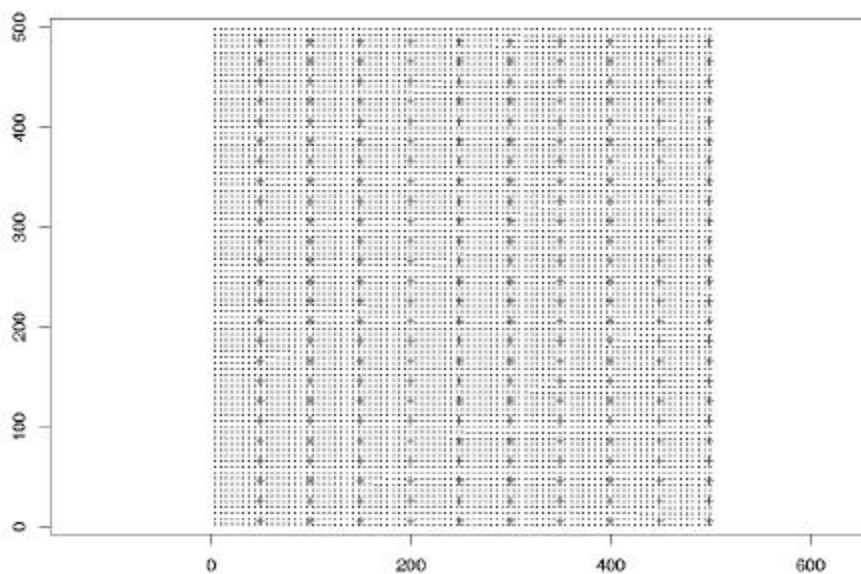


Figura 19 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500m) - padrão espacial em *lattice* (300 árvores ha<sup>-1</sup>), grade amostral de 250 pontos.

3.2. *lattice* aleatorizado gerado com base no anterior, porém adicionando um erro aleatório, de modo a atenuar a forma simétrica (Figura 20)

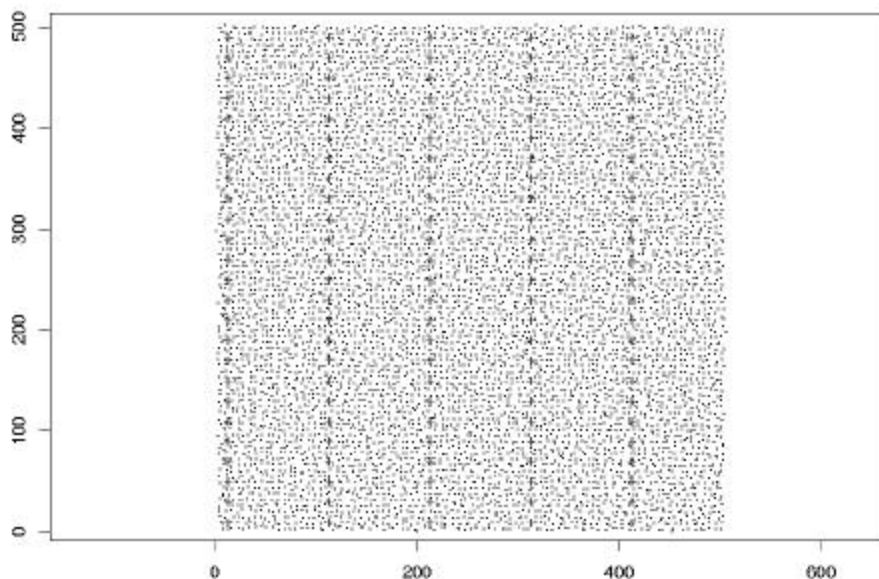


Figura 20 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500 m) - padrão espacial em *lattice* aleatorizado (300 árvores ha<sup>-1</sup>), grade amostral de 125 pontos.

3.3. Regularidade por inibição: gerado por um padrão aleatório onde existe um parâmetro que controla o raio de inibição, em que a probabilidade de ocorrer uma árvore vizinha é nula. Equivale a queda seqüencial de discos, onde as árvores situam-se nos centros destes discos, cujos raios não se sobrepõem. Assim quanto maior o raio de inibição mais regular a floresta. Para cada nível de densidade foram gerados 4 níveis de raio de inibição. A escolha dos níveis ocorreu em função da distância média entre árvores. Essa grandeza varia de acordo com a densidade da floresta. Desse modo o maior raio de inibição ( $r_4$ ) (Figura 21) corresponde a metade da distância média entre árvores. Os demais níveis formam uma progressão aritmética decrescente. O quociente desta progressão equivale a quarta parte do raio máximo ( $r_4$ ) (Tabela 7).

Tabela 7. Níveis de raios de inibição (m) para cada nível de densidade simulado

Densidade (árvores ha <sup>-1</sup> )	r1 (m)	r2 (m)	r3 (m)	r4 (m)	dist. média (m)
300	0,70	1,40	2,10	2,80	5,77
600	0,50	1,00	1,50	2,00	4,08
900	0,40	0,80	1,20	1,60	3,33
1200	0,40	0,70	1,05	1,40	2,89
1500	0,30	0,60	0,90	1,20	2,58

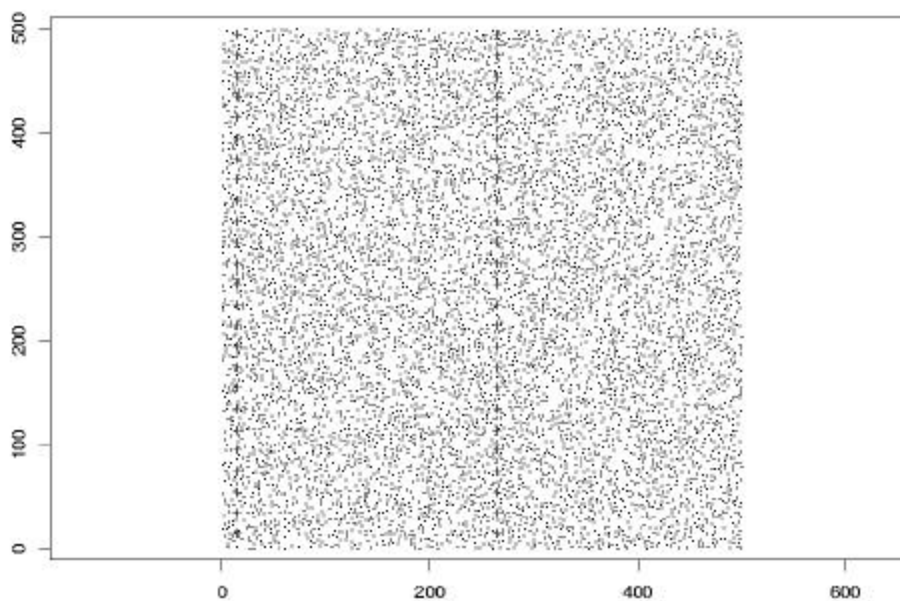


Figura 21 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500 m) - padrão espacial regular por inibição (300 árvore ha<sup>-1</sup>), raio de inibição = 2,8m (r4), grade amostral de 50 pontos.

A Figura 22 representa a floresta gerada com r1, para a densidade de 300 árvores por hectare.

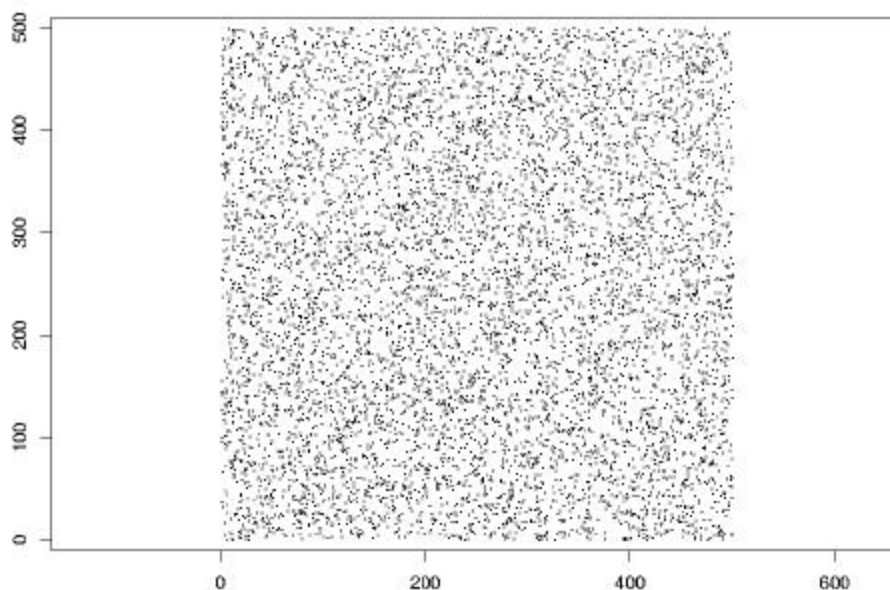


Figura 22 - Janela de observação de 25 ha (500 x 500 m) - padrão espacial regular por inibição ( $300 \text{ árvores ha}^{-1}$ ), Raio de inibição = 0,7m ( $r_1$ )

### 5.2.2 Grades de Amostragem

Testaram-se três tamanhos amostrais, a fim de verificar se esse fator tem influência na precisão da estimativa da densidade da floresta.

Para que a área de abrangência ocupasse totalmente a janela de observação de 25 ha, a distância entre trilhas na grade diminuiu à medida que o tamanho de amostra aumentou, tendo a seguinte relação:

Amostra 1: 50 pontos com distância entre trilhas de 200m (Figura 21)

Amostra 2: 125 pontos com distância entre trilhas de 100m (Figura 20)

Amostra 3: 250 pontos com distância entre trilhas de 50m (Figura 19)

Em todas as trilhas o espaço entre pontos foi de 20 metros, em razão de que no método de quadrantes há uma restrição em se amostrar a mesma árvore em pontos consecutivos (Martins, 1993). Desse modo, esse valor foi obtido tomando-se por base a floresta com menor grau de densidade (300 árvores ha<sup>-1</sup>).

### 5.2.3 Simulações de amostragem

Foram feitas 1000 simulações de amostragem para cada uma das 180 combinações (12 padrões espaciais, 5 densidades e 3 intensidades amostrais). As simulações da amostragem foram realizadas de acordo com o seguinte método:

1. Sorteio do ponto inicial da grade, excluindo a área de borda;
2. Estabelecimento da grade a partir do ponto inicial, cada ponto da grade sendo um ponto quadrante;
3. Mensuração das distâncias ponto-árvore, considerando-se somente um indivíduo em cada quadrante;
4. Cálculo da distância média ponto-árvore;
5. Estimativa da densidade da floresta, obtida através da fórmula:

$$\hat{D} = \frac{10000}{\bar{d}^2} \quad (15)$$

onde:

$\hat{D}$  = densidade estimada (árvores ha<sup>-1</sup>)

$\bar{d}$  = distância média da amostra (m) (Martins, 1993)

5. Cálculo do Viés relativo (VR), em porcentagem

$$VR(\%) = \frac{\hat{D} - D}{D} \times 100 \quad (16)$$

onde:

D = densidade população (parâmetro)

## 5.3 Resultados e Discussão

### 5.3.1 Completa Aleatoriedade Espacial

Os valores de viés relativo (VR) são expressos em porcentagem e valores negativos indicam uma subestimativa da densidade, ao passo que valores positivos correspondem a uma superestimativa. Na floresta completamente aleatória os valores de VR são mínimos, quase nulos, indicando que, de fato, não ocorre viés na estimativa da densidade quando a floresta apresenta aleatoriedade espacial (Anexo F).

Segundo Cottam et al. (1953), para se estimar a densidade com precisão, em florestas com padrão espacial aleatório, o número de pontos amostrais deve ser função da densidade da floresta, de modo que, florestas pouco densas necessitam de um número maior de pontos. Portanto, conforme esperado, para um mesmo tamanho amostral, os níveis de densidade mais baixos (300, 600 e 900 árvores ha<sup>-1</sup>) apresentaram valores mais altos de viés. Porém na floresta gerada com 1500 árvores ha<sup>-1</sup>, valores relativamente mais altos foram encontrados para os dois primeiros tamanhos amostrais (50 e 125 pontos), diferentemente do esperado (Anexo F).

Os valores médios do viés relativo (VR) na estimativa da densidade para cada tamanho amostral mostram que houve um ganho de precisão bastante reduzido, com o aumento de 50 para 125 pontos. Não ocorreu diferença entre a grade de 125 e 250 pontos.

### 5.3.2 Florestas com padrão espacial regular

A floresta com padrão em *lattice* quando amostrada pelo método de quadrantes, apresenta uma superestimativa da densidade em torno de 70%, para todos os níveis de densidade e tamanhos amostrais (Anexo F). Este valor deve ser considerado bastante elevado, uma vez que a estimativa da densidade para uma floresta com densidade



real de 1500 árvores  $\text{ha}^{-1}$ , seria de 2550 árvores  $\text{ha}^{-1}$ . Isso também acarreta uma significativa superestimativa da área basal, quando o método de quadrantes for aplicado na amostragem de florestas plantadas com espaçamento homogêneo, uma vez que há relação direta entre a densidade e a área basal da floresta (Martins, 1993).

A floresta com padrão em *lattice* aleatorizado apresentou valores de VR decrescentes de acordo com o aumento da densidade. Em média, há uma superestimativa em torno de 34%. O aumento do número de pontos amostrais também não reduziu os valores de VR. O fato do viés reduzir à medida em que a floresta fica mais densa pode ser explicado porque as distâncias entre as árvores diminuem, de modo a perder um pouco o efeito de regularidade. Mesmo assim, esse valor ainda é elevado e não se recomenda a utilização do método de quadrantes nesses casos. As florestas em *lattice* aleatorizado podem ser representações de plantios com espaçamento homogêneo em idade avançada, onde os processos de mortalidade e ingresso de novos indivíduos descaracterizam o aspecto homogêneo.

As florestas com padrão de regularidade por inibição (PRI), são caracterizadas pela presença de um parâmetro que restringe o estabelecimento de outra planta dentro de um raio de inibição. Quanto menor esse raio, mais aleatória tende a ser a distribuição das árvores na floresta. À medida em que se aumentam os raios de inibição, os valores de VR também aumentam, chegando até 28% para as florestas com PRI r4. O terceiro raio de inibição (r3) também apresentou uma superestimativa considerável, de 16,5%, em média. Os níveis r1 e r2 não apresentam valores muito altos de VR, correspondentes a aproximadamente 2,5 e 8,5%, respectivamente.

Nota-se que nas florestas com PRI r1 e r2, excetuando o último nível de densidade, parece haver uma relação direta entre a densidade e o viés. A diferença na precisão das estimativas foi muito pequena entre a grade de 50 e a de 125 pontos, e insignificante entre a grade de 125 e a de 250 pontos.

A Figura 23 apresenta uma comparação das curvas probabilísticas das estimativas de densidade, para as florestas com padrão espacial regular. A curva a esquerda

(linha mais escura), representa as estimativas de densidade para a floresta com completa aleatoriedade espacial. O traço vertical que corta essa curva representa a média da estimativa do parâmetro (300 árvores ha<sup>-1</sup>), que para esse tipo de floresta, é exato. Nota-se claramente que a estimativa da densidade aumenta a medida que se muda o tipo de regularidade. Nas florestas com regularidade por inibição a superestimativa aumenta a medida que se aumentam o raio de inibição. A floresta com regularidade do tipo *lattice* é a que apresenta maior superestimativa da densidade (510 árvores ha<sup>-1</sup>). A floresta com regularidade do tipo *lattice* aleatorizado produziu uma estimativa de 450 (árvore ha<sup>-1</sup>).

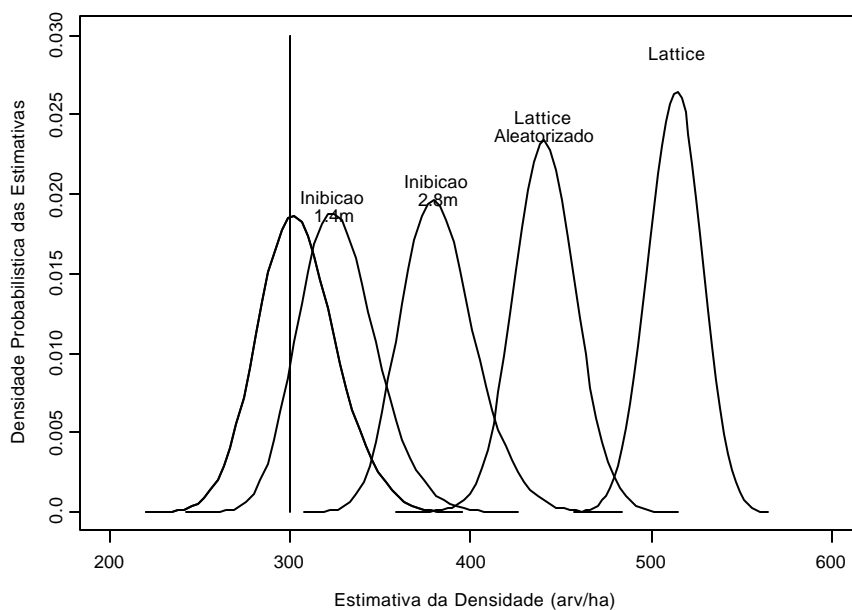


Figura 23 - Curvas de densidade probabilística relativa as 1000 simulações de amostragem, para os padrões espaciais regulares

De acordo com Batista (1994), o processo de inibição em florestas tropicais é uma indicação de competição por nicho. O autor encontrou uma tendência à regularidade para as árvores da floresta de Linhares, E.S., sendo que árvores de dossel apresentaram um padrão regular ainda maior, em razão de competição por luz. Bertani (2000), estudando uma mata ribeirinha em Ipeúna, S.P., concluiu que ocorreu uma tendência à regularidade entre as

árvores pertencentes aos sub-grupos vegetacionais sobre solos do tipo Areia Quartzosa/Cambissolo e Podzólico Vermelho Amarelo.

Florestas como essas, quando amostradas pelo método de quadrantes, podem apresentar superestimativas do parâmetro densidade. A superestimativa será proporcional ao raio de inibição entre as árvores.

### **5.3.3 Florestas com padrão espacial agrupado**

As florestas com padrão espacial agrupado com raio médio de agrupamento de 25m, maior grau de agrupamento estudado, apresentam valores de VR em torno de -75,1%. Nota-se que, para esse grau de agrupamento o aumento do tamanho da amostra aumentou o valores de VR, diferentemente do esperado. Isso também ocorreu nas floresta agrupadas com raio médio de agrupamento (RMA) de 50m e 75m, com valores médios de VR de -26,5 e -12,0%, respectivamente. A precisão das estimativas não parece estar relacionada com os níveis de densidade, e nem mesmo com os tamanhos amostrais testados (Anexo F).

Nas florestas agrupadas com RMA de 100m os valores de VR oscilam em torno de -13,0% e nas com RMA de 125m, essa variação apresenta média de -10%. É interessante observar que com o aumento do raio de agrupamento diminui-se os valores de viés relativo. Isso só não ocorreu quando se aumentou o RMA de 75 para 100m. Com esse aumento houve um acréscimo de -1,0% no valor de VR.

A queda dos valores de VR não é diretamente proporcional ao aumento do RMA. Detecta-se que as florestas com menores valores de RMA apresentam valores de VR próximos, (-10, -13 e -12%). A floresta com RMA de 50m apresentou mais que o dobro do VR destas, -26,5%. Houve um grande salto no valor de VR de -26,5% para -75,1%, quando o se diminui o RMA de 50 para 25m.

Isso se explica porque quando se aumenta os valores de RMA, ocorre sobreposição dos agrupamentos, aproximando a floresta do padrão aleatório.

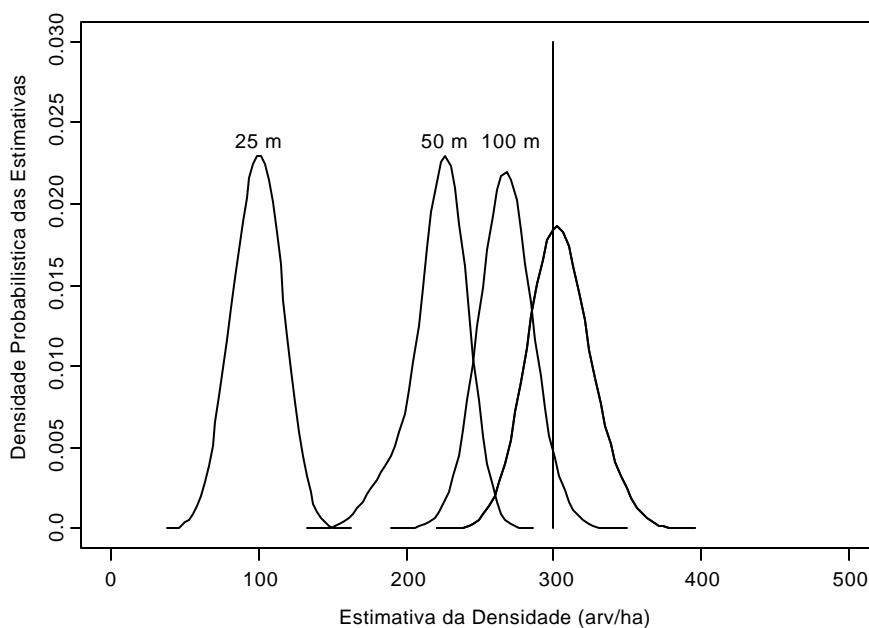


Figura 24 - Curvas de densidade probabilística relativa as 1000 simulações de amostragem, para os padrões espaciais agrupados (25m, 50m e 100m são os raios médios de agrupamento)

A análise da Figura 24, permite ver claramente que a estimativa da densidade se afasta da estimativa do parâmetro ( $300 \text{ árvores ha}^{-1}$ ), a medida que se diminui o raio médio de agrupamento.

Teoricamente, as formações florestais naturais apresentam um mosaico de clareiras com diferentes tamanhos, idades e densidades. Neste sentido, as florestas agrupadas com RMA maiores: 75, 100 e 125m parecem assemelhar-se às formações naturais. É importante ressaltar que os altos valores de viés obtidos nas florestas agrupadas de menor raio de agrupamento dificilmente são encontrados nas formações naturais.

Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Engeman et al. (1994), cuja amostragem pelo método de quadrantes produziu superestimativas nos padrões espaciais agrupados e subestimativas nos padrões espaciais regulares.

## 5.4 Conclusões

Entre os padrões de distribuição dos indivíduos testados através de simulação, o viés na estimativa da densidade obtida pelo método de quadrantes oscilou entre +70,3% (distribuição perfeitamente regular, correspondente ao padrão em *lattice*) e -75,7% (distribuição fortemente agrupada, correspondente ao padrão agrupado com raio médio de agrupamento de 25m).

Com exceção das florestas com padrão completamente aleatório e com padrão regular em *lattice* aleatorizado, em todos os outros padrões espaciais testados, não houve relação clara entre a densidade da floresta e o viés da estimativa de densidade efetuada pelo método de quadrantes.

O aumento do tamanho amostral não mostrou efeito significativo na redução dos valores do viés na estimativa da densidade pelo método de quadrantes.

O método de quadrantes superestima a densidade em florestas com padrão regular, e subestima a densidade em florestas com padrão agrupado.

É importante saber a priori o padrão espacial de distribuição dos indivíduos na floresta, para que seja possível aplicar o método de quadrantes e interpretar corretamente os seus resultados.

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

As análises levadas a efeito no capítulo 3 conduziram a escolha do fator de área basal  $3\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Esse fator apresentou a melhor combinação de resultados na estimação das medidas de diversidade e facilidade de aplicação no campo. A visibilidade das árvores deve nortear a escolha do fator para a realização do levantamento.

No capítulo 4, o método de quadrantes foi superior aos demais na estimação da riqueza da comunidade. Das três espécies com maior valor de importância, o método de Bitterlich favoreceu a espécie *Ocotea indecora*.

O capítulo 5, mostrou que o método de quadrantes não deve ser usado para estimar a densidade da floresta (árvores  $\text{ha}^{-1}$ ) quando não há certeza sobre a completa aleatoriedade espacial das árvores. No entanto, acredita-se que o método de quadrantes não apresente problemas na estimação da densidade relativa das espécies. Conseqüentemente não haveria viés nas estimativas de diversidade de espécies.

Dentre os métodos estudados o que apresentou melhor resultado para o levantamento da diversidade da comunidade foi o método de quadrantes.

## **ANEXOS**

Anexo A - As espécies amostradas pelo Método de Bitterlich (fator de área basal =  $2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Savia dyctiocarpa</i>	111	26	103,4	5,05	57,78	19,42	20,37	7,32	15,70	19,89
<i>Ocotea indecora</i>	34	20	71,0	2,32	44,44	13,34	9,36	5,63	9,44	11,35
<i>Metrodorea nigra</i>	27	18	91,8	1,27	40,00	17,25	5,14	5,07	9,15	11,19
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	37	27	23,5	1,68	60,00	4,42	6,79	7,61	6,27	5,60
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	26	17	17,8	1,18	37,78	3,35	4,77	4,79	4,30	4,06
<i>Centrolobium tomentosum</i>	22	16	22,4	1,00	35,56	4,22	4,04	4,51	4,25	4,13
<i>Syagrus oleracea</i>	17	15	23,9	0,77	33,33	4,49	3,12	4,23	3,95	3,81
<i>Gallesia integrifolia</i>	17	13	10,7	0,95	28,89	2,01	3,85	3,66	3,18	2,93
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	15	10	16,0	0,68	22,22	3,01	2,75	2,82	2,86	2,88
<i>Croton floribundus</i>	15	13	8,4	0,68	28,89	1,57	2,75	3,66	2,66	2,16
<i>Parapiptadenia rigida</i>	15	13	7,9	0,68	28,89	1,49	2,75	3,66	2,64	2,12
<i>Peltophorum dubium</i>	15	14	1,8	0,68	31,11	0,34	2,75	3,94	2,35	1,55
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	10	9	11,0	0,55	20,00	2,07	2,20	2,54	2,27	2,13
<i>Acacia polyphylla</i>	13	9	7,1	0,59	20,00	1,33	2,39	2,54	2,08	1,86
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	9	9	6,8	0,41	20,00	1,28	1,65	2,54	1,82	1,46
<i>Astronium graveolens</i>	9	8	8,3	0,41	17,78	1,55	1,65	2,25	1,82	1,60
<i>Cabralea canjerana</i>	9	8	7,3	0,41	17,78	1,37	1,65	2,25	1,76	1,51
<i>Eugenia blastantha</i>	4	4	14,6	0,23	8,89	2,74	0,92	1,13	1,59	1,83
<i>Chorisia speciosa</i>	9	7	3,2	0,41	15,56	0,61	1,65	1,97	1,41	1,13
<i>Patagonula americana</i>	7	7	4,5	0,32	15,56	0,85	1,28	1,97	1,37	1,07
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	8	6	3,8	0,36	13,33	0,71	1,47	1,69	1,29	1,09
<i>Cedrela fissilis</i>	8	6	3,1	0,36	13,33	0,59	1,47	1,69	1,25	1,03
<i>Campomanesia rhombea</i>	5	5	3,4	0,23	11,11	0,63	0,92	1,41	0,99	0,77
<i>Ficus guaranitica</i>	6	6	0,6	0,27	13,33	0,12	1,10	1,69	0,97	0,61
<i>Albizia hasslerii</i>	5	5	2,9	0,23	11,11	0,54	0,92	1,41	0,96	0,73
<i>Jacaratia spinosa</i>	5	5	2,2	0,23	11,11	0,42	0,92	1,41	0,92	0,67
<i>Alchornea glandulosa</i>	5	4	2,0	0,23	8,89	0,37	0,92	1,13	0,80	0,64
<i>Machaerium stipitatum</i>	4	4	2,9	0,18	8,89	0,54	0,73	1,13	0,80	0,64
<i>Cordia ecalyculata</i>	2	2	6,9	0,09	4,44	1,29	0,37	0,56	0,74	0,83
<i>Sciadodendron excelsum</i>	4	4	1,8	0,18	8,89	0,33	0,73	1,13	0,73	0,53
<i>Trichilia clausenii</i>	3	3	3,9	0,14	6,67	0,74	0,55	0,85	0,71	0,65
<i>Urera baccifera</i>	3	2	5,3	0,14	4,44	0,99	0,55	0,56	0,70	0,77
<i>Myroxylon peruiferum</i>	4	4	0,7	0,18	8,89	0,12	0,73	1,13	0,66	0,43
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	3	3	2,9	0,14	6,67	0,54	0,55	0,85	0,64	0,54
<i>Sloanea monosperma</i>	3	3	2,4	0,14	6,67	0,46	0,55	0,85	0,62	0,51
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	3	3	2,4	0,14	6,67	0,44	0,55	0,85	0,61	0,50
<i>Holocalyx balansae</i>	3	3	0,7	0,14	6,67	0,13	0,55	0,85	0,51	0,34
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	2	1,3	0,09	4,44	0,25	0,37	0,56	0,39	0,31
<i>Ocotea velutina</i>	2	2	1,2	0,09	4,44	0,22	0,37	0,56	0,38	0,29
<i>Guapira hirsuta</i>	1	1	3,4	0,05	2,22	0,64	0,18	0,28	0,37	0,41
<i>Cariniana estrellensis</i>	2	2	0,9	0,09	4,44	0,16	0,37	0,56	0,36	0,26
<i>Trichilia catigua</i>	1	1	3,0	0,05	2,22	0,55	0,18	0,28	0,34	0,37
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	1	1	2,0	0,05	2,22	0,38	0,18	0,28	0,28	0,28
<i>Mollinedia widgrennii</i>	1	1	1,8	0,05	2,22	0,34	0,18	0,28	0,27	0,26
<i>Pisonia ambigua</i>	2	1	0,7	0,09	2,22	0,13	0,37	0,28	0,26	0,25



Anexo A - As espécies amostradas pelo Método de Bitterlich (fator de área basal =  $2 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Eugenia moraviana</i>	1	1	1,6	0,05	2,22	0,30	0,18	0,28	0,26	0,24
<i>Vitex montevidensis</i>	1	1	1,6	0,05	2,22	0,30	0,18	0,28	0,26	0,24
<i>Cecropia glaziouii</i>	1	1	1,1	0,05	2,22	0,21	0,18	0,28	0,22	0,19
<i>Ormosia arborea</i>	1	1	1,0	0,05	2,22	0,20	0,18	0,28	0,22	0,19
<i>Ficus</i> sp.1	1	1	0,7	0,05	2,22	0,13	0,18	0,28	0,20	0,16
<i>Myrciaria</i> sp.1	1	1	0,7	0,05	2,22	0,12	0,18	0,28	0,20	0,15
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	1	1	0,6	0,05	2,22	0,11	0,18	0,28	0,19	0,15
<i>Cordia superba</i>	1	1	0,5	0,05	2,22	0,09	0,18	0,28	0,19	0,14
<i>Guarea kunthiana</i>	1	1	0,5	0,05	2,22	0,09	0,18	0,28	0,19	0,14
<i>Inga striata</i>	1	1	0,2	0,05	2,22	0,03	0,18	0,28	0,17	0,11
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1	1	0,2	0,05	2,22	0,03	0,18	0,28	0,16	0,11
<i>Nectandra oppositifolia</i>	1	1	0,1	0,05	2,22	0,03	0,18	0,28	0,16	0,11
<i>Luehea candicans</i>	1	1	0,1	0,05	2,22	0,01	0,18	0,28	0,16	0,10
Total	58	520	355	532,2	24,77	788,89	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo B - As espécies amostradas pelo Método de Bitterlich (fator de área basal =  $3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Savia dyctiocarpa</i>	74	25	90,04	4,93	55,56	15,27	18,78	8,93	14,33	17,03
<i>Ocotea indecora</i>	26	17	85,89	2,73	37,78	14,57	10,41	6,07	10,35	12,49
<i>Metrodorea nigra</i>	21	17	107,78	1,47	37,78	18,28	5,58	6,07	9,98	11,93
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	27	21	25,72	1,80	46,67	4,36	6,85	7,50	6,24	5,61
<i>Syagrus oleracea</i>	13	12	28,33	0,87	26,67	4,81	3,30	4,29	4,13	4,05
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	16	12	16,84	1,07	26,67	2,86	4,06	4,29	3,73	3,46
<i>Centrolobium tomentosum</i>	13	12	18,07	0,87	26,67	3,06	3,30	4,29	3,55	3,18
<i>Gallesia integrifolia</i>	13	9	13,95	1,13	20,00	2,37	4,31	3,21	3,30	3,34
<i>Peltophorum dubium</i>	14	13	7,25	0,93	28,89	1,23	3,55	4,64	3,14	2,39
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	12	9	18,57	0,80	20,00	3,15	3,05	3,21	3,14	3,10
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	9	8	15,87	0,73	17,78	2,69	2,79	2,86	2,78	2,74
<i>Parapiptadenia rigida</i>	12	10	9,67	0,80	22,22	1,64	3,05	3,57	2,75	2,34
<i>Acacia polyphylla</i>	10	8	8,44	0,67	17,78	1,43	2,54	2,86	2,28	1,98
<i>Eugenia blastantha</i>	4	4	21,36	0,33	8,89	3,62	1,27	1,43	2,11	2,45
<i>Croton floribundus</i>	8	7	7,12	0,53	15,56	1,21	2,03	2,50	1,91	1,62
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	7	7	6,84	0,47	15,56	1,16	1,78	2,50	1,81	1,47
<i>Patagonula americana</i>	6	6	6,45	0,40	13,33	1,09	1,52	2,14	1,59	1,31
<i>Cabralea canjerana</i>	5	5	8,46	0,33	11,11	1,43	1,27	1,79	1,50	1,35
<i>Astronium graveolens</i>	5	5	8,18	0,33	11,11	1,39	1,27	1,79	1,48	1,33
<i>Machaerium stipitatum</i>	5	5	7,97	0,33	11,11	1,35	1,27	1,79	1,47	1,31
<i>Jacaratia spinosa</i>	5	5	3,28	0,33	11,11	0,56	1,27	1,79	1,20	0,91
<i>Ficus guaranitica</i>	5	5	0,56	0,33	11,11	0,09	1,27	1,79	1,05	0,68
<i>Cordia ecalyculata</i>	2	2	10,09	0,13	4,44	1,71	0,51	0,71	0,98	1,11
<i>Chorisia speciosa</i>	5	4	1,29	0,33	8,89	0,22	1,27	1,43	0,97	0,74
<i>Urera baccifera</i>	3	2	7,73	0,20	4,44	1,31	0,76	0,71	0,93	1,04
<i>Sloanea monosperma</i>	3	3	3,59	0,20	6,67	0,61	0,76	1,07	0,81	0,69
<i>Albizia hasslerii</i>	3	3	2,50	0,20	6,67	0,42	0,76	1,07	0,75	0,59
<i>Cedrela fissilis</i>	3	3	1,82	0,20	6,67	0,31	0,76	1,07	0,71	0,53
<i>Sciadodendron excelsum</i>	3	3	1,81	0,20	6,67	0,31	0,76	1,07	0,71	0,53
<i>Myroxylon peruiferum</i>	3	3	0,84	0,20	6,67	0,14	0,76	1,07	0,66	0,45
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	2	2	3,16	0,13	4,44	0,54	0,51	0,71	0,59	0,52
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	2	2	2,43	0,13	4,44	0,41	0,51	0,71	0,54	0,46
<i>Campomanesia rhombea</i>	2	2	2,37	0,13	4,44	0,40	0,51	0,71	0,54	0,46
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	2	1,96	0,13	4,44	0,33	0,51	0,71	0,52	0,42
<i>Guapira hirsuta</i>	1	1	5,02	0,07	2,22	0,85	0,25	0,36	0,49	0,55
<i>Holocalyx balansae</i>	2	2	1,34	0,13	4,44	0,23	0,51	0,71	0,48	0,37
<i>Cariniana estrellensis</i>	2	2	1,26	0,13	4,44	0,21	0,51	0,71	0,48	0,36
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	2	2	0,95	0,13	4,44	0,16	0,51	0,71	0,46	0,33
<i>Trichilia catigua</i>	1	1	4,33	0,07	2,22	0,73	0,25	0,36	0,45	0,49
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	2	2	0,34	0,13	4,44	0,06	0,51	0,71	0,43	0,28
<i>Casearia gossypiosperma</i>	2	1	2,43	0,13	2,22	0,41	0,51	0,36	0,43	0,46
<i>Trichilia clausenii</i>	1	1	2,94	0,07	2,22	0,50	0,25	0,36	0,37	0,38
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	1	1	2,94	0,07	2,22	0,50	0,25	0,36	0,37	0,38
<i>Mollinedia widgrennii</i>	1	1	2,62	0,07	2,22	0,44	0,25	0,36	0,35	0,35

Anexo B - As espécies amostradas pelo Método de Bitterlich (fator de área basal =  $3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Cecropia glaziovii</i>	1	1	1,60	0,07	2,22	0,27	0,25	0,36	0,29	0,26
<i>Ormosia arborea</i>	1	1	1,54	0,07	2,22	0,26	0,25	0,36	0,29	0,26
<i>Ficus sp.1</i>	1	1	1,01	0,07	2,22	0,17	0,25	0,36	0,26	0,21
<i>Myrciaria sp.1</i>	1	1	0,98	0,07	2,22	0,17	0,25	0,36	0,26	0,21
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	1	1	0,88	0,07	2,22	0,15	0,25	0,36	0,25	0,20
<i>Cordia superba</i>	1	1	0,73	0,07	2,22	0,12	0,25	0,36	0,25	0,19
<i>Guarea kunthiana</i>	1	1	0,73	0,07	2,22	0,12	0,25	0,36	0,25	0,19
<i>Ocotea velutina</i>	1	1	0,53	0,07	2,22	0,09	0,25	0,36	0,23	0,17
<i>Pisonia ambigua</i>	1	1	0,38	0,07	2,22	0,07	0,25	0,36	0,23	0,16
<i>Alchornea glandulosa</i>	1	1	0,28	0,07	2,22	0,05	0,25	0,36	0,22	0,15
<i>Inga striata</i>	1	1	0,27	0,07	2,22	0,05	0,25	0,36	0,22	0,15
<i>Nectandra oppositifolia</i>	1	1	0,21	0,07	2,22	0,04	0,25	0,36	0,22	0,14
<i>Luehea candicans</i>	1	1	0,10	0,07	2,22	0,02	0,25	0,36	0,21	0,14
Total	57	371	280	589,66	26,27	622,22	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo C - As espécies amostradas pelo Método de Bitterlich (fator de área basal =  $4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Savia dyctiocarpa</i>	58	23	86,04	5,16	51,11	15,50	20,14	10,95	15,53	17,82
<i>Ocotea indecora</i>	17	13	86,38	2,58	28,89	15,56	10,07	6,19	10,61	12,82
<i>Metrodorea nigra</i>	14	12	95,15	1,33	26,67	17,14	5,21	5,71	9,35	11,18
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	19	15	27,69	1,69	33,33	4,99	6,60	7,14	6,24	5,79
<i>Syagrus oleracea</i>	11	10	32,25	0,98	22,22	5,81	3,82	4,76	4,80	4,81
<i>Gallesia integrifolia</i>	11	8	16,96	1,33	17,78	3,05	5,21	3,81	4,02	4,13
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	9	8	21,17	0,98	17,78	3,81	3,82	3,81	3,81	3,82
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	12	9	14,87	1,07	20,00	2,68	4,17	4,29	3,71	3,42
<i>Centrolobium tomentosum</i>	8	7	18,89	0,71	15,56	3,40	2,78	3,33	3,17	3,09
<i>Parapiptadenia rigida</i>	10	9	8,79	0,89	20,00	1,58	3,47	4,29	3,11	2,53
<i>Peltophorum dubium</i>	10	10	2,28	0,89	22,22	0,41	3,47	4,76	2,88	1,94
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	7	7	14,33	0,62	15,56	2,58	2,43	3,33	2,78	2,51
<i>Eugenia blastantha</i>	3	3	24,56	0,36	6,67	4,42	1,39	1,43	2,41	2,91
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	6	6	8,61	0,53	13,33	1,55	2,08	2,86	2,16	1,82
<i>Acacia polyphylla</i>	7	5	5,17	0,62	11,11	0,93	2,43	2,38	1,91	1,68
<i>Cabralea canjerana</i>	4	4	10,95	0,36	8,89	1,97	1,39	1,90	1,76	1,68
<i>Machaerium stipitatum</i>	4	4	9,29	0,36	8,89	1,67	1,39	1,90	1,66	1,53
<i>Ficus guaranitica</i>	5	5	0,74	0,44	11,11	0,13	1,74	2,38	1,42	0,93
<i>Patagonula americana</i>	4	4	4,94	0,36	8,89	0,89	1,39	1,90	1,39	1,14
<i>Croton floribundus</i>	4	4	3,82	0,36	8,89	0,69	1,39	1,90	1,33	1,04
<i>Jacaratia spinosa</i>	4	4	2,82	0,36	8,89	0,51	1,39	1,90	1,27	0,95
<i>Sloanea monosperma</i>	3	3	4,79	0,27	6,67	0,86	1,04	1,43	1,11	0,95
<i>Astronium graveolens</i>	3	3	3,68	0,27	6,67	0,66	1,04	1,43	1,04	0,85
<i>Urera baccifera</i>	2	2	4,53	0,18	4,44	0,82	0,69	0,95	0,82	0,76
<i>Cordia ecalyculata</i>	1	1	7,24	0,09	2,22	1,30	0,35	0,48	0,71	0,83
<i>Guapira hirsuta</i>	1	1	6,70	0,09	2,22	1,21	0,35	0,48	0,68	0,78
<i>Albizia hasslerii</i>	2	2	2,19	0,18	4,44	0,39	0,69	0,95	0,68	0,54
<i>Trichilia catigua</i>	1	1	5,77	0,09	2,22	1,04	0,35	0,48	0,62	0,69
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	2	2	1,26	0,18	4,44	0,23	0,69	0,95	0,62	0,46
<i>Sciadodendron excelsum</i>	2	2	1,01	0,18	4,44	0,18	0,69	0,95	0,61	0,44
<i>Cedrela fissilis</i>	2	2	0,98	0,18	4,44	0,18	0,69	0,95	0,61	0,44
<i>Myroxylon peruiferum</i>	2	2	0,81	0,18	4,44	0,15	0,69	0,95	0,60	0,42
<i>Casearia gossypiosperma</i>	2	1	3,24	0,18	2,22	0,58	0,69	0,48	0,58	0,64
<i>Chorisia speciosa</i>	2	2	0,53	0,18	4,44	0,10	0,69	0,95	0,58	0,40
<i>Mollinedia widgrennii</i>	1	1	3,49	0,09	2,22	0,63	0,35	0,48	0,48	0,49
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	1	1	2,14	0,09	2,22	0,39	0,35	0,48	0,40	0,37
<i>Cecropia glaziouii</i>	1	1	2,14	0,09	2,22	0,39	0,35	0,48	0,40	0,37
<i>Ormosia arborea</i>	1	1	2,05	0,09	2,22	0,37	0,35	0,48	0,40	0,36
<i>Ficus sp.1</i>	1	1	1,35	0,09	2,22	0,24	0,35	0,48	0,36	0,29
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	1	1	1,18	0,09	2,22	0,21	0,35	0,48	0,35	0,28
<i>Ocotea velutina</i>	1	1	0,71	0,09	2,22	0,13	0,35	0,48	0,32	0,24
<i>Pisonia ambigua</i>	1	1	0,51	0,09	2,22	0,09	0,35	0,48	0,31	0,22
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	1	1	0,51	0,09	2,22	0,09	0,35	0,48	0,31	0,22
<i>Nectandra megapotamica</i>	1	1	0,47	0,09	2,22	0,08	0,35	0,48	0,30	0,22

Anexo C - As espécies amostradas pelo Método de Bitterlich (fator de área basal =  $4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Campomanesia rhombea</i>	1	1	0,47	0,09	2,22	0,08	0,35	0,48	0,30	0,22
<i>Alchornea glandulosa</i>	1	1	0,37	0,09	2,22	0,07	0,35	0,48	0,30	0,21
<i>Inga striata</i>	1	1	0,36	0,09	2,22	0,07	0,35	0,48	0,30	0,21
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1	1	0,30	0,09	2,22	0,05	0,35	0,48	0,29	0,20
<i>Holocalyx balansae</i>	1	1	0,29	0,09	2,22	0,05	0,35	0,48	0,29	0,20
<i>Nectandra oppositifolia</i>	1	1	0,28	0,09	2,22	0,05	0,35	0,48	0,29	0,20
Total	50	268	210	555,05	25,60	466,67	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo D - As espécies amostradas pelo método de parcelas de área fixa e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do

Espécie	Ni	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Savia dyctiocarpa</i>	133	133	7,26	55,00	26,28	26,84	14,78	22,64	26,56
<i>Metrodorea nigra</i>	103	103	1,46	64,00	20,36	5,39	17,20	14,32	12,87
<i>Ocotea indecora</i>	42	42	2,66	36,00	8,30	9,84	9,68	9,27	9,07
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	21	21	2,33	18,00	4,15	8,63	4,84	5,87	6,39
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	18	18	0,58	17,00	3,56	2,13	4,57	3,42	2,84
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	17	17	0,65	16,00	3,36	2,41	4,30	3,36	2,89
<i>Croton floribundus</i>	13	13	0,69	10,00	2,57	2,55	2,69	2,60	2,56
<i>Cabralea canjerana</i>	9	9	0,75	9,00	1,78	2,77	2,42	2,32	2,27
<i>Astronium graveolens</i>	10	10	0,56	10,00	1,98	2,08	2,69	2,25	2,03
<i>Alchornea glandulosa</i>	7	7	0,83	7,00	1,38	3,06	1,88	2,11	2,22
<i>Parapiptadenia rigida</i>	7	7	0,82	7,00	1,38	3,03	1,88	2,10	2,21
<i>Gallesia integrifolia</i>	2	2	1,41	2,00	0,40	5,21	0,54	2,05	2,80
<i>Trichilia catigua</i>	11	11	0,20	10,00	2,17	0,74	2,69	1,87	1,46
<i>Cedrela fissilis</i>	3	3	1,09	3,00	0,59	4,02	0,81	1,81	2,31
<i>Patagonula americana</i>	6	6	0,42	6,00	1,19	1,55	1,61	1,45	1,37
<i>Syagrus oleracea</i>	8	8	0,19	7,00	1,58	0,71	1,88	1,39	1,15
<i>Mollinedia widgrennii</i>	7	7	0,19	7,00	1,38	0,69	1,88	1,32	1,04
<i>Sloanea monosperma</i>	5	5	0,27	5,00	0,99	1,01	1,34	1,11	1,00
<i>Acacia polyphylla</i>	4	4	0,37	4,00	0,79	1,35	1,08	1,07	1,07
<i>Cariniana estrellensis</i>	1	1	0,72	1,00	0,20	2,68	0,27	1,05	1,44
<i>Trichilia pallida</i>	6	6	0,08	6,00	1,19	0,30	1,61	1,03	0,74
<i>Trichilia clausenii</i>	5	5	0,20	5,00	0,99	0,75	1,34	1,03	0,87
<i>Holocalyx balansae</i>	4	4	0,19	4,00	0,79	0,71	1,08	0,86	0,75
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	5	5	0,06	5,00	0,99	0,22	1,34	0,85	0,61
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	4	4	0,18	4,00	0,79	0,66	1,08	0,84	0,73
<i>Centrolobium tomentosum</i>	4	4	0,17	4,00	0,79	0,62	1,08	0,83	0,70
<i>Peltophorum dubium</i>	1	1	0,40	1,00	0,20	1,46	0,27	0,64	0,83
<i>Machaerium stipitatum</i>	3	3	0,09	3,00	0,59	0,33	0,81	0,58	0,46
<i>Guarea kunthiana</i>	3	3	0,08	3,00	0,59	0,29	0,81	0,56	0,44
<i>Eugenia moraviana</i>	3	3	0,05	3,00	0,59	0,18	0,81	0,53	0,39
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	3	3	0,05	3,00	0,59	0,18	0,81	0,53	0,39
<i>Machaerium nyctitans</i>	2	2	0,14	2,00	0,40	0,52	0,54	0,49	0,46
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	2	2	0,14	2,00	0,40	0,51	0,54	0,48	0,45
<i>Jacaratia spinosa</i>	2	2	0,12	2,00	0,40	0,45	0,54	0,46	0,42
<i>Cordia ecalyculata</i>	3	3	0,03	2,00	0,59	0,12	0,54	0,42	0,36
<i>Chorista speciosa</i>	1	1	0,20	1,00	0,20	0,76	0,27	0,41	0,48
<i>Campomanesia rhombea</i>	2	2	0,07	2,00	0,40	0,27	0,54	0,40	0,33
<i>Pilocarpus pauciflorus</i>	2	2	0,05	2,00	0,40	0,19	0,54	0,37	0,29
<i>Cassia ferruginea</i>	1	1	0,17	1,00	0,20	0,64	0,27	0,37	0,42
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	1	1	0,17	1,00	0,20	0,64	0,27	0,37	0,42
<i>Inga striata</i>	2	2	0,04	2,00	0,40	0,15	0,54	0,36	0,27
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	1	1	0,16	1,00	0,20	0,60	0,27	0,36	0,40
<i>Eugenia blatantha</i>	2	2	0,03	2,00	0,40	0,12	0,54	0,35	0,26
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	1	1	0,15	1,00	0,20	0,54	0,27	0,33	0,37



Anexo D - As espécies amostradas pelo método de parcelas de área fixa e seus parâmetros fitossociológicos: Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do

Espécie	Ni	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	2	0,02	2,00	0,40	0,07	0,54	0,33	0,23
<i>Machaerium brasiliense</i>	1	1	0,11	1,00	0,20	0,42	0,27	0,30	0,31
<i>Sciadodendron excelsum</i>	1	1	0,08	1,00	0,20	0,28	0,27	0,25	0,24
<i>Pisonia ambigua</i>	1	1	0,07	1,00	0,20	0,26	0,27	0,24	0,23
<i>Albizia polycephala</i>	1	1	0,07	1,00	0,20	0,24	0,27	0,24	0,22
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1	1	0,06	1,00	0,20	0,20	0,27	0,22	0,20
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	1	1	0,05	1,00	0,20	0,20	0,27	0,22	0,20
<i>Bunchosia pallescens</i>	1	1	0,03	1,00	0,20	0,09	0,27	0,19	0,15
<i>Myrciaria</i> sp.1	1	1	0,02	1,00	0,20	0,07	0,27	0,18	0,14
<i>Solanum inaequale</i>	1	1	0,02	1,00	0,20	0,07	0,27	0,18	0,13
<i>Myroxylon peruiferum</i>	1	1	0,02	1,00	0,20	0,06	0,27	0,17	0,13
<i>Neomithranthes</i> sp.	1	1	0,01	1,00	0,20	0,04	0,27	0,17	0,12
<i>Agonandra englerii</i>	1	1	0,01	1,00	0,20	0,03	0,27	0,17	0,11
<i>Actinostemon conceptionis</i>	1	1	0,01	1,00	0,20	0,03	0,27	0,17	0,11
<i>Ficus insipida</i>	1	1	0,01	1,00	0,20	0,03	0,27	0,17	0,11
Total	59	506	506,00	27,04	372,0	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo E - As espécies amostradas pelo Método de Quadrantes e seus parâmetros fitossociológicos:

Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Savia dyctiocarpa</i>	114	68	91,95	4,74	38,42	17,65	20,12	12,36	16,71	18,88
<i>Metrodorea nigra</i>	116	86	93,57	1,45	48,59	17,96	6,14	15,64	13,25	12,05
<i>Ocotea indecora</i>	43	40	34,68	1,88	22,60	6,66	7,97	7,27	7,30	7,31
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	25	23	20,17	1,52	12,99	3,87	6,44	4,18	4,83	5,15
<i>Centrolobium tomentosum</i>	28	27	22,58	0,86	15,25	4,33	3,63	4,91	4,29	3,98
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	29	26	23,39	0,81	14,69	4,49	3,44	4,73	4,22	3,97
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	24	22	19,36	1,08	12,43	3,72	4,59	4,00	4,10	4,15
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	23	22	18,55	0,64	12,43	3,56	2,71	4,00	3,42	3,13
<i>Peltophorum dubium</i>	9	9	7,26	1,37	5,08	1,39	5,83	1,64	2,95	3,61
<i>Croton floribundus</i>	14	12	11,29	0,69	6,78	2,17	2,91	2,18	2,42	2,54
<i>Astronium graveolens</i>	12	12	9,68	0,72	6,78	1,86	3,07	2,18	2,37	2,46
<i>Cabrlea canjerana</i>	12	11	9,68	0,68	6,21	1,86	2,90	2,00	2,25	2,38
<i>Syagrus oleracea</i>	15	13	12,10	0,38	7,34	2,32	1,60	2,36	2,10	1,96
<i>Trichilia catigua</i>	14	13	11,29	0,16	7,34	2,17	0,67	2,36	1,73	1,42
<i>Cordia ecalyculata</i>	12	12	9,68	0,15	6,78	1,86	0,64	2,18	1,56	1,25
<i>Acacia polyphylla</i>	9	9	7,26	0,36	5,08	1,39	1,51	1,64	1,51	1,45
<i>Parapiptadenia rigida</i>	6	6	4,84	0,55	3,39	0,93	2,31	1,09	1,44	1,62
<i>Eugenia</i> sp.1	6	6	4,84	0,48	3,39	0,93	2,02	1,09	1,35	1,48
<i>Trichilia clausenii</i>	9	8	7,26	0,14	4,52	1,39	0,59	1,45	1,14	0,99
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	6	6	4,84	0,30	3,39	0,93	1,27	1,09	1,10	1,10
<i>Machaerium stipitatum</i>	7	7	5,65	0,16	3,95	1,08	0,67	1,27	1,01	0,87
<i>Urera baccifera</i>	6	6	4,84	0,22	3,39	0,93	0,92	1,09	0,98	0,93
<i>Myroxylon peruiferum</i>	3	3	2,42	0,45	1,69	0,46	1,90	0,55	0,97	1,18
<i>Patagonula americana</i>	5	5	4,03	0,25	2,82	0,77	1,08	0,91	0,92	0,93
<i>Ficus guaranitica</i>	3	3	2,42	0,40	1,69	0,46	1,72	0,55	0,91	1,09
<i>Eugenia blasthantha</i>	6	6	4,84	0,10	3,39	0,93	0,42	1,09	0,81	0,68
<i>Albizia hasslerii</i>	4	4	3,23	0,25	2,26	0,62	1,07	0,73	0,81	0,85
<i>Gallesia integrifolia</i>	4	4	3,23	0,25	2,26	0,62	1,06	0,73	0,80	0,84
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	4	4	3,23	0,22	2,26	0,62	0,92	0,73	0,75	0,77
<i>Guarea kunthiana</i>	5	5	4,03	0,13	2,82	0,77	0,57	0,91	0,75	0,67
<i>Mollinedia widgrennii</i>	5	5	4,03	0,09	2,82	0,77	0,38	0,91	0,69	0,58
<i>Cedrela fissilis</i>	4	4	3,23	0,15	2,26	0,62	0,65	0,73	0,67	0,64
<i>Eugenia moraviana</i>	5	4	4,03	0,08	2,26	0,77	0,34	0,73	0,61	0,56
<i>Nectandra megapotamica</i>	3	3	2,42	0,18	1,69	0,46	0,75	0,55	0,59	0,61
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	4	4	3,23	0,09	2,26	0,62	0,39	0,73	0,58	0,50
<i>Pisonia ambigua</i>	3	3	2,42	0,16	1,69	0,46	0,67	0,55	0,56	0,57
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1	1	0,81	0,24	0,56	0,15	1,00	0,18	0,45	0,58
<i>Jacaranda micrantha</i>	3	3	2,42	0,06	1,69	0,46	0,27	0,55	0,43	0,37
<i>Chorisia speciosa</i>	2	2	1,61	0,14	1,13	0,31	0,58	0,36	0,42	0,45
<i>Inga striata</i>	3	3	2,42	0,06	1,69	0,46	0,24	0,55	0,42	0,35
<i>Trichilia pallida</i>	3	3	2,42	0,03	1,69	0,46	0,14	0,55	0,38	0,30
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	3	3	2,42	0,03	1,69	0,46	0,13	0,55	0,38	0,30
<i>Jacaratia spinosa</i>	2	2	1,61	0,07	1,13	0,31	0,31	0,36	0,33	0,31
<i>Campomanesia rhombea</i>	1	1	0,81	0,15	0,56	0,15	0,65	0,18	0,33	0,40



Anexo E - As espécies amostradas pelo Método de Quadrantes e seus parâmetros fitossociológicos:

Ni = número de indivíduos amostrados, UA = número de unidades amostrais, D = densidade, G = área basal, F = frequência, DR = densidade relativa, GR = área basal relativa, FR = frequência relativa, Vi = Valor de importância, Vc = Valor de cobertura, listadas por ordem do Vi.

Espécie	Ni	UA	D(arv/ha)	G(m <sup>2</sup> /ha)	F(%)	DR(%)	GR(%)	FR(%)	Vi(%)	Vc(%)
<i>Sciadodendron excelsum</i>	2	2	1,61	0,06	1,13	0,31	0,24	0,36	0,30	0,27
<i>Sloanea monosperma</i>	2	2	1,61	0,05	1,13	0,31	0,21	0,36	0,29	0,26
<i>Holocalyx balansae</i>	2	2	1,61	0,04	1,13	0,31	0,15	0,36	0,27	0,23
<i>Vitex montevidensis</i>	2	2	1,61	0,03	1,13	0,31	0,15	0,36	0,27	0,23
<i>Casearia gossypiosperma</i>	2	2	1,61	0,03	1,13	0,31	0,13	0,36	0,27	0,22
<i>Zanthoxylum hyemale</i>	2	2	1,61	0,01	1,13	0,31	0,06	0,36	0,25	0,19
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	1	0,81	0,06	0,56	0,15	0,28	0,18	0,20	0,22
<i>Ficus</i> sp.1	1	1	0,81	0,05	0,56	0,15	0,23	0,18	0,19	0,19
<i>Bougainvillea glabra</i>	1	1	0,81	0,05	0,56	0,15	0,20	0,18	0,18	0,18
<i>Ormosia arborea</i>	1	1	0,81	0,04	0,56	0,15	0,15	0,18	0,16	0,15
<i>Sorocea bonplandii</i>	1	1	0,81	0,03	0,56	0,15	0,15	0,18	0,16	0,15
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	1	1	0,81	0,03	0,56	0,15	0,14	0,18	0,16	0,15
<i>Dalbergia frutescens</i>	1	1	0,81	0,03	0,56	0,15	0,13	0,18	0,16	0,14
<i>Rollinia exalbida</i>	1	1	0,81	0,02	0,56	0,15	0,09	0,18	0,14	0,12
<i>Ruprechtia</i> sp.	1	1	0,81	0,02	0,56	0,15	0,09	0,18	0,14	0,12
<i>Cupania vernalis</i>	1	1	0,81	0,02	0,56	0,15	0,08	0,18	0,14	0,12
<i>Colubrina glandulosa</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,05	0,18	0,13	0,10
<i>Endlicheria paniculata</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,05	0,18	0,13	0,10
<i>Guapira hirsuta</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,05	0,18	0,13	0,10
<i>Agonandra englerii</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,04	0,18	0,13	0,10
<i>Actinostemon concolor</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,03	0,18	0,12	0,09
<i>Citronella paniculata</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,03	0,18	0,12	0,09
<i>Guapira opposita</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,03	0,18	0,12	0,09
<i>Inga marginata</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,03	0,18	0,12	0,09
<i>Myrcia fallax</i>	1	1	0,81	0,01	0,56	0,15	0,03	0,18	0,12	0,09
Total	69	646	550	521,07	23,57	310,73	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo F. Valores de viés relativo (%) referentes aos padrões espaciais, níveis de densidade e tamanhos amostrais

Padrão espacial	50 pontos						125 pontos						250 pontos						Médias por padrão espacial
	Níveis de densidade (árvores ha <sup>-1</sup> )						Níveis de densidade (árvores ha <sup>-1</sup> )						Níveis de densidade (árvores ha <sup>-1</sup> )						
	300	600	900	1200	1500	Média	300	600	900	1200	1500	Média	300	600	900	1200	1500	Média	
Aleatório	1,7	2,2	1,2	0,5	1,6	1,4	1,3	-1,0	-0,4	0,2	0,7	0,1	0,7	-1,5	-0,6	0,5	0,3	-0,1	0,5
Regular																			
em <i>lattice</i>	69,1	69,7	71,7	70,3	71,0	70,3	69,4	69,4	72,2	70,3	70,4	70,3	69,4	69,4	71,4	70,1	70,5	70,2	70,3
em <i>lattice</i> aleatorizado	46,3	40,3	33,4	26,7	24,0	34,1	45,7	39,6	33,9	27,1	23,3	33,9	45,7	39,3	34,0	27,1	23,6	33,9	34,0
por inibição r1*	1,3	1,5	1,6	4,6	3,8	2,6	0,3	0,7	2,7	4,0	3,1	2,2	0,7	0,8	2,6	4,0	3,3	2,3	2,4
por inibição r2	6,7	7,7	8,7	9,1	6,3	7,7	9,0	9,7	9,0	8,8	7,3	8,8	9,3	10,2	9,1	8,3	6,8	8,7	8,4
por inibição r3	15,7	18,2	15,4	17,1	16,9	16,7	15,7	18,8	15,6	16,3	15,9	16,4	16,3	18,5	15,0	16,5	16,4	16,5	16,5
por inibição r4	30,0	30,2	25,8	26,7	27,9	28,1	27,7	27,8	26,8	28,4	26,1	27,4	27,3	28,2	26,6	27,8	26,3	27,2	27,6
Agrupado																			
c/ rma** de 25m	-60,0	-79,7	-87,8	-76,4	-70,2	-74,8	-67,0	-70,8	-81,4	-78,5	-76,9	-74,9	-68,0	-72,5	-82,1	-78,8	-77,1	-75,7	-75,1
c/ rma de 50m	-26,0	-29,8	-16,2	-12,8	-36,5	-24,3	-26,0	-31,8	-24,0	-22,5	-31,4	-27,1	-26,7	-33,0	-25,2	-22,8	-33,1	-28,2	-26,5
c/ rma de 75m	-6,3	-18,5	-19,6	7,3	-16,9	-10,8	-12,7	-13,5	-12,8	-12,4	-10,2	-12,3	-12,7	-13,7	-13,7	-13,2	-11,1	-12,8	-12,0
c/ rma de 100m	-10,7	-18,3	-4,8	-21,9	-9,6	-13,1	-10,7	-10,0	-18,3	-13,8	-11,3	-12,8	-10,7	-10,3	-19,0	-14,1	-11,0	-13,0	-13,0
c/ rma de 125m	-8,0	-5,8	-7,3	-20,3	-13,2	-10,9	-10,0	-4,0	-10,1	-13,3	-8,5	-9,2	-10,0	-4,8	-10,7	-13,8	-8,8	-9,6	-10,0

\* tab.1 apresenta os valores de raio de inibição para cada nível de densidade

\*\* raio médio de agrupamento

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, J.L.F. Spatial dynamics of trees in a brazilian atlantic tropical forest under natural and managed conditions. Washington, 1994. 327 p. Thesis (Ph.D.) - University of Washington.
- BATISTA, J.L.F. **Levantamentos florestais:** conceitos de amostragem aplicados ao levantamento de florestas. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1998. 45p.
- BATISTA, J.L.F.; KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Levantamento expedito de vegetação utilizando parcelas de área variável para avaliação da diversidade de espécies. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 20., Piracicaba, 1998. **Resumos.** Piracicaba: ESALQ, 1998. p.84-85.
- BEERS, T.W.; MILLER, C.I. Point sampling: research results theory and applications. **Research Bulletins. Purdue University**, v.7, n.86, p.1-55, 1964.
- BERTANI, D. Análise da estrutura e dinâmica de uma comunidade de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ribeirinha, Ipeúna, S.P. Piracicaba, 2000. 70p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BERTONI, J.E.A. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta do interior do Estado de São Paulo: Reserva Estadual de Porto Ferreira. Campinas, 1984. 196p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- BITTERLICH, W. **The relascope idea:** relative measurement in forestry. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 236p.

- CARVALHO, J. O .P. Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós, no Estado do Pará. Curitiba , 1982. 128p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- CASSENS, D.L.; GIBSON, H.; FRIDAY, J.S. Modeling lumber manufacturing processes using Monte Carlo computer simulation. **Forest Products Journal**. v. 43, n.1. p. 41-48, 1993.
- CATANA JUNIOR, A.J. The wandering quarter method of estimating population density. **Ecology**, v.44, n.2, p.349-360, 1963.
- CAVASSAN, O. Levantamento fitossociológico da vegetação arbórea da mata da reserva estadual de Bauru, utilizando o método de quadrantes. Rio Claro, 1982. 102p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- CAVASSAN, O.; MARTINS, F.R.; SHEPHERD, G.J. Comparação fitossociológica entre os métodos de parcelas e de quadrantes em um hectare de cerradão no Parque Ecológico Municipal de Bauru-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 42., Goiânia, 1991. **Resumos**. Goiânia: UFG, 1991. p.121.
- CESAR, O. Composição florística, fitossociologia e ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua ( Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP). Rio Claro, 1988. 223 p. Tese (Livre-Docência), Departamento de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- COTTAM, G.; CURTIS, J.T.; HALE, B.H. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals. **Ecology**, v.34, n.4, p.741-757, 1953.
- COTTAM, G.; CURTIS, J.T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, v.37, n.4, p.451-460, 1956.
- COTTAM, G.; CURTIS, J.T.; CATANA JUNIOR, A.J. Some sampling characteristics of a series of aggregated populations. **Ecology**, v.38, n.4, p.610-622, 1957.
- COUTO, H.T.Z.; JUSTO, F.C.; BONGERS, F.J.G. et al. O princípio de Bitterlich na amostragem de povoamentos artificiais de *Pinus caribaea* var *bahamensis*. **O Solo**, v. 70, n.1, p.25-28, 1978.

- COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M.; LACERDA, J.S. A amostragem por pontos na estimativa de área basal em povoamentos de Eucalyptus. **IPEF**, v.46, p.86-95, 1993.
- DAUBER, E. The use of angle-count sampling in tropical rain forests. **Forstarchiv**, v.49 n.5, p.94-96, 1978. /Resumo em **Tree-CD**, 1973-2000/
- DE CESARO, A.; ENGEL, O.A.; FINGER, C.A.G. et al. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, v.4, n.1, p.97-108, 1994.
- DIAS, A.C.; NEGREIROS, O.C.; VEIGA, A.A. et al. Comparação entre métodos empregados na amostragem de vegetação, desenvolvida em comunidade de floresta pluvial tropical. **Revista do Instituto Florestal**, v.1, n.2, p.93-119, 1989.
- DURIGAN, G.; RODRIGUES, R.R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da vegetação em florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. cap.10, p.159-167.
- ENGEMAN, R.M.; SUGIHARA, R.T.; PANK, L.F. et al. A comparison of plotless density estimators using Monte Carlo simulation. **Ecology**, v.74, n.6, p.1769-1779, 1994.
- GIBBS, P.E.; LEITÃO FILHO, H.F.; ABBOTT, R.J. Application of the point-centered quarter method in a floristic survey of an area of gallery forest at Mogi Guaçu, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.3, n.1/2, p.17-22, 1980.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G. et al. **Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem**. Athens: University Georgia, 1975. 248p.
- GROSENBAUGH, L.R. **Point sampling and line sampling: probability theory, geometric implications, synthesis**. Washington: USDA, 1958. 34p. (USDA. Forest Service. Occasional Paper,160)
- HE, F.; LEGENDRE, P.; LA FRANKIE, J.V. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. **Journal of Vegetation Science**, v. 8, n.1, p.105-114, 1997.

- HUBBELL, S.P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. **Science**, v.203, p.1299-1309, 1979.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration** 2.ed. New York: The Ronald, 1972. 410 p.
- KORNING, J.; THOMSEN, K.; OLLGAARD, B. Composition and structure of a species rich Amazonian rain forest obtained by two different sample methods. **Nordic Journal of Botany**. v.11, p.103-110. 1991
- KREBS, C. J. **Ecology**: the experimental analysis of distribution and abundance. New York: Harper & Row, 1972. 694p.
- LEITÃO-FILHO, H.F. Consid erações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais de Brasil. **Ipef**, v.35, p.41-46, Abr. 1987.
- MACHADO, S.A .; ALBERTIN, W. Comparação de quatro métodos de medição num bosque secundário tropical. **Turrialba**, v.23, n.1, p. 72-78, 1973.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurements**. Cambridge: University Press, 1988. 179p.
- MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. 2.ed. Campinas: UNICAMP, 1993. 246p.
- MARTINS, F.R.; SANTOS, F. A. M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Revista Holos**, v.1, p.236-267, 1999.
- MATTEUCCI, S.D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: SGOEA, 1982. 168p.
- MAWSON, J.C. A Monte Carlo study of distance measures in sampling for spatial distribution in Forest stands. **Forest Science**, v.14, n.2, p.127-139, 1968.
- MOSCOVICH, F.A.; BRENA, D.A.; LONGHI, S.J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**. v.9, n.1, 173-191, 1999.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547 p.

- NEGREIROS, O.C.; CUSTODIO FILHO, A.; DIAS, A.C. et al. Análise estrutural de um trecho de floresta pluvial tropical, Parque Estadual de Carlos Botelho, Núcleo Sete Barras (SP-Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, v.7, n.1, p1-33, 1995.
- NYSSONEN, A. The relascope in the determination of thinning needs. **Journal of Forestry**, v.61, n.10, p.760-761, 1963.
- PAGANO, S.N. Estudo florístico, fitossociológico e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro, SP. Rio Claro, 1985. 201p. Tese (Livre docência) - Departamento de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- PAGANO, S.N.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CAVASSAN, O. Variação temporal da composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta mesófila semidecídua, Rio Claro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** v.55, n.2, 1995. p.241-258.
- PÉLLICO-NETTO, S.; BRENA, D.A. **Inventário florestal**. Curitiba: s. ed., 1997. 316p.
- PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165p.
- PIRES-O'BRIEN, M. J.; O'BRIEN, C. M.. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Belém: FCAP, 1995. 400 p.
- RICHARDS, P.W. **The tropical rain forest: an ecological study**. 2.ed. Cambridge: University, 1996. 575p.
- RODRIGUES, R.R. **Métodos fitossociológicos mais usados**. Campinas: CATI, 1988. 6p. (Casa da Agricultura, v.10, n.1).
- RODRIGUES, R.R. Análise Estrutural das formações ripárias. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., São Paulo, 1989. **Anais**. Campinas: Fundação Cargil, 1989. p.99-119.
- ROLIM, S.G.; NASCIMENTO, H.E.M. Análise da riqueza, diversidade e relação espécie-abundância de uma comunidade arbórea tropical em diferentes intensidades amostrais. **Scientia Forestalis**, n.52, p. 7-16, dez. 1997.

- SCHLUTER, D.; RICKLEFS, R.E. Species diversity: an introduction to the problem. In: RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. (Ed.) **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. Chicago: The University of Chicago, 1993. cap.1, p.1-10.
- SCHREUDER, H.T.; GREGOIRE, T.G.; WOOD, G.G. **Sampling methods for multiresource forest inventory**. New York: John Wiley, 1993. 446p.
- SCOLFORO, J.R.; CHAVES, A.L.; MELO, J.M. Definição de tamanho de parcela para inventário florestal em floresta semidecídua montana. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS, 1993. p.333-337.
- SEIXAS, F. **LCF-683 mecanização e exploração florestal: notas de aulas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1988. p.34-43.
- STAGE, A.R. **A field test of point**: sample cruising. Washington: USDA, 1962. 17p. (USDA. Forest Service, Research Paper, 67).
- UEBËLHOR, K. Practical experience with angle-count sampling and the wide-scale relascope in tropical rain forest. **Forstarchiv**, v.59, n.2, p.47-52, 1988. /Resumo em **Tree-CD**, 1973-2000/
- VANINI, A. Estudo comparativo de dois métodos de amostragem fitossociológica em caixetais (Floresta Ombrófila Densa permanentemente alagada). Piracicaba, 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- VEIGA, A.A. Coletânea de assuntos técnicos - área de dasonomia, treinamento da coordenadoria da pesquisa de recursos naturais. **Publicação Instituto Florestal, São Paulo**, v.25, p.1-139, 1985.
- WHITTAKER, R.H. Evolution and measurement of species diversity. **Taxon** v.21, p. 213-251, 1972.