Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Aplicação da amostragem por interceptação por linha no levantamento de
Floresta Estacional Semidecidual

Eimi Arikawa

Dissertação apresentada para obtenção de título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em : Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2016

Eimi Arikawa
Engenheira Florestal

Aplicação da amostragem por interceptação por linha no levantamento de Floresta Estacional
Semidecidual
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. JOÃO LUÍS FERREIRA BATISTA

Dissertação apresentada para obtenção de título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em : Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Arikawa, Eimi

Aplicação da amostragem por interceptação por linha no levantamento de Floresta Estacional Semidecidual / Eimi Arikawa. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.

61 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. LIS 2. Line intercept sampling 3. Ecounidades 4. Arvoredos 5. Mosaico Florestal
6. Inventário florestal 7. Levantamento ecológico 8. Levantamento florestal I. Título

CDD 634.9285
A711a

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

Dedico à Deus, que fez tudo possível.
À minha família.

Agradecimentos

Primeiro agradeço a Deus, pela oportunidade de me permitir fazer algo que amo.

À minha família, que foi sempre a melhor e mais firme base a qual me apoiei.

À minha mãe querida, amiga para todas as horas. Obrigada por possibilitar a sonhar sem limites, mas ao mesmo tempo com os pés no chão. Seus ensinamentos sobre valores, missão e amor são seu maior legado.

Aos meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado independentemente da distância.

À Batian e Ditian, por dar sempre muito valor ao conhecimento e ao estudos.

Ao orientador, Prof. João Batista pela orientação, conselhos, conhecimento, atenção e principalmente à confiança. O aprendizado intelectual e pessoal com certeza foram muito grandes.

À Giovana, pelas inúmeras vezes que pedi socorro, mas principalmente pelo conforto com as palavras.

Aos amigos de Piracicaba! Pelas conversas, companheirismo, ajuda. Por tornar este período precioso. Pelo apoio emocional. E pelos nossos eventos, que sempre foram muito bons (aniversários, natais, comemorações das mais diversas...)!!!

Aos colegas do CMQ, pelas conversas, troca de experiências, conhecimento, conselhos, alegrias e tristezas.

À CAPES pelo financiamento da bolsa de mestrado. À FAPESP pelo auxílio pesquisa nos custos de trabalho de campo, assim como ao Prof. Ricardo Ribeiro Rodrigues e Natalia Macedo Ivanauskas por permitir que participasse do projeto temático. À todos que me ajudaram no campo!

E a todos que acompanharam, acreditaram, torceram, apoiaram e contribuíram de alguma forma para que este trabalho se concretizasse.

Obrigada!!!

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Mosaico Florestal e Dinâmica	13
1.2 Levantamentos e Inventários Florestais	13
1.3 Método de Levantamento	16
1.4 Proposta	17
Referências	17
2 DESCRIÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ATRAVÉS DO CONCEITO DE MOSAICO. ESTUDO DE DOIS CASOS: ESTAÇÃO ECOLÓGICA CAETETUS E MOMBUCA	19
Resumo	19
Abstract	19
2.1 INTRODUÇÃO	21
2.2 Material e Métodos	21
2.2.1 Local	21
2.2.2 Método	23
2.3 Resultados e Discussão	25
2.3.1 Identificação dos Arvoredos Naturais	25
2.3.2 Classificação dos Arvoredos Naturais	27
2.3.3 Descrição dos Arvoredos Naturais	30
2.3.4 Operacionalização do Método no Campo	37
2.4 Considerações finais	37
Referências	37
3 QUANTIFICAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL PELO MÉTODO DE LEVANTAMENTO POR INTERCEPTAÇÃO DE ARVOREDOS POR LINHAS	41
Resumo	41
Abstract	41
3.1 Introdução	42
3.2 Material e Métodos	43
3.2.1 Local	43
3.2.2 Método	45
3.3 Resultados	48
3.3.1 Forma dos Arvoredos	48
3.3.2 Escolha da variável espacial do Arvoredo Natural	53
3.3.3 Estimação dos Atributos por Tipo de Arvoredo	55

3.4 Conclusão	58
Referências	59
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

RESUMO

Aplicação da amostragem por interceptação por linha no levantamento de Floresta Estacional Semidecidual

A floresta é construída por manchas de diferentes idades, cujos indivíduos têm estrutura semelhantes e idade aproximada, formando um mosaico florestal, relatando a ideia de padrão e processo. Portanto o conjunto de árvores com mesmo padrão de estrutura que pode ser definida e descritível é chamada de ecounidade ou arvoredado natural. Realizar o levantamento de florestas naturais é um desafio por conta da diversidade e complexidade natural do sistema. O Método de Amostragem por Interceptação por Linhas é um método versátil onde linhas são lançadas na área e todo elemento interceptado é amostrado. As estimativas têm como base a probabilidade que o objeto é interceptado, e qualquer atributo do arvoredado pode ser usado como variável aleatória. Neste estudo são amostrados os arvoredos naturais, e as variáveis de interesse são: diâmetro à altura do peito (DAP), número de indivíduos, área basal e volume. Primeiramente foram determinadas características de identificação dos arvoredos principalmente com base nos elementos: densidade de árvores, densidade de sub-bosque, cipós lenhosos e herbáceos, sendo que estas características eram avaliadas em conjunto. Na E. E. de Caetetus, onde a floresta é mais conservada, a identificação foi fácil, sendo que as características seguiam os padrões, porém, em Mombuca, a identificação foi mais difícil, provavelmente devido ao constante e intenso distúrbio antrópico, que não tem padrão. Por isto em áreas mais degradadas é necessário identificar outras características que possam auxiliar na descrição dos tipos de arvoredos. Foram tomadas 6 medidas das distâncias do centro do arvoredado até o seu limite, com 60° entre elas, a fim obter o formato e dimensões. Todas as árvores contidas neste hexágono tiveram seu DAP medido. Ao nível de arvoredado, as análises sobre DAP médio, e DAP máximo indicam conservação dos processos ecológicos na E. E. de Caetetus, porém em Mombuca o padrão é diferente. Há desordem do DAP médio dos arvoredos, de acordo com o tipo de arvoredado que foi classificado, e portanto, com o estágio sucessional que se encontra, e há descontinuidade da distribuição diamétrica. Estes dados encontrados podem ser um indicativo de degradação ou baixa conservação da floresta estudada. O estimador usado foi o diâmetro médio do arvoredado, o qual foi estimado o número de indivíduos, área basal e volume por hectare. Os valores encontrados foram próximos a de outro trabalho em mesmo tipo de vegetação e os dados da E. E. de Caetetus foram comparados com os valores do censo realizado nas parcelas permanentes, os quais foram próximos. Pelo fato de este trabalho ter sido uma amostragem piloto para testar o método, o número de unidades de amostras foi baixo, comprometendo as análises, portanto para os próximos estudos, é recomendado que a intensidade amostral seja maior. Pela eficácia da coleta de dados em campo, e a utilização da amostragem por interceptação de linha, foi possível obter alguns resultados que sugerem que o método é promissor, sendo adequado para levantamentos de florestas naturais. É necessária uma refinação do método, além do teste em outras fisionomias, para que as estimativas possam ser mais precisas, com amostras maiores.

Palavras-chave: LIS; Line intercept sampling; Ecounidades; Arvoredos; Mosaico Florestal; Inventário florestal; Levantamento ecológico; Levantamento florestal.

ABSTRACT

Application of the line interception sampling in semideciduous forest survey

The forest is built by patches of different ages, whose individuals have similar structure and approximate age, forming a forest mosaic, reporting standard idea and process. Therefore the set of trees with the same pattern structure that can be defined and describable are called natural ecounits or tree clusters. To survey natural forest is a challenge because of the diversity and complexity of the natural system. The Line Interception Sampling Method is a versatile method where lines are thrown in the area and all intercepted element is sampled. The estimates are based on the probability that the object is intercepted, and any trees attribute can be used as a random variable. In this study the natural tree clusters were sampled, and the variables of interest were: diameter at breast height (DBH), number of individuals, basal area and volume. First it was determined the identification characteristics of the tree clusters, that were mainly based on elements, as density of trees, understory density, herbaceous and woody vines. These characteristics were evaluated together. In E. E. Caetetus, where the forest is more conserved, identification was easy, and the characteristics of the standards were followed, but in Mombuca identification was difficult probably due to the constant and intense anthropogenic disturbances that have no standard. So, in the most degraded areas it is necessary to identify other characteristics that may assist in the description of the types of tree clusters. 6 were distance measures were taken from the tree cluster center to its limit, with 60° between them, in order to obtain its shape and dimensions. All trees in this hexagon had their DAP measured. At tree cluster level, the analysis of average DAP, maximum DAP indicate conservation of ecological processes in E. E. Caetetus, but in Mombuca the pattern is different. There is DAP average disorder among the tree clusters, according to the type of trees that were classified, and therefore to the successional stage it is in, and there is discontinuity of the diametric distribution. These data can be found as indication of degradation or low conservation of forest studied. The estimator used was the average diameter of the tree cluster, from which it was estimated the number of individuals, basal area and volume per hectare. The values were close to other work in the same type of vegetation and the data of E. E. Caetetus was compared with the values of the census conducted in permanent plots, which were close. Because of this work was a pilot sampling to test the method, the number of sampling units was low, compromising the analysis, so for the next studies it is already recommended that the sampling intensity is greater. The effectiveness of data gathering in the field, and the use of sampling line interception made it possible to get some results suggesting that the method is promising and is suitable for natural forest surveys. It is necessary to refine the method, and calibration in other physiognomies so that the estimates would be more accurate.

Keywords: LIS; Line intercept sampling; Ecounits; Tree cluster; Forest mosaic; Forest inventory; Ecological survey; Forest survey.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Mosaico Florestal e Dinâmica

Cooper (1913) caracterizou a floresta clímax como um complexo de áreas, composta por clareiras de diferentes idades, sendo que as mais novas eram grupos de pequenas árvores mais adensadas, enquanto que as mais antigas continham poucas árvores mais maduras, com ou sem árvores mais jovens sob elas, estas de idade aproximada. E ainda, esta floresta é resultado da composição destas clareiras de diferentes idades, formando um mosaico ou patchwork¹ que estão em estado contínuo de mudança. Sob uma visão geral, a floresta se mantém a mesma ao longo do tempo, sendo que as mudanças das partes do mosaico se equilibram. E ainda afirma Cooper (1926), que o estado em que uma vegetação se encontra no presente é resultado das ações, das condições e dos agentes do passado, através da *Universalidade da Mudança*.

A mancha é uma unidade de vegetação que teve o início de seu desenvolvimento no mesmo lugar, no mesmo tempo e na mesma superfície (OLDEMAN, 1983). Estas manchas são dinamicamente relacionadas entre si, existindo uma ordem de mudança destas, tornando evidente que há um padrão na comunidade de plantas (WATT, 1947).

Considerando que cada ecounidade teve o início de seu desenvolvimento na forma de clareira, o tamanho de clareira é importante para entender melhor sua dinâmica dentro das florestas. O tamanho da clareira pode influenciar na composição de espécies que irão se estabelecer, sabendo que a dimensão da abertura do dossel regula a disponibilidade de luz, que é um elemento importante no filtro de espécies (WHITMORE, 1978, 1989).

Oldeman (1990) discutiu os diferentes métodos de se reconhecer os limites das eco-unidades utilizando indicadores como fitossociologia, biomassa, populações de espécies, categorias de organismos, e limites naturais detectados pela visão humana, realizados até o ano de 1983. O autor afirma que é difícil determinar um limite vegetacional físico, sendo que a floresta é uma área de vegetação contínua sem limites definidos e ao mesmo tempo é um conjunto de eco-unidades de idades e características próprias. Considerando que a maioria das causas de existirem eco-unidades diferentes dentro de uma mesma floresta se dá por motivos abióticos (disponibilidade de luz, água, nutrientes, mudança de solo, temperatura e distúrbios), as mudanças abruptas são em sua maioria causadas por um filtro, como por exemplo, afloramento de rochas no solo e as mudanças graduais são causadas por um gradiente constante pelo espaço, como a mudança de temperatura de acordo com a altitude.

1.2 Levantamentos e Inventários Florestais

A maior parte dos levantamentos no Brasil são realizados com base no levantamento florístico, utilizando de dados descritivos para caracterizar a floresta. O método chamado de

¹Termo que consiste na reunião de peças de tecido de várias cores, padrões e formas, costuradas entre si, formando desenhos geométricos, geralmente usada para se referir a artesanato. Neste caso, o termo é usado para tratar das manchas florestais.

fitossociologia tem foco em estudo de comunidades vegetais e seus padrões de estruturação. Ao longo do tempo o objetivo dos estudos sobre a comunidade vegetal tem mudado, inicialmente objetivando descrever as florestas em diferentes níveis de observação e, mais atualmente, entendê-las de uma forma mais global, usando do teste de hipóteses para descrever sua dinâmica e funcionamento. Dentre estes estudos, a maioria contribui com acúmulo de informações descritivas de diferentes locais, onde os resultados trazem predições implícitas, sem meios de comprovação estatística. O plano de execução de trabalhos é baseada em outros, os quais possuem objetivos similares, o que muitas vezes não é o apropriado. Primeiramente a falta de dados descritivos impossibilita a formulação de hipóteses prévias para a determinação de delineamento amostral e dos dados a serem coletados. Comumente, depois de iniciar os trabalhos de campo e verificar que o método de amostragem não é adequado, raramente o problema é corrigido, onde o delineamento é alterado e a amostragem reiniciada. Portanto os resultados apresentados não respondem ao objetivo dos trabalhos, fazendo com que nenhuma hipótese seja testada, contribuindo somente com dados descritivos. Muitos estudos utilizam ferramentas estatísticas, como as análises multivariadas, para encontrarem alguma relação entre o atributo de interesse e variáveis explicatórias, ou teste de hipóteses para verificar se há diferença entre duas situações diferentes. O mau emprego destas ferramentas, através do ato de ignorar premissas, não respeitar o delineamento ideal para coleta de dados e fazer o mau uso de ferramentas estatísticas faz com que haja a perda de objetividade e capacidade de fazer progresso em conhecimento sobre a floresta (GIEHL; BUDKE, 2011).

Há uma série de limitações ao usar uma abordagem descritiva para caracterizar a floresta, como por exemplo: a falta de conhecimento fisiológico de espécies que são classificadas em grupos funcionais sucessionais, que podem mudar ao variar de local, ambiente e fase do ciclo da vida. A relação de ocorrência de espécie e dados edafo-climáticos e de solo podem ser problemáticos quando os dados ambientais têm escala diferente do da espécie, considerando que a própria vegetação pode influenciar no microclima e fertilidade do solo. O uso do material vegetativo espécies mal identificadas em herbários regionais para usar como base na identificação dos indivíduos do trabalho. Há mal aproveitamento dos dados coletados o principal resultado é a tabela das espécies de maior valor de importância. Estes trabalhos geralmente apontam que mais estudos precisam ser realizados, contribuindo pouco pra o conhecimento científico (GIEHL; BUDKE, 2011).

Muitos estudos têm foco em medidas estruturais ao analisar a regeneração florestal, como área basal, biomassa da parte aérea das árvores, altura das árvores e densidade de fustes. Estas características estruturais apresentam rapidamente e facilmente mudanças seguidas de distúrbios e são medidas que estão diretamente relacionadas à medida de funções do ecossistema. Outros estudos examinaram mudanças na estrutura de clareiras, como frequência e tamanho, disponibilidade de luz durante o processo de restauração da floresta. Para medir a recuperação de funções do ecossistema dados de estoque de nutriente no solo e ciclagem de nutrientes são comumente utilizados. Em relação à análise de composição florística, frequen-

temente é analisada a densidade de espécies (nº de espécies por unidade de área), riqueza de espécies (número de espécies), equabilidade, e diversidade de espécies (índice de diversidade de Shannon e Simpson), mas estas comparações podem ser problemáticas se os efeitos da densidade de fustes for confundida com os efeitos de riqueza de espécies, ou se as parcelas forem pequenas e mal replicadas (CHAZDON, 2003).

O inventário florestal consiste em certas regras para determinar a metodologia em que dados quantitativos e qualitativos das árvores de uma floresta serão coletados e agregados. Todos os métodos utilizam a agregação de dados individuais por unidade de área e depois é feita a expansão dos dados agregados por hectare, como por exemplo: área basal ($m^2.ha^{-1}$), volume de madeira ($m^3.ha^{-1}$), mortalidade de indivíduos ($ind.ha^{-1}$).

Desta maneira, os arvoredos são, para efeitos práticos, pequenas partes da floresta, cujas árvores são enumeradas e seus atributos coletados, ou ainda, unidades amostrais naturais. Eles podem ter formas e tamanhos diferentes, mas em geral são retangulares, circulares ou em faixas, isto é, retângulos de pequena largura (até 10 metros) e grande comprimento. Uma vez determinada a área do arvoredo de determinado método arbustimétrico², ela se mantém fixa em forma e tamanho por todo o levantamento em questão.

As informações reunidas em arvoredos, deverão então ser expandidas para uma unidade de medida única, facilitando o entendimento das informações e comparação entre áreas. O fator de expansão converte as medidas agregadas na unidade da parcela para medidas em hectare. Além disso, ele define a representatividade de cada indivíduo medido no arvoredo. Este indivíduo será expandido de acordo com a relação entre as áreas do arvoredo e da floresta. Na equação 1 abaixo é possível perceber que quanto menor o arvoredo, maior a representatividade de cada indivíduo contido nele.

$$f_D = \frac{1}{S_p} = \frac{10.000}{S_p^*} \quad (1)$$

onde:

f_D : fator de expansão

S_p : área do arvoredo (ha)

S_p^* : área do arvoredo (m^2)

Em floresta nativa as parcelas em faixa são mais eficientes, pois há preferência por parcelas de tamanho grande, por volta de $2.500m^2$, por conta da heterogeneidade típica do ambiente. Estas parcelas podem arbitrariamente amostrar um ou mais tipo de manchas florestais, devido ao seu longo comprimento. Portanto, ao acaso, este método arbustimétrico tenta, através de grandes arvoredos, chegar ao comportamento médio da floresta.

Entretanto o papel do arvoredo é mais complexo em teoria, uma vez que "...evoca uma situação intermediária entre árvores e floresta, permitindo estabelecer uma ponte concei-

²Comumente chamado de método de amostragem, porém é utilizado neste trabalho com um sentido mais específico, que é a área florestal.

tual entre a mensuração das árvores e a obtenção de informações sobre a floresta."e "a floresta deve ser entendida como uma composição de arvoredos, que se mantêm entre si não só uma relação quantitativa, mas principalmente uma inter-relação dinâmica que resulta num *todo orgânico*, que se chama floresta."Sendo assim, o arvoredo seria uma unidade fisionômica típica, identificada em campo. (BATISTA; COUTO; da SILVA FILHO, 2014).

1.3 Método de Levantamento

Como indicado por Torquebiau (1986) um método pertinente para amostrar as manchas florestais é a Interceptação de linhas, ou "Line Interception Sampling"(L.I.S.). Em seu trabalho, o autor supracitado usou as linhas como ferramenta para amostrar e classificar as árvores presentes no local através da silvigênese, e a partir delas ele montaria um mapa de eco-unidades. Em trabalhos brasileiros como o de Nascimento e Viana (1999), Leite e Rodrigues (2008) e Botrel, Yamamoto e Rodrigues (2013) utilizaram a mesma metodologia para obter uma descrição da floresta. Porém, em nenhum destes trabalhos o conjunto de árvores com as mesmas características, ou arvoredos, foram utilizados como unidades amostrais com o objetivo de estimar atributos de interesse.

O Método de Levantamento por Interceptação de Linhas pode ser usado para amostrar diversos objetos, como usado por de Vries (1979) para quantificar resíduos em forma de toras, ou como Runkle (1985) quantificando clareiras. Basta usar de ferramentas amostrais e estatísticas apropriadas para que seja desenvolvido um método mais indicado para a situação em questão.

Este método consiste em lançar linhas na área de estudo, e amostrar todos os objetos de interesse do estudo. A partir destas linhas, os atributos podem ser atrelados à alguma medida ligada à este atributo, e estas medidas possuem uma probabilidade de serem amostradas, de acordo com seu formato e dimensão (perímetro, maior diâmetro, diâmetro médio).

A fim de estimar as áreas dos arvoredos, a variável auxiliar mais apropriada para uso é o comprimento da linha que intercepta o arvoredo, de acordo com Gregoire e Valentine (2008). Sendo possível indicar uma caracterização da floresta através da estimativa de proporção e tamanho de cada tipo de arvoredo natural, e portanto, proporção e tamanho de manchas em estágios sucessionais diferentes.

Os atributos de interesse da floresta podem ser estimados em valores médios utilizando um estimador não-enviesado da média, a qual é uma média ponderada de peso dado pela probabilidade de interceptação de cada arvoredo, como na amostragem estratificada.

Assim, cada transecto lançado é uma repetição, podendo ser de diferentes comprimentos e em diferentes quantidades, dependendo da necessidade de cada estudo.

1.4 Proposta

Diante de todos os desafios mencionados, é necessário que haja um novo método que considere a complexa heterogeneidade das florestas tropicais e ao mesmo tempo seja eficiente, utilizando os padrões naturais como um meio de otimizar a amostragem. Estes padrões devem usar como base dados consistentes, como dados quantitativos: DAP e número de indivíduos, diferentemente da lista de espécies que apresentam limitações de coleta e uso. E também devem ser amostrados por um delineamento apropriado, representando a floresta o melhor possível.

O objetivo deste trabalho é propor um método de levantamento pelo método de L.I.S. de forma a poder obter estimativas quantitativas tradicionais dos inventários florestais e, simultaneamente, qualificar, quantificar a estrutura do mosaico florestal.

Referências

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. de; da SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de Recursos Florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

BOTREL, R. T.; YAMAMOTO, K.; RODRIGUES, R. R. Avaliação de um método de análise silvigênica em uma floresta estacional semidecidual. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 391–402, 2013.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 6, n. 1, p. 51–71, 2003.

COOPER, W. S. Ecological succession of mosses, isle royale, lake superior. **The journal of ecology**, Oxford, v. 1, n. 1, p. 201–203, 1913.

COOPER, W. S. The fundamentals of vegetational change. **Ecology**, v. 7, n. 4, p. 391–413, 1926.

de VRIES, P. Line transect sampling: statistica theory, applications, and suggestions for extended use in ecological inventory. In Cormack, R. M.; Patil, G. P.; Robson, D. S. **Sampling Biological Populations**. Fairland, USA: International Co-operative Publishing House, 1979. cap. 1, p.1-70.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no brasil: em busca de um paradigma. In: Felfili, J.M.; Eisenlohr, P.V.; Melo, M.M.R.F. Andrade, L.A.; Meira Neto J.A.A. **Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil**, Viçosa: Editora UFV, 2011. v. 1, cap. 1, p. 1–21.

Gregoire, T.; Valentine, H. **Sampling strategies for natural resources and the Environment**. Number 1 in Applied Environmental Statistics. Boca Raton: Chapman & Hall, 2008. 474p.

LEITE, E. C.; RODRIGUES, R. R. Análise do mosaico silvático em um fragmento de floresta

tropical estacional no sudeste do brasil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 443–452, 2008.

NASCIMENTO, H. E.; VIANA, V. M. Estrutura e dinâmica de eco-unidades em um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 29-47, jun. 1999

OLDEMAN, R. **Forests: elements of silvology**. Springer Berlin Heidelberg, 1990. 624p.

OLDEMAN, R. A. A. The design of ecologically sound agroforests. In: PLANT RESEARCH AND AGROFORESTRY: A Consultative Meeting , Nairobi (Kenya). **Proceedings...** 1983.

RUNKLE, J. Comparison of methods for determining fraction of land area in treefall gaps. **Forest Science**, Bethesda, v. 31, n. 1, p. 15–19, 1985.

TORQUEBIAU, E. F. Mosaic patterns in dipterocarp rain forest in indonesia, and their implications for practical forestry. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v. 2, n. 4, p. 301–325, 1986.

WATT, A. S. Pattern and process in the plant community. **Journal of ecology**, Oxford, v. 35, n. 1/2, p. 1–22, 1947.

WHITMORE, T. Gaps in the forest canopy. In: Tomlinson, P. B. ; Zimmerman, M. **Tropical Trees as Living Systems**. New York: Cambridge University Press New York, 1978. 639–655 p.

WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, Brooklyn, v. 70, n. 3, p. 536–538, 1989.

2 DESCRIÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ATRAVÉS DO CONCEITO DE MOSAICO. ESTUDO DE DOIS CASOS: ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CAETETUS E MOMBUCA

Resumo

A quantificação de atributos de florestas naturais é um desafio diante da complexidade que os elementos apresentam. As florestas tropicais têm grande biodiversidade e estão em constante mudança por conta dos distúrbios que sofrem, apresentando alta heterogeneidade. Os métodos de amostragem existentes não consideram estas características, produzindo resultados incertos. Alguns trabalhos descritivos já foram desenvolvidos considerando as manchas naturais, chamadas de *eco-unidades*, mas em nenhum foi proposto uma metodologia onde estas unidades fossem utilizadas como unidade para amostragem. Neste trabalho objetivou-se descrever as características destes grupos de árvores com estrutura definida e descritível, denominados *arvoredos naturais*, para que possam ser empregadas na estruturação de um método para estimar com precisão atributos da floresta. Foi utilizado o método por interceptação de linhas, onde eram amostrados todos os arvoredos interceptados. Foram medidos os CAPs de todos os indivíduos contidos nos arvoredos e os raios do centro até o limite de cada unidade amostral. Os arvoredos foram separados em quatro tipos: Degradação, Regeneração Inicial, Regeneração Tardia e Maduro. Observou-se que cada tipo de arvoredo natural possui características estruturais de acordo com o estágio sucessional que estão, e portanto foram identificados usando critérios ecológicos. Foram descritas as características de cada tipo de arvoredos e foi verificado que possuem formato arredondado. Não foi possível realizar nenhuma análise estatística sobre o tamanho dos arvoredos devido ao baixo número de repetições. Como amostragem piloto, foi alcançado o objetivo, porém para o desenvolvimento do método, recomenda-se que seja feita uma amostragem maior. A utilização dos arvoredos naturais como unidades amostrais se mostrou eficiente devido a rápida amostragem à simples coleta de dados, portanto prospecta-se que seja usado para levantamentos florestais.

Palavras-chave: Ecounidades; Interceptação por linha; Mosaico; Levantamento florestal; Arvoredos; Caracterização; Densidade de árvores; Cipó; Sub-bosque.

Abstract

Quantification of natural forests attributes is a challenge given the complexity of the elements present. Tropical forests have high biodiversity and are constantly changing due to the disorders suffering, with high heterogeneity. The existing sampling methods do not consider these characteristics, producing unreliable results. Some descriptive studies have been developed considering the natural patches, called *eco-units*, but none has been proposed a methodology where these units were used as a tool for sampling. This study aimed to describe the characteristics of these groups of trees with defined and describable structure, called *natural tree cluster*, so they can be used in structuring a method to estimate precise forest attributes. It was used the Line Interception Sampling Method, where it was sampled all intercepted tree clusters. All individuals that were inside the tree cluster had their DHB measured and the distance from its center to its edge was also measured. The tree clusters were divided into four types: Degradation, Initial Regeneration, Late Regeneration and Mature. It was observed that each type of natural tree cluster has structural characteristics according to the successional stage they are in and therefore were identified using ecological criteria. The characteristics of each type of tree cluster have been described and found to have rounded shape. It was not possible to

make any statistical analysis of the size of the tree clusters due to the low number of repetitions. As pilot sampling, the goal has been achieved and is recommended for the next steps to develop of the method that a larger sample is made. The use of natural tree clusters sample unit was efficient due to rapid sampling and to the simple data collection, so it is prospected to be used for forest surveys.

Keywords: Ecounits; Line interception; Forest mosaic; Forest sampling; Tree cluster; Description; Tree density; Vine; Understory.

2.1 Introdução

A maior parte dos estudos em florestas nativas é realizada com base em parcelas distribuídas sistematicamente ou de forma aleatória, ou segundo um delineamento amostral qualquer que permite obter informações sobre a população sem necessidade de conhecer sua estrutura e heterogeneidade naturais. Isto implica em estudos com base na amostra coletada pelo pesquisador e não na variabilidade natural da floresta, da qual são obtidas estimativas de parâmetros quantitativos (SCHILLING; BATISTA, 2008).

A floresta natural é constituída por retalhos ou manchas de grupos vegetais que estão na mesma fase sucessional. Estas manchas são encontradas repetidamente ao longo da área e são cercadas por outras manchas, com as próprias características (WATT, 1947). Cada área tem um histórico de perturbação e um estágio de restauração próprio, com escalas múltiplas de tempo e espaço, como por exemplo, a recuperação de acumulação de biomassa, que pode demorar décadas para acontecer, enquanto que a de composição de espécies pode demorar séculos (CHAZDON, 2003).

Dentro de uma floresta é possível obter dados que possibilitam descrevê-la, como área basal, biomassa da parte aérea das árvores, altura, densidade de fustes, entre muitos outros. Estas características mudam rápida e facilmente à medida em que sofrem distúrbios, impactando, assim, nas funções do ecossistema. Estudos com base em dados florísticos são analisados: densidade de espécies (nº de espécies por unidade de área), riqueza de espécies (número de espécies pelo número de indivíduos), equabilidade, e diversidade de espécies (índice de diversidade de Shannon e Simpson), mas suas comparações podem ser problemáticas se os efeitos da densidade de fustes for confundida com os efeitos de riqueza de espécies, ou se as parcelas forem pequenas e mal replicadas (CHAZDON, 2003).

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos utilizando o conceito de mosaico florestal, considerando que cada unidade de vegetação é uma *eco-unidade*, cujo começo de desenvolvimento se deu no mesmo momento e em mesmo local (OLDEMAN, 1990). Na metodologia usada no trabalho de Cardoso-Leite (2008) foi considerada a arquitetura das árvores para delimitar as eco-unidades, os quais possibilitaram indicar o nível de maturidade da área. Nascimento & Viana (1999) estudaram qualitativamente as eco-unidades, indicando diferentes estados de conservação, recomendando esta metodologia para ajudar a priorizar fragmentos para restauração. Porém nenhum trabalho foi realizado com proposta de método que suprisse a falta de

certeza na amostragem atualmente realizada.

Para entender melhor a floresta é necessário considerar a heterogeneidade dos mosaicos em composição, função e estrutura, tornando a teoria da dinâmica de manchas uma ferramenta poderosa para explorar as relações complexas que nela existem (CADENASSO; PICKETT; GROVE, 2006).

Então, para que a amostragem seja feita, de forma a respeitar a dinâmica e estrutura da floresta, é necessário que o inventário florestal determine certas regras para construir um método em que os dados quantitativos e qualitativos das parcelas sejam o mais representativos possível. Considerando que a floresta é um mosaico de manchas, e que cada mancha possui menor heterogeneidade do que a floresta como um todo, deve-se considerar que as manchas são parcelas naturais, formadas pelo histórico de distúrbios que ocorreu na área. Neste trabalho, nos referimos às manchas como *Arvoredos Naturais*, termo adotado por Batista et al. (2014), onde o grupo de árvores dentro do arvoredo natural têm estrutura definida e descritível.

O objetivo deste trabalho foi realizar a amostragem de floresta natural, utilizando os arvoredos naturais como unidades amostrais, através do Método de Levantamento por Intercepção de Linhas. Para isto, o primeiro passo é a caracterização dos tipos de arvoredos naturais que compõem o mosaico, o qual é importante para ser base da estruturação do método, para que depois seja possível realizar a estimativa dos atributos da floresta.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local

Estação Ecológica de Caetetus

Parte do estudo foi realizado na Estação Ecológica de Caetetus, de área de 2.176,10 ha localizada nos municípios de Gália e Alvinlândia, entre as coordenadas geográficas 22°20' e 22°30' S e 49°40' e 49°45' O (figura 2.1).

A Estação Ecológica de Caetetus, que constitui uma das maiores áreas florestadas contínuas do estado de São Paulo é constituído por um dos principais remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. É cercado por café. O solo pode ser caracterizado como Latossolo Álico de textura média nas regiões mais altas, e Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa/média nas áreas mais baixas da Estação (Mattos et al., 1996). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cwa, mesotérmico com invernos secos. A temperatura chega a ser inferior a 18°C no inverno e superior a 22°C no verão. A precipitação total nos meses de seca é no máximo 30 mm, atingindo a precipitação anual de 1.100 a 1.700 mm. A temperatura média anual é de 20,7°C. A altitude varia entre 520 e 680m (Tabanez et al. 2005).

Tabanez (2005), em seu estudo descreveu a unidade de conservação como remanescente florestal floresta estacional semidecidual do Planalto Ocidental do estado de São Paulo,

cujo núcleo não sofreu exploração antrópica devido ao difícil acesso causada topografia acidentada.

Fragmento Florestal no Município de Mombuca

O outro local de estudo foi um fragmento florestal, no Município de Mombuca, com área de aproximadamente 34 ha, localizado próximo à divisa de Rio das Pedras, entre as coordenadas geográficas 22°55' e 22°56' S e 47°38' e 47°39' O (Figura 2.1).

O fragmento florestal é um dos maiores em extensão na região de Piracicaba, sendo rodeado por monocultura de cana-de-açúcar. Aparentemente é um remanescente florestal que sofreu exploração antrópica e ainda recebe visitação da população no entorno, que pôde ser percebido pela presença de lixo e trilhas pela mata. A altitude é, em média, de 570 m e o clima, segundo classificação de Koppen, é Cwa, mesotérmico com invernos secos, com temperatura média de 20.5 °C e pluviosidade média anual de 1194 mm.

Figura 2.1: Localização das áreas de estudo. O ponto quadrado é o fragmento florestal localizado no Município de Mombuca e o círculo é a Estação Ecológica de Caetetus.

Floresta Estacional Semidecidual

Ambas as áreas estão situadas em Floresta Estacional Semidecidual, a qual tem acentuada seca no inverno e intensas chuvas no verão, característica desta região. Estas característi-

cas determinam a queda parcial das folhas das árvores, fenômeno típico das florestas estacionais semidecíduais. Também pode ser chamada de Floresta Tropical Subcaducifólia, constituída por fanerófitos cujas gemas foliares são protegidas da seca por escamas e possuem folhas adaptadas, membranáceas decíduais, e 20% a 50% das folhas são derrubadas em épocas de seca (IBGE, 2012).

2.2.2 Método

Identificação dos Arvoredos Naturais

Características específicas foram usadas para determinar a identificação dos arvoredos naturais devido ao que estas características indicam, no contexto ecológico, o estágio sucessional que se encontra.

O primeiro objeto que foi observado foram as árvores. A densidade de árvores e sua espessura em conjunto podem dar indícios de recrutamento ou regeneração natural, ou maturidade. Por exemplo, uma alta densidade de indivíduos jovens e finos, com ausência de árvores mais grossas indica que esta área está no começo da regeneração natural, cujos os indivíduos são estimulados pela incidência de luz, e portanto aparecem em maior número. Este foi a principal característica observada.

Os cipós e herbáceas são uma importante característica, principalmente o herbáceo que é estimulado pela presença de luz, fazendo com que seja um indicativo de abertura do dossel, portanto distúrbio.

O sub-bosque foi usado também, uma vez que é uma característica importante da regeneração natural e contém indivíduos que não entraram no critério de inclusão de CAP. Neste caso foi avaliado principalmente a densidade de indivíduos, podendo indicar recrutamento ou regeneração natural.

A presença de distúrbio, direta ou indireta é um fator importante, pois é a evidência de não maturidade do arvoredado natural. Esta evidência pode ser tanto objeto causador do distúrbio, como galho, tronco, cinzas, que no caso indicaria fogo, como pode também ser uma abertura no dossel, a presença intensa de cipós, gramíneas ou bambu.

Estas características foram avaliadas de duas formas: através da visão e caminhada dentro do arvoredado. Estas duas ferramentas foram usadas para constatar a densidade de indivíduos e de cipós presentes na área. Se fosse possível enxergar a longas distâncias sem muito esforço é possível dizer que a densidade de árvores e cipós não é alta, indicando um estágio mais avançado de sucessão. Porém, se fosse difícil enxergar e caminhar, já há um indicativo de que há alta densidade de árvores mais jovens e talvez indícios de distúrbio na área.

A principal ideia é conseguir distinguir arvoredos ao entrar e caminhar nela. E utilizar o conhecimento de ecologia florestal, mais especificamente sobre sucessão secundária, da maneira mais simples, a fim de construir uma metodologia eficiente.

Método de Amostragem: Intercepção de linhas

Runkle (1985) mensurou a área de clareiras através da utilização da amostragem por intercepção de linhas, originalmente proposto por de Vries (1974). Este tipo de amostragem consiste em lançar linhas aleatoriamente pela área de estudo, e toda unidade amostral interceptada pela linha é incluída na amostragem. As unidades amostrais no trabalho do autor foram clareiras, mas neste trabalho foram amostrados todos os arvoredos naturais encontrados. Através desta técnica é possível estimar a área dos arvoredos naturais, assim como outros atributos de interesse, como área basal, número médio de indivíduos e DAP médio.

A metodologia foi aplicada nas duas áreas, porém com pequenas diferenças, devido a disponibilidade de área no fragmento em Mombuca. Nas duas áreas foram utilizadas linhas paralelas entre si. Foi utilizado uma reta de pontos, cuja distância entre cada ponto é de 20 metros. O início de cada linha foi aleatorizado nestes pontos pré-estabelecidos. Inicialmente foi proposto amostrar duas linhas de 300 metros em cada área, porém como o fragmento de Mombuca é menor e há mudança de fisionomia na floresta, devido à proximidade com corpos de água, foram plotadas três linhas de 200 metros cada uma. Ao se realizar a amostragem, no fragmento de Mombuca, a linha teve que ser interrompida antes, por conta da mudança de fisionomia da floresta causado pela proximidade a um rio.

Dados coletados

- Tamanho dos Arvoredos Naturais (AN):

Para medição de área dos AN, foram alocadas duas linhas na área de Caetetus, de 300 metros de comprimento, e três linhas na área de Mombuca, de 200 metros. Todas as linhas foram alocadas paralelamente. Na figura 2.2, é ilustrado o transecto, o qual intercepta os arvoredos. Foram medidas seis distâncias da metade do transecto até o limite do arvoredo, as quais foram denominadas raios (r). A junção das extremidades dos raios dá forma a um hexágono.

Figura 2.2: Representação da amostragem por interceptação de linhas. A linha externa cinza esquematiza o limite real do arvoredado, as linhas pretas grossas representam o hexágono formado pela junção das extremidades de cada raio (r), ilustrado com as linhas pretas finas.

A altura foi tomada a 1,30m do solo, como padronização.

Área do triângulo utilizando o seno de um dos seus ângulos.

Para o cálculo da área do arvoredado, este foi dividido em 6 triângulos. Cada triângulo possui dois lados conhecidos, e o ângulo entre eles, o qual foi previamente determinado, de 60° . Portanto pode-se calcular a área do AN total através da equação 2.

$$A = \frac{b * c * \text{seno}(a)}{2} \quad (2)$$

Sendo que A é a área do triângulo, b e c são dois lados conhecidos do triângulo, representado na Figura 2.2 pelos raios 1 e 2 e a é o ângulo entre os dois lados conhecidos, que foi previamente determinado, de 60° .

A área do arvoredado seria, então, a soma dos seis triângulos.

- Foram medidos os indivíduos que possuíam o CAP maior ou igual a 15 cm.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Identificação dos Arvoredos Naturais

Oldeman (1990) e Torquebiau (1986) realizaram a amostragem através da classificação dos tipos de árvores do dossel presentes na área, para então confeccionar o mapa de eco-unidades ou arvoredos naturais. Esta identificação usa do conceito de superfície de inversão ecológica da floresta e da altura de reiteração das árvores, onde as árvores são classificadas

de acordo com a altura que apresentam sua bifurcação, e as ecounidades são definidas à partir da união dos mesmos tipos de árvores.

Esta metodologia foi adaptada para que seja mais viável operacionalmente, sem perder a qualidade de informações. Portanto, foram usadas outras características de fisionomia que pudessem servir para o reconhecimento dos arvoredos naturais, sem a necessidade de classificar árvores e confeccionar mapas.

A classificação dos arvoredos naturais se deu a partir de critérios ecológicos e sem parâmetros fixos. Para classificar um AN não foi necessário estabelecer limite de circunferência a altura do peito (CAP) ou número mínimo e máximo de indivíduos por área, por exemplo. Os tipos de AN eram classificados de acordo com presença, ausência e frequência dos atributos listados a seguir na Tabela 2.1. Portanto, em ambas as áreas, haviam todos os tipos de AN.

Tabela 2.1: Classificação dos Arvoredos Naturais. Atributos e critérios gerais utilizados.

Tipos de Arvoredo Natural	Atributos			
	Distúrbio	Sub-bosque	Cipós	Nº de indivíduo
Degradação	Presente	Ausente	Presente, moderado	Poucos
Regeneração Inicial	Presente	Ausente	Presente, intenso	Poucos
Regeneração Tardia	Ausente, vestigial	Presente, intenso	Presente, intenso	Muitos
Maduro	Ausente, vestigial	Presente, moderado	Presente, moderado	Médio

Além desta tabela, foram observadas e consideradas outras características que foram mais evidentes em uma área do que a outra, em detrimento do histórico das áreas e das condições em que se encontram (fragmentação, antropização, efeito de borda, entre outros).

A seguir, cada arvoredo natural foi delimitado e descrito com mais detalhes:

- Degradação: Toda área que foi impactada pelo distúrbio e é comumente chamada de clareira, gap ou chablis. Frequentemente o objeto causador do distúrbio, uma árvore caída ou galho por exemplo, está localizado na região central do arvoredo natural. E ele se estende até o último indivíduo afetado diretamente (atingido pela árvore), ou indiretamente (puxada por um cipó).

Foi comum observar que os cipós que entrelaçam duas ou mais árvores influenciam consideravelmente no tamanho do arvoredo natural, já que uma vez conectada, esta pode ser quebrada ou levada ao chão.

O critério para determinar os limites do AN foi a cobertura arbórea, portanto ela era determinada, em campo, pela abertura do dossel, onde se dava até onde não existisse continuidade do estrato mais alto.

- Regeneração Inicial: Área com alta incidência de cipós, principalmente do tipo herbáceo, cobrindo do chão até o alto das árvores mais altas, que se localizam no perímetro do arvoredo natural. Este tipo de AN também é comumente chamado de clareira, por não

possuir cobertura vegetal arbórea. Possui indivíduos arbóreos: alguns remanescentes e outros oriundos da regeneração natural.

Os limites do AN são bastante fáceis de identificar, pois é o próprio cipó que, ao cobrir do chão ao topo das árvores, forma uma parede física. Foi determinado que o limite fosse até onde existisse esta "parede" de cipós a 1,30m de altura a partir do chão.

- **Regeneração Tardia:** Este AN já possui cobertura vegetal arbórea contínua, portanto é um local sombreado, com pelo menos um estrato. Ainda há presença bastante intensa de cipós, porém mais espessos, com crescimento secundário visível.

Nesta área há indivíduos altos, que compõe o dossel, e há indivíduos mais baixos no sub-bosque, o qual é bastante adensado, possui muitos indivíduos finos e baixos (tendo como altura máxima de aproximadamente 2 metros). A visibilidade a longas distâncias é bastante comprometida por conta das folhas e galhos do sub-bosque e da alta densidade de cipós.

Para determinar os limites do AN foi considerada a alta densidade do sub-bosque, a alta quantidade de cipós lenhosos e herbáceos. Portanto, toda área que possuía estas características, desde o chão até o dossel, era incluída neste tipo de AN.

- **Madura:** Toda a área que não apresentava sinais de distúrbio. A floresta é mais estratificada, fazendo com que o sombreamento seja maior. Há indivíduos grandes com CAP grande (acima de 200cm).

O sub-bosque apresenta menor quantidade de indivíduos, consequentemente o espaçamento entre eles é maior. A quantidade de cipós é bastante reduzida, sendo que o cipó lenhoso ocorre esporadicamente, preso a alguma árvore.

A visibilidade a longas distâncias é facilitada pela reduzida frequência de folhas, galhos e cipós à altura dos olhos. Os limites do AN se dão até onde estas características se mantêm. Ao encontrar sinais de distúrbio, é onde o AN termina.

2.3.2 Classificação dos Arvoredos Naturais

Os arvoredos naturais foram classificados em quatro tipos: Degradação, Regeneração Inicial, Regeneração Tardia e Maduro e suas áreas foram calculadas, como pode-se observar na tabela 2.2, e seu formato foi esquematizado na figura 2.3.

Tabela 2.2: Tamanho e número de cada tipo de Arvoredo, por local.

Tipo de Arvoredo Natural	Local	Quantidade	Área(ha)	Área(%)
Degradação	Caetetus	3	0,34	1,43
Regeneração inicial		12	7,55	31,82
Regeneração tardia		7	4,79	20,19
Madura		8	11,04	46,53
Total		30	23,72	100,00
Degradação	Mombuca	5	0,24	3,17
Regeneração inicial		4	0,98	12,93
Regeneração tardia		6	0,39	5,14
Madura		12	5,97	78,74
Total		27	7,58	100,00

Figura 2.3: Linhas dos transectos feitos em Caetetus (1 e 2) e Mombuca (3, 4 e 5).

O tamanho da clareira, de acordo com a revisão bibliográfica de Lima (2005), é um importante atributo a ser estudado, uma vez que influencia na quantidade de luz incidente e

seleção de espécies para a colonização, sendo uma importante ferramenta para o estudo de dinâmica. Portanto o tamanho dos arvoredos em diferentes locais foram comparados na forma de boxplot, sendo possível observar como o tamanho dos arvoredos são distribuídas nos dois locais.

Figura 2.4: Comparação entre os locais, E. E. Caetetus e Mombuca, em termos de tamanho do arvoredos, usando as medidas de perímetro.

Não foi feita análise estatística matemática sobre o tamanho dos arvoredos pois não há número suficiente para que seja possível realizar uma análise satisfatória (tabela 2.2). Foi observado que o número total de arvoredos em cada local foi próxima, porém a proporção dos tipos de arvoredos foram diferentes nos dois locais. Como o objetivo do estudo era a aplicação piloto da metodologia, a amostragem não foi suficiente para obter um número maior de arvoredos de cada tipo. Portanto, recomenda-se que seja feita uma amostragem maior do que feita neste estudo.

É possível verificar, no entanto, que a proporção da quantidade de arvoredos naturais de cada tipo é diferente nos dois locais. Na floresta da E. E. Caetetus a distinção foi mais clara e fácil, onde todas as características seguiam os padrões estabelecidos, no entanto no fragmento de Mombuca, as características tinham de ser adaptadas para que fosse possível

realizar a classificação. Há alguma razão para que a classificação dos arvoredos fosse mais fácil em floresta mais conservada e mais arbitrário em floresta menos conservada. A razão mais evidente é o tipo e a frequência de distúrbio que cada uma sofre. A E. E. Caetetus é uma unidade de conservação que possui certo controle de entrada de pessoas e portanto apresenta em sua maioria distúrbios naturais, os quais têm padrão em suas características. Diferentemente, no fragmento de Mombuca o controle de entrada de pessoas não existe, fazendo com que não seja possível saber qual é o real impacto antrópico, uma vez que existem diversas atividades praticadas, como visitação, caça, depredação, retirada e plantio de árvores, entre outros. Como os distúrbios antrópicos não possuem padrão, a distinção dos arvoredos do tipo regeneração tardia e madura foi o mais difícil de realizar. Um exemplo é o caminhar na área, o qual é mais fácil em arvoredos maduros, onde o sub-bosque é menos denso e a presença de cipós é baixa. Estas características são usualmente presentes em local onde há intensa presença de pessoas, as quais provocam o pisoteamento de plântulas e retirada os cipós.

Diante da falta de padronização das características do distúrbio antrópico há a necessidade de buscar outros critérios de identificação de arvoredos em florestas que não são protegidas e que estão sujeitas a este tipo de distúrbio.

2.3.3 Descrição dos Arvoredos Naturais

Estação Ecológica de Caetetus

Esta área conservada, protegida por Unidade de Conservação, apresentou pouca evidência de distúrbios antrópicos. Os arvoredos naturais eram facilmente reconhecidos e delimitados.

Os ANs do tipo Degradação são resultado de distúrbios naturais ou antrópicos. Era possível identificar o objeto que causava o distúrbio, pois eram árvores grandes que caíam inteiras ou em partes (ramos, parte de fustes) (figura 2.5).

Figura 2.5: Arvoredo Natural do tipo Degradação. Árvores que caíram recentemente. A alteração em torno da árvore, onde outras árvores foram atingidas, derrubadas ou trazidas ao chão por cipós que interligavam as árvores.

Os ANs do tipo Regeneração Inicial também são fáceis de identificar pois apresentavam uma grande quantidade de cipós que formavam uma "parede", a qual era necessária abrir para depois poder atravessar. O cipó aparentemente aproveitava toda área iluminada disponível, limitado pelo formato da clareira, cobrindo do chão até o alto das árvores vizinhas a ela. Neste contexto era difícil visualizar a presença das mudas do banco de plântulas ou a regeneração de árvores de espécies pioneiras (figura 2.6). As árvores encontradas são árvores remanescentes do distúrbio sofrido na área.

Figura 2.6: Fotografias tiradas na Estação Ecológica de Caetetus. Amostragem do Arvoredo Natural do Tipo Regeneração Inicial, delimitado pela sua "parede" natural de cipós (a) visão do perfil da "parede" formada por cipós e (b) "parede" perfurada para abrir passagem e a visão geral da área (c) visão de dentro da clareira, de frente para uma das "paredes".

Nos ANs do tipo Regeneração Tardia já foi possível visualizar a sucessão secundária com indivíduos arbóreos tomando espaço na área que sofrera distúrbio. Ainda há presença de cipós permeando do dossel até a base das árvores, desde cipós finos, sem ou com pouco tecido lenhoso, até cipós mais espessos e lenhosos. Visualmente, a parte lenhosa dos cipós de maior e menor espessura se entrelaçam entre as árvores, e a parte das folhas não era quase detectado, pois se localizavam nas copas das árvores de altura mediana ou no tronco das mais altas, onde a luz era disponibilizada em maior quantidade.

Havia presença de sub-bosque bastante intensa, com indivíduos altos, aparentemente

estimulados pela maior intensidade de luz, e consequentemente com a parte aérea aérea mais desenvolvida. O resultado é uma área em que não é fácil enxergar grandes distâncias, por conta principalmente das folhas e dos ramos do sob-bosque e da intensa presença de cipós (figura 2.7).

Figura 2.7: Fotografias tiradas na Estação Ecológica de Caetetus. Amostragem do Arvoredo Natural do tipo Regeneração Tardia, com destaque para os elementos mais visíveis: (a) destaque na presença de cipós de diferentes espessuras e (b) visualização geral do arvoredo natural, com conjunto de sub-bosque e cipós.

Os ANs do tipo Madura já são áreas em que há mais estratos definidos no dossel, e há maior sombreamento por conta da maior quantidade de filtros presente. Árvores de CAP maior que 200cm foram encontrados com facilidade, os quais pareciam compor o J inverso do gráfico de distribuição diamétrica de uma floresta bem conservada. A área é bastante aberta, com poucos indivíduos no sub-bosque e os cipós lenhosos eram raramente vistos.

Figura 2.8: Fotografias tiradas na Estação Ecológica de Caetetus. Amostragem do Arvoredo Natural do tipo Maduro, onde é possível visualizar a área (a), com detalhe para o sob-boque mais limpo. A presença de cipós ainda existe, porém com raridade, exemplar (b) de árvore de grande espessura, com algumas lianas sobre ela.

Fragmento Florestal de Mumbuca

O fragmento florestal não protegido apresentava sinais de distúrbios antrópicos, principalmente visitação. O formato do fragmento é bastante desuniforme, e aparentemente sob efeito de borda, apresentando invasão de capim e presença expressiva de cipós na bordadura. Os arvoredos foram mais difíceis de serem identificados, pois os indicadores fisionômicos, como estratificação do dossel e densidade do sub-bosque, não puderam ser usados em todos os casos.

Nos ANs do tipo Degradação foi possível identificar os objetos causadores dos distúrbios (figura 2.9), que geralmente foram árvores caídas. A área foi delimitada pela dimensão do impacto do distúrbio, portanto o limite se deu até o último indivíduo afetado.

Figura 2.9: Fotografias tiradas no fragmento no município de Mombuca. Amostragem do Arvoredo Natural do tipo Degradação, originada pela queda da árvore (a), que caiu e levou outros indivíduos que estavam conectados a este por cipós. É possível visualizar o céu aberto pela falta de dossel (b).

Os AN do tipo Regeneração Inicial foram identificados com facilidade por conta dos cipós herbáceos que recobriram toda a área aberta, desde o alto das árvores vizinhas, até o chão. Não foi possível encontrar muitos indivíduos arbóreos, sendo que os poucos que haviam eram remanescentes do impacto ou regeneração natural. As árvores encontradas neste arvoredo são remanescentes do impacto.

(a) Vista da "parede" de cipós de dentro do arvoredo natural

(b) "Parede" de cipós vista de fora, de dentro de um AN do tipo regeneração tardia

Figura 2.10: Fotografias tiradas no fragmento no município de Mombuca. Amostragem do Arvoredo Natural do tipo Regeneração Inicial, delimitada pela "parede de cipós" (a) e (b)

Os ANs do tipo Regeneração Tardia foram mais difíceis de serem diferenciadas do

AN do tipo Maduro, pois a densidade de indivíduos no sub-bosque em ambos os tipos eram bastante expressivos, assim como a quantidade de estratos no dossel eram poucos e mal definidos. A diferenciação foi feita basicamente pela quantidade de cipós, a qual era bastante expressiva nesta área, impossibilitando a caminhada.

Figura 2.11: Fotografias tiradas no fragmento no município de Mombuca. Amostragem do Arvoredo Natural do tipo Regeneração Tardia, com destaque para a quantidade e espessura dos cipós (a) e a intensidade do sub-bosque.

Os ANs maduros apresentaram maior espaçamento entre os indivíduos arbóreos, com menor presença de cipós lenhosos. A floresta é pouco estratificada (figura 2.12b), sendo que estes estratos não eram uniformes e contínuos, fazendo com que a luz solar fosse menos filtrada. A quantidade de indivíduos abaixo do limite de inclusão de CAP no sub-bosque é intensa, provavelmente devido à disponibilidade de luz, sendo mais difícil de enxergar a longas distâncias. Foram encontrados indivíduos grandes, maiores que 200cm de CAP, esporadicamente que aparentemente eram remanescentes da exploração do local.

Figura 2.12: Fotografias tiradas no fragmento no município de Mombuca. Amostragem do Arvoredo Natural do tipo Madura

Diferenças e semelhanças entre os dois locais

As duas áreas apresentam grande diferença de tamanho, onde a E. E. de Caetetus tem mais de 2.100 hectares e o fragmento de Mombuca tem aproximadamente 34 hectares. Apesar desta diferença ambas tinham o AN Madura em maior proporção de tamanho (46,53% na E.E. Caetetus e 78,74% em Mombuca), e a de menor proporção foi a AN Degradação (1,43% e 3,17%, respectivamente). Ambas as áreas apresentaram indivíduos com DAP grande, acima de 150 cm, porém na E.E. Caetetus as árvores grandes pareciam pertencer a uma linha contínua de idade das árvores, sendo mais frequentes e melhor distribuídas. No fragmento de Mombuca as árvores grandes eram vistas esporadicamente, aparentando serem remanescentes de exploração do local. A área referente ao arvoredado do tipo Degradação em ambos os locais foi pequena, o que pode se dar por conta da rápida recobertura do espaço aberto por cipós. Uma vez recoberta por estes vegetais, o novo arvoredado já pode ser denominado de Regeneração Inicial.

Sobre a quantidade de indivíduos no sub-bosque nos arvoredos do tipo madura, na E. E. Caetetus a quantidade era menor do que na área de Mombuca, composta por indivíduos mais altos, fazendo com que a maior parte das árvores do sub-bosque entrasse no limite de inclusão de CAP, enquanto que em Mombuca havia maior número de indivíduos no sub-boque, porém baixos e finos, não entrando no limite de inclusão. Provavelmente isto é resultado da alta disponibilidade de luz em floresta menos estratificada, como Mombuca, estimulando assim a regeneração. Portanto, a visibilidade à longas distâncias e caminhamento era mais fácil na E.E. de Caetetus.

Visualmente os arvoredos de Regeneração Tardia, Regeneração Inicial e Degradação eram bastante semelhantes entre os locais quanto às características, pois em ambos os locais a sucessão secundária ocorre da mesma forma, apresentando as mesmas características.

2.3.4 Operacionalização do Método no Campo

A identificação dos arvoredos na E. E. de Caetetus foi fácil, por conta da padronização das características, enquanto que em Mombuca a identificação pode ter sido influenciada pelos distúrbios antrópicos que não possuem padronização definida, por isto, é necessário realizar refinamento dos critérios de identificação para áreas não protegidas e que sofrem este tipo de distúrbio.

Não houve grande dificuldade em encontrar o limite dos arvoredos, por conta da simplicidade das características utilizadas. Houve mais de uma vez a identificação de dois arvoredos congruentes de mesmo tipo, por conta da características que os dois possuíam, mas haviam detalhes que fizeram com que fossem classificados separadamente, indicando que era manchas diferentes, como altura do sub-bosque.

Foi necessário medir os 6 raios de cada arvoredado, a fim de moldar satisfatoriamente bem o arvoredado. Utilizando bons instrumentos, como Haglof DME é possível fazer esta medição rapidamente, uma vez que não é necessário medir com a trena e ter de andar sobre a direção

medida.

O método de amostragem se mostrou eficiente, uma vez que, depois de já acostumada com os passos e padrões de estrutura da floresta, foi possível amostrar um transecto de 300 m em um dia de trabalho no campo. Neste um dia de trabalho de campo foi considerada a abertura da linha do transecto, medição dos raios dos arvoredos naturais, e medição do CAP das árvores neles contidos.

O CAPs das árvores que pertenciam ao arvoredo medido eram coletados, e assim como o número de árvores que estavam dentro do limite de inclusão foi contado. Não foi realizada a identificação dos indivíduos pois este dado ainda não seria base para a estimativa dos atributos da floresta, porém este dado qualitativo pode ser usado para outros estudos futuros.

O que mais tomou tempo na amostragem foi a dificuldade em atravessar as "paredes" de cipós e conseguir abrir a linha do transecto, medir os raios do arvoredo com alta presença de cipós e tomar as medidas de CAP dessas árvores.

2.4 Considerações Finais

Foi possível realizar a amostragem dos arvoredos pelo método de Interceptação de Linhas, utilizando as características definidas neste trabalho. Como se trata de uma aplicação piloto do método, não houve quantidade suficiente para realizar um estudo mais aprofundado de tamanho e proporção de arvoredos, por isto é necessário realizar mais coleta de dados para que o método seja calibrado a mais fisionomias florestais e condições ambientais da floresta.

Não foi utilizada a identificação de espécies pois não era o objetivo do trabalho realizar um levantamento qualitativo da floresta, somente testar o método de amostragem por Interceptação por Linhas e realizar a análise exploratória quantitativa. Algumas espécies pioneiras e secundárias iniciais tem a velocidade de crescimento mais acelerada do que secundárias tardias ou climax. Devido a um conjunto de fatores, um arvoredo pode ser classificado como maduro a partir da continuidade do dossel e pela espessura das árvores. Não utilizar as informações de espécies pode trazer algumas consequências para este tipo de metodologia, devido ao fato de que as espécies possuem características diferentes, como velocidade de crescimento, exigência ambiental para sobreviverem, tipo de dispersão de sementes, entre muitas outras características que podem ser importantes para classificar uma mancha em um tipo de arvoredo natural. Ou ainda, ao não identificar as espécies, há a possibilidade de classificá-lo de forma equivocada.

Uma vez que este tipo de amostragem se mostrou eficiente em campo, já se pode prospectar que este método seja usado para realizar levantamentos florestais rápidos, onde seja possível estimar atributos de interesse com precisão.

Referências

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. de; da SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de Recursos Florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CADENASSO, M.; PICKETT, S.; GROVE, J. Dimensions of ecosystem complexity: Heterogeneity, connectivity, and history. **Ecological Complexity**, Jena, v. 3, n. 1, p. 1 – 12, 2006.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, evolution and systematics**, Jena, v. 6, n. 1, p. 51–71, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 2012. 275p.

LEITE, E. C.; RODRIGUES, R. R. Análise do mosaico silvático em um fragmento de floresta tropical estacional no sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 443–452, 2008.

LIMA, R. A. F. de. Estrutura e regeneração de clareiras em florestas pluviais tropicais. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 651–670, 2005.

MATTOS, I.F.A.; ROSSI, M.; SILVA, D.A.; PFEIFER, R.M. 1996. Levantamento do meio biofísico e avaliação da fragilidade do ecossistema na Estação Ecológica dos Caetetus, SP. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 15, p. 388-393, 1996.

NASCIMENTO, H. E.; VIANA, V. M. Estrutura e dinâmica de eco-unidades em um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 29-47, jun. 1999

OLDEMAN, R. **Forests: elements of silvology**. Springer Berlin Heidelberg, 1990. 624p.

RUNKLE, J. Comparison of methods for determining fraction of land area in treefall gaps. **Journal of Forestry**, Washington, v. 31, n. 1, p. 15–19, 1985.

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 179–187, 2008.

SENTELHAS, P. **Tipo de clima em piracicaba**. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas - LCE - ESALQ - USP , 2001.

TABANEZ, M.F., DURIGAN, G., KEUROGHLIAN, A., BARBOSA, A.F., FREITAS, C.A., SILVA, C.E.F., SILVA, D.A., EATON, D.P., BRISOLLA, G. FÁRIA, H. H., MATTOS, I.F.A., LOBO, M.T., BARBOSA, M.R., ROSSI, M., SOUZA, M.G., MACHADO, R.B., PFEIFER, R.M., RAMOS, V.S., ANDRADE, W.J. & CONTIERI, W.A. 2005. **Plano de manejo da estação ecológica dos caetetus**. Revista do Instituto Florestal. Série – Registros. 29 : 1- 104.

TORQUEBIAU, E. F. Mosaic patterns in dipterocarp rain forest in indonesia, and their implications for practical forestry. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 2, n. 4, p. 301–325, 1986.

WATT, A. S. Pattern and process in the plant community. **Journal of ecology**, Oxford, v. 35,

n. 1/2, p. 1–22, 1947.

3 QUANTIFICAÇÃO DOS ATRIBUTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL PELO MÉTODO DE LEVANTAMENTO POR INTERCEPTAÇÃO DE ARVOREDOS POR LINHAS

Resumo

Os levantamentos florestais tem como objetivo quantificar atributos da floresta de interesse para servir como base para planejamento e tomadas de decisões. No Brasil, os levantamentos de florestas naturais usam como base a fitossociologia para realização de caracterização, o qual apresenta diversas limitações intrínsecas a este tipo de dado. Além disso, no delineamento amostral não é considerado o mosaico florestal, a qual é descrito como a união de pequenas porções de área com estágios sucessionais diferentes e, portanto, estruturas diferentes. Diante da complexidade, deseja-se unir o conceito de mosaico florestal ao inventário tradicional para que as estimativas da floresta sejam mais precisas. Para isto foram usadas as próprias manchas como parcelas naturais, ou arvoredos, identificados em 4 grupos de acordo com o estágio sucessional que se encontrava. O método proposto foi a Amostragem por Interceptação por Linha (ou Line Interception Sampling - L.I.S.), o qual foi usado para estimar o número de indivíduos, DAP, área basal e volume de cada tipo de arvoredo e para a floresta, nos dois locais estudados, na E. E. Caetetus e em um fragmento florestal no município de Mombuca. O estimador usado foi o diâmetro médio do arvoredo, do qual foram medidos 3 diâmetros, moldando um hexágono. Os resultados das estimativas tiveram valores próximos ao de um estudo em floresta similar, e os os valores da E. E. Caetetus foram próximos ao valor do censo de 10,24ha de parcelas permanentes realizados no mesmo local. Por conta da baixa amostragem realizada, as estimativas apresentaram altos valores de erro padrão. Este método se mostrou eficiente e promissor, por conta da eficiência de coleta de dados e pelos resultados preliminares apresentados. O DAP médio foi uma variável em que foi possível comparar arvoredos de mesmo local. A análise de distribuição diamétrica é uma boa ferramenta para analisar a estrutura da floresta. É recomendado nos próximos estudos que seja feita uma amostragem maior.

Palavras-chave: Ecounidades; Arvoredo natural; Mosaico florestal; Estimativa; Interceptação por linha; Floresta estacional semidecidual; DAP médio; Densidade; Área basal; Volume; Distribuição diamétrica; Estrutura florestal.

Abstract

Forest survey aims to quantify forest attributes of interest to serve as a basis for planning and decision making. In Brazil natural forest surveys use based on the phytosociology to do its characterization, which has several inherent limitations to this type of data. In addition, the sample design does not consider forest mosaic, which is described as the union of small area portions with different successional stages and thus different structures. Given the complexity it is desired to join the concept of forest mosaic to traditional inventory in order to the forest estimates be more accurate. For this purpose it was used the very patches as natural plots, or tree clueter, identified in 4 groups according to the successional stage that they were. The proposed method was Line Interception Sampling - L.I.S., which was used to estimate the number of individuals, DAP, basal area and volume of each type of tree cluster and forest on both sites studied, in E. E. Caetetus and in a forest fragment in the city of Mombuca. The estimator used was the average diameter of the tree cluster, of which were measured 3 diameters, molding an hexagon. The results of the estimates have values close to a similar study in the same type of forest and the values of E. E. Caetetus were close to the value of 10,24ha census of permanent

plots carried out in the same place. Because of the low sampling made, the estimates presented high standard error values. This method proved to be efficient and promising, due to the data collection efficiency and the preliminary results presented. The average DAP was a variable in which it was possible to compare tree clusters of the same place. The diametric distribution analysis is a good tool to analyze the forest structure. It is recommended in future studies a larger sample.

Keywords: Ecounits; Tree cluster; Forest mosaic; Estimate; Line interception; Semideciduous forest; Average DBH; Tree density; Basal area; Volume; Diametric distribution; forest structure.

3.1 Introdução

A quantificação de informações florestais é de grande importância para que sejam feitas tomadas de decisões sem que a fonte de recursos seja comprometida. Em geral, o inventário florestal consiste em reunir estas informações através de valores estimados com uma porcentagem de erro aceitável. Para que isto seja possível é feita a amostragem de partes da floresta, comumente chamados de parcelas. Existem diversas maneiras de determinar o tamanho, delineamento e quantidade de parcelas que variam de acordo com o objetivo do levantamento, da dimensão da floresta, sua variabilidade, suas características e da disponibilidade de recursos. Em geral, as parcelas possuem formato retangular, de tamanho variável, entre 500m² até 2.500m² de área, estas parcelas são alocadas em diferentes delineamentos, de acordo com a necessidade (SCOLFARO; MELLO, 1998; BATISTA; COUTO; da SILVA FILHO, 2014).

Estimar valores com alto grau de precisão em florestas naturais é um desafio por conta da sua biodiversidade e dinâmica. Considerando que a floresta está em constante dinâmica por conta dos distúrbios, é difícil distinguir uma floresta clímax de uma floresta em regeneração por conta dos processos pontuais de sucessão secundária que sofre no tempo e no espaço (WHITTAKER, 1997). Neste contexto, o estudo sobre dinâmica de clareiras é um importante pilar para entender a composição e estrutura da floresta (LIMA, 2005). Portanto, pode-se considerar que o conjunto de clareiras em diferentes estágios da sucessão compõem um "mosaico de retalhos", formando assim a floresta (WATT, 1947).

Os trabalhos mais frequentes no Brasil, em florestas naturais, são os de fitossociologia, os quais descrevem a vegetação de diferentes locais, formando assim um banco de dados não padronizado e produzindo somente conhecimento empírico. Diversas vezes o delineamento empregado não se mostra apropriado para testar hipóteses inicialmente formuladas, porém, raramente o problema foi corrigido ou a amostragem reiniciada. Normalmente a principal conclusão em que estes trabalhos chegam é que mais estudos precisam ser realizados, mas não indicam claramente como devem ser delineados e conduzidos. Além da falta de segurança sobre os dados coletados, ainda há casos em que há o mau uso de ferramentas estatísticas que confirmam suas hipóteses, fazendo com que os trabalhos percam substancialmente a capacidade de responderem perguntas de caráter teórico. Como a base dos estudos fitossociológicos é a identificação de espécies, existem alguns limites causados por esta abordagem, como a falta

de conhecimento fisiológico das espécies, que é fundamental para sua classificação sucessional. Os dados edafo-climáticos usados são abrangentes e não são relacionados diretamente com os indivíduos do local estudado, cujas propriedades de solo e fertilidade são únicas. A identificação das espécies é feita com base em material vegetativo de herbários locais, os quais não são identificados apropriadamente. E os dados coletados são desperdiçados quando resumidos em tabelas, onde são enfatizadas somente as 10 espécies com maior Valor de Importância. Além disso, as correlações feitas com base nos dados coletados são bastante variados entre os trabalhos, onde os pesquisadores tentam encontrar padrões utilizando técnicas estatísticas multivariadas, que são em geral mal empregadas (GIEHL; BUDKE, 2011). Portanto, o principal método para descrever a floresta natural no Brasil tem diversas limitações e muitas lacunas a serem preenchidas.

Diante desta complexidade, a alocação de parcelas pode levar à estimativas e suposições de dados muito diferentes do real. Assumindo que dentro de cada mancha do mosaico florestal as características sejam mais homogêneas, é natural entender que estas parcelas foram formadas pela dinâmica, e quando estas parcelas naturais possuem tamanho e idade semelhantes, deverão apresentar características parecidas (CHAZDON, 2003). Batista, Couto e da Silva Filho (2014) refere ao grupo de árvores dentro da parcela natural como avoredo natural, o qual possui estrutura definida e descritível.

Neste trabalho, o objetivo foi caracterizar a floresta através de estimativas de dados obtidos usando o método de interceptação de arvoredos por linhas, visando reunir dados quantitativos intrínsecos à estrutura da floresta.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local

Estação Ecológica de Caetetus

Parte do estudo foi realizado na Estação Ecológica de Caetetus, com área de 2.176,10 ha localizada nos municípios de Gália e Alvinlândia, entre as coordenadas geográficas 22°20' e 22°30' S e 49°40' e 49°45' O (figura 2.1).

A Estação Ecológica de Caetetus, que constitui uma das maiores áreas florestadas contínuas do estado de São Paulo é constituída por um dos principais remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. É cercada por café. O solo pode ser caracterizado como Latossolo Álico de textura média nas regiões mais altas, e Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa/média nas áreas mais baixas da Estação (Mattos et al., 1996). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cwa, mesotérmico com invernos secos. A temperatura chega a ser inferior a 18°C no inverno e superior a 22°C no verão. A precipitação total nos meses de seca é no máximo 30 mm, atingindo a precipitação anual de 1.100 a 1.700 mm. A temperatura média anual é de 20,7°C. A altitude varia entre 520 e 680m (Tabanez et al.2005).

Tabanez (2005), em seu estudo descreveu a unidade de conservação como remanescente florestal floresta estacional semidecidual do Planalto Ocidental do estado de São Paulo, cujo núcleo não sofreu exploração antrópica devido ao difícil acesso causada topografia acidentada.

Fragmento Florestal no Município de Mombuca

O outro local de estudo foi um fragmento florestal, no Município de Mombuca, com área de aproximadamente 34 ha, localizado próximo à divisa de Rio das Pedras, entre as coordenadas geográficas 22°55' e 22°56' S e 47°38' e 47°39' O (Figura 2.1).

O fragmento florestal é um dos maiores em extensão na região de Piracicaba, sendo rodeado por monocultura de cana-de-açúcar. Aparentemente é um remanescente florestal que sofreu exploração antrópica e ainda recebe visitação da população no entorno, que pode ser percebido pela presença de lixo e trilhas pela mata. A altitude é, em média, de 570 m e o clima, segundo classificação de Köppen, é Cwa, mesotérmico com invernos secos, com temperatura média de 20.5 °C e pluviosidade média anual de 1194 mm.

Figura 3.13: Localização das áreas de estudo. O ponto quadrado é o fragmento florestal localizado no Município de Mombuca e o círculo é a Estação Ecológica de Caetetus.

Floresta Estacional Semidecidual

Ambas as áreas estão situadas em Floresta Estacional Semidecidual, a qual tem acentuada seca no inverno e intensas chuvas no verão, característica desta região. Estas características determinam a queda parcial das folhas das árvores, fenômeno típico das florestas estacionais semidecíduais. Também pode ser chamada de Floresta Tropical Subcaducifólia, constituída por fanerófitos cujas gemas foliares são protegidas da seca por escamas e possuem folhas adaptadas, membranáceas decíduais, e 20% a 50% das folhas são derrubadas em épocas de seca (IBGE, 2012).

3.2.2 Método

Identificação dos Arvoredos Naturais (AN)

A classificação dos arvoredos naturais se deu a partir de critérios ecológicos e sem parâmetros fixos. Os tipos de AN eram encaixados de acordo com o máximo, mínimo, presença e ausência dos atributos, listados a seguir na tabela 3.3, que toda a floresta apresentava visualmente. Portanto, em ambas as áreas, haviam todos os tipos de AN, cada um com suas características estruturais únicas.

Tabela 3.3: Classificação dos Arvoredos Naturais. Atributos e critérios gerais utilizados.

Tipos de Arvoredo Natural	Atributos			
	Distúrbio	Sub-bosque	Cipós	Nº de indivíduo
Degradação	Presente	Ausente	Presente, moderado	Poucos
Regeneração Inicial	Presente	Ausente	Presente, intenso	Poucos
Regeneração Tardia	Ausente, vestigial	Presente, intenso	Presente, intenso	Muitos
Madura	Ausente, vestigial	Presente, moderado	Presente, moderado	Médio

Além desta tabela, foram observadas e consideradas outras características que foram mais evidentes em uma área do que em outra, em detrimento do histórico das áreas e das condições em que se encontram (fragmentação, antropização, efeito de borda, entre outros).

Variáveis espaciais do arvoredado

As variáveis espaciais analisadas foram:

- Comprimento de corda, valor referente ao perímetro do hexágono do arvoredado, ou seja, a soma dos lados opostos ao ângulo de 60° pré-estabelecido. Para encontrar o valor do lado não medido do triângulo formado por dois raios, usou-se a equação 3, conhecida como lei dos cossenos.

$$l_{12} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2 r_1 r_2 \cos(60^\circ)}. \quad (3)$$

- Comprimento da Agulha, a qual é o maior diâmetro de cada arvoredado, sendo que cada arvoredado possui três diâmetros, que é a soma dos dois raios opostos do hexágono. Na Figura 3.14 ela é representada pela soma dos raios 1 e 4, 2 e 5, e 3 e 6.
- Diâmetro médio, o qual é a média aritmética dos três diâmetros do hexágono.

Método de Amostragem: Intercepção de linhas

O Método de Amostragem por Intercepção de Linhas, ou L.I.S. consiste em lançar linhas, ou transectos na área de estudo, e toda unidade amostral interceptada é incluída na amostragem (de VRIES, 1979). A unidade amostral em questão são os arvoredos naturais.

Ao interceptar um arvoredado são coletados seis raios a partir do meio da semi-linha delimitada pela borda do arvoredado. Os raios são medidos até o final do arvoredado, formando um hexágono que molda o arvoredado (fig. 3.14).

Figura 3.14: Representação da amostragem por intercepção de linhas. A linha externa cinza esquematiza o limite real do arvoredado, as linhas pretas grossas representam o hexágono formado pela junção das extremidades de cada raio (r), ilustrado com as linhas pretas finas.

Todas as árvores contidas no hexágono tiveram sua circunferência a altura do peito (CAP) medidas. Foram lançados 2 transectos na E. E. Caetetus, de aproximadamente 300m e 3 transectos no fragmento de Mombuca de no máximo 200m. O comprimento dos transectos variou conforme a disponibilidade e continuidade de área. Todos os transectos tiveram seu início aleatorizados dentro de uma linha contendo pontos distantes 20m entre si.

O princípio do método é que um objeto i terá probabilidade p_i de ser interceptado pelo transecto, sendo que essa probabilidade depende das propriedades espaciais do objeto, como área e forma. Sendo conhecida essa probabilidade, o estimador não-enviesado do *total*

do atributo y (τ_y) na floresta em estudo, com área total, A é:

$$\hat{\tau}_y = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{p_i} \quad (4)$$

No caso do estimador da média do atributo y *por unidade de área* (μ_y), o estimador se torna:

$$\hat{\mu}_y = \frac{\hat{\tau}_y}{A} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{p_i} \quad (5)$$

Assim, a questão central do método L.I.S. é a definição da probabilidade p_i de interceptação dos objetos na floresta em estudo que dependem da escolha da variável espacial do arvoredo.

Sendo o formato dos arvoredos arredondados, a probabilidade de interceptação será proporcional ao seu diâmetro d_i de VRIES (1979).

$$E\{p_i\} = \frac{d_i L}{A} \quad (6)$$

Nessas condições, o estimador não-enviesado para atributos médios apropriado é:

$$\hat{\tau}_y = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{(c_i L)/(A \pi)} = \frac{A \pi}{L} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{c_i} \quad (7)$$

$$\hat{\mu}_y = \frac{\pi}{L} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{c_i} \quad (8)$$

Uma situação distinta se estabelece quando o atributo de interesse é, em si, uma média de várias observações. Por exemplo, ao se estudar os arvoredos, um atributo de interesse será o DAP médio das árvores dentro dos arvoredos. Nesse caso, o estimador não-enviesado da média será uma média ponderada, onde o peso é dado pela probabilidade de interceptação de cada arvoredo:

$$\hat{\mu}_y = \left[\sum_{i=1}^n y_i / p_i \right] / \left[\sum_{i=1}^n 1 / p_i \right] \quad (9)$$

Nesse caso, a variável de interesse y_i é o DAP médio no arvoredo i .

No caso de se utilizar m transectos lineares com comprimento variável, o estimador não-enviesado baseado nos transectos é obtido pela média ponderada pelo comprimento de cada transecto L_j :

$$\hat{\mu}_y = \frac{\sum_{j=1}^m L_j \hat{\mu}_{yj}}{\sum_{j=1}^m L_j} \quad (10)$$

onde $\hat{\mu}_{yj}$ é a estimativa da média do atributo y para o transecto j , obtida segundo a expressão:

$$\hat{\mu}_y = \frac{\pi}{L} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{l_i} \quad (11)$$

A estimativa do erro padrão desse estimador é obtida por

$$\widehat{\text{EP}}[\hat{\mu}_y] = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m L_j (\hat{\mu}_{yj} - \hat{\mu}_y)^2}{(m-1) \sum_{j=1}^m L_j}} \quad (12)$$

De acordo com Gregoire e Valentine (2008), a fim de estimar a área (y_i) de ocupação de cada tipo de arvoredo, a variável auxiliar mais indicada é o comprimento da linha de interceptação dentro de cada objeto interceptado e o valor esperado da probabilidade de interceptação do objeto será igual a razão dessa área pela área total da floresta (A) multiplicado pelo comprimento da linha de interceptação (L):

$$E\{p_i\} = \frac{y_i}{A} L \quad (13)$$

Tomando-se o comprimento da linha de interceptação dentro de cada arvoredo i como sendo q_i , essa variável auxiliar deve multiplicar a variável de interesse (y_i – área), sendo dividido pela probabilidade de interceptação. Assim, os estimadores não-enviesados se tornam:

$$\hat{\tau}_y = \sum_{i=1}^n \frac{q_i y_i}{L y_i / A} = \frac{A}{L} \sum_{i=1}^n q_i \quad (14)$$

$$\hat{\mu}_y = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n q_i \cdot \quad (15)$$

Nota-se que a efetiva medição da área de cada arvoredo se torna desnecessária para estimação das áreas dos diferentes tipos de arvoredo no L.I.S., sendo necessário registrar apenas o comprimento da linha de interceptação dentro de cada arvoredo (q_i).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Forma dos Arvoredos

Ao se tomar as medidas dos seis raios do arvoredo notou-se que a forma é arredondada, podendo ser observado na figura 3.15. As medidas nem sempre puderam ser tomadas do centro do arvoredo por uma questão de acessibilidade, mas pelo fato de terem sido coletados seis raios, foi possível moldar satisfatoriamente a forma dos arvoredos.

Figura 3.15: Linhas dos transectos feitos em Caetetus (1 e 2) e Mombuca (3, 4 e 5).

Apesar do número de repetições ser baixo, foram analisados alguns valores referentes às árvores contidas nos arvoredos. Foram calculados o DAP médio, DAP médio quadrático e DAP máximo (tabela 3.4), e o que se pode notar ao observar os dados de DAP médio e o DAP quadrático é que os valores de Mombuca são superiores a da E. E. Caetetus. As maiores árvores estão na E. E. Caetetus, com exceção do arvoredado do tipo Regeneração Inicial.

Para analisar melhor estas informações foram plotados os valores de DAP em classes de 5cm, objetivando constatar as informações da tabela 3.4. De fato, comparando os arvoredos do tipo madura e regeneração tardia, as maiores árvores estão na E. E. Caetetus, por conta da amplitude dos limites do eixo x das figuras 4, 5 e 6 ser maior, o que pode significar que em floresta mais preservada os indivíduos tem mais condições de alcançarem DAPs maiores devido à baixa exploração ou à conjuntura ambiental. O fato do arvoredado do tipo regeneração inicial em Mombuca possuir valor maior do que na E. E. Caetetus pode significar que o distúrbio foi de menor impacto, fazendo com que árvores grossas não fossem afetadas, considerando que o tamanho dos arvoredos dos dois locais são semelhantes. Isto pode ser evidenciado também pelo fato de que em Mombuca os valores de DAP passam de 70cm em arvoredos de regeneração inicial, enquanto que em regeneração tardia os DAPs não passam de 50cm, ou seja, locais com sinais de distúrbios ou degradação apresentavam árvores maiores do que em locais visivelmente mais conservados.

Tabela 3.4: Média dos diâmetros dos diferentes tipos de arvoredos, separados por local: E. E. Caetetus e Mombuca.

Local	Tipo	médio	médio quadrático	máximo
Caetetus	Degradação	11,66	12,87	27,14
Caetetus	Madura	14,42	19,53	79,64
Caetetus	Regeneração Inicial	10,31	12,17	31,58
Caetetus	Regeneração Tardia	12,90	16,55	55,73
Mombuca	Degradação	13,60	15,42	23,41
Mombuca	Madura	17,17	21,09	52,53
Mombuca	Regeneração Inicial	13,54	15,88	38,31
Mombuca	Regeneração Tardia	18,29	21,03	39,56

Figura 3.16: Distribuição de DAP dos indivíduos do arvoredado natural do tipo Regeneração Inicial, onde a linha de pontos e traços é a frequência absoluta dos valores de DAP, a linha vertical contínua é o valor de DAP médio e a linha vertical tracejada é o valor do DAP quadrático.

Figura 3.17: Distribuição de DAP dos indivíduos do arvoredo natural do tipo Regeneração Tardia, onde a linha de pontos e traços é a frequência absoluta dos valores de DAP, a linha vertical contínua é o valor de DAP médio e a linha vertical tracejada é o valor do DAP quadrático.

Figura 3.18: Distribuição de DAP dos indivíduos do arvoredo natural do tipo Madura, onde a linha de pontos e traços é a frequência absoluta dos valores de DAP, a linha vertical contínua é o valor de DAP médio e a linha vertical tracejada é o valor do DAP médio quadrático.

Os DAPs médios dos arvoredos na E. E. Caetetus tiveram valores esperados, o qual foi maior no de tipo madura, com 14,42cm, regeneração tardia, 12,90cm e o menor valor foi da regeneração inicial com 10,31cm. Porém esta ordem não acontece no fragmento de Mombuca, onde o tipo de arvoredo que possui maior DAP médio é o de regeneração tardia, com 18,29, depois a madura, 17,17, e então a regeneração inicial com 13,54. Esta desordem pode ser um indicativo de degradação ou baixa conservação da floresta estudada.

Um fator que pode ter feito com que os valores de DAP médio e quadrático dos arvoredos de Mombuca fossem maiores do que da E. E. Caetetus é o número de indivíduos usados para realizar os cálculos, onde em Caetetus o número de indivíduos foi superior ao de Mom-

buca, evidenciado pelo início da linha da distribuição do DAP, que começa com frequência bem mais baixa que da E. E. Caetetus. Ao possuir mais indivíduos, a soma dos DAPs é diminuída consideravelmente, distorcendo um conhecimento empírico de que em floresta mais preservada os indivíduos presentes são maiores. Desta forma, a comparação entre locais não deve ser feita baseada somente pelo DAP médio, perante ao gráfico de distribuição diamétrica que fornece informações mais ricas e representativas.

As fases da sucessão secundária citadas na revisão de Chazdon (2008) foram usadas para descrever a dinâmica dos arvoredos, onde na fase inicial a clareira é dominada por espécies herbáceas, cipós e lianas e há a recolonização por espécies pioneiras originadas do banco e chuva de sementes. Na segunda fase, chamada de fase de exclusão de fustes ("stem exclusion phase"), há a diminuição de plântulas lenhosas e a morte de espécies intolerantes à sombra. A última fase é a reiniciação do sub-bosque ("understory initiation phase") onde as espécies de clareira são lentamente substituídas por espécies características de florestas antigas ("old-growth forests"). Portanto, na fase inicial é esperado que haja maior quantidade de indivíduos jovens nos arvoredos de regeneração inicial e tardia, enquanto que na segunda e terceira fase o número de indivíduos jovens diminui, e os indivíduos adultos crescem em espessura nos arvoredos de tipo maduro.

Em relação à distribuição diamétrica na E. E. Caetetus, nos gráficos à esquerda das Figuras 3.16, 3.17 e 3.18, todos os arvoredos possuem a curva de distribuição diamétrica no formato de "J reverso", o que é esperado de uma floresta conservada, onde o número de árvores diminui de acordo com o aumento da classe diamétrica, indicando que a floresta se auto-regenere e que há um equilíbrio entre recrutamento e mortalidade (MEYER et al., 1961). Ao analisar a distribuição de DAPs ficou evidenciada a recolonização da clareira por recrutas, que foram indicadas pela maior frequência de árvores de DAP com valores baixos nos arvoredos de tipo regeneração inicial e regeneração tardia. No arvoredo do tipo maduro é possível notar que ainda há alta frequência de indivíduos nas primeiras classes diamétricas que é caracterizado pela formação do sub-bosque, e presença de árvores bastante espessas, acima de 100cm de DAP.

Estes fenômenos não estão claramente evidenciados no fragmento de Mombuca. Ao observar os gráficos à direita das Figuras 3.16, 3.17 e 3.18, comparando a frequência de árvores nas classes dos arvoredos de regeneração inicial e regeneração tardia com a madura, é possível notar que o número de árvores é consideravelmente menor nos dois primeiros arvoredos, que se deu pela menor amostra destes dois tipos de arvoredos. O arvoredo de regeneração inicial apresenta distribuição diamétrica com formato de J-reverso, indicando recrutamento, porém apresentou duas árvores com DAP relativamente alto, indicando novamente que podem ser árvores remanescentes de distúrbio. No arvoredo regeneração tardia o formato de J-invertido é claramente distorcido, que pode ser tanto por conta da baixa amostragem, como também pela ausência de árvores com DAP que dessem continuidade à curva. No arvoredo de tipo madura a curva já apresenta o formato mais definido em J-reverso, indicando auto-regeneração e equilíbrio.

Outra análise foi feita a fim de comparar as duas distribuições diamétricas através do gráfico quantil-quantil, verificando se há similaridade na distribuição dos dois locais (figura 3.19). Observando o gráfico é possível verificar que os dois locais não possuem a mesma distribuição e os valores de DAP de Mombuca são maiores e mais agregados do que os da E. E. de Caetetus. Ao final dos pontos nos arvoredos de regeneração tardia e madura, a curvatura para o lado direito, cruzando a linha contínua indica que a há árvores mais grossas na E. E. Caetetus, como constatado anteriormente.

Figura 3.19: Comparação entre as distribuições diamétricas das árvores de cada local, separado por arvoredos, onde a linha contínua é reta que passa pela origem, com inclinação 1.

3.3.2 Escolha da variável espacial do arvoredos natural

Foram analisadas as diferentes medidas do arvoredos, sendo que o objetivo é usar uma medida que represente seu tamanho. Gregoire e Valentine (2008) argumentam que numa abordagem mais geral, aproximada para objetos de diferentes formas, o valor esperado da probabilidade de interceptação é proporcional ao comprimento da corda que envolve o objeto (c_i) dividido pela constante π . Porém, visando encontrar uma forma de não depender de medidas que custem tempo e equipamentos custosos, comparou-se esta medida às medidas de maior diâmetro do arvoredos, chamado de agulha, e diâmetro médio. As comparações foram feitas por gráficos, como se pode observar na Figura 3.20.

Figura 3.20: Comparação entre as diferentes medidas de dimensão do arvoredo. A linha contínua indica a tendência da relação entre as duas medidas, enquanto que a linha pontilhada indica a reta que passa pela origem, com inclinação de valor 1.

As medidas de comprimento de corda, fig. 3.20(a) e diâmetro médio, fig. 3.20(b) foram comparadas com o comprimento da agulha, apresentando relação diretamente proporcional, porém não paralela à reta de inclinação 1. Esta comparação foi feita pois a medida do comprimento da agulha foi utilizada para quantificar resíduos florestais por de VRIES (1979). A diferença do trabalho do autor com relação a este trabalho é que as dimensões de área do arvoredo não podem ser resumidas à medida de maior diâmetro, como galhos e toras. Ao comparar o diâmetro médio com o comprimento de corda, a relação foi muito melhor às duas anteriores,

podendo assim utilizar o diâmetro médio como estimador, Figura 3.20(c).

3.3.3 Estimação dos Atributos por Tipo de Arvoredo

Os atributos foram primeiramente estimados por tipo de arvoredo, a fim de detectar diferenças entre eles. Foram comparados, em primeira instância, o número médio de árvores, a área basal e o volume médio (tab. 3.6).

A equação de volume usada para estimar o volume de madeira usada, $\ln(v_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i) + \varepsilon_i$, foi obtida através do ajuste de árvores oriundas de floresta estacional semi-decidual.

	Estimativas	Erro Padrão	Valor de t	Pr(> t)
β_0	-8,9245	0,1290	-69,18	0,0000
β_1	2,3386	0,0420	55,72	0,0000
$n = 181$	$R^2 = 0,9455$		$\sigma = 0,3138$	

Tabela 3.5: Valores dos β s do ajuste da equação de volume para Floresta Estacional Semidecidual.

Os valores estimados na tabela 3.6 apresentam erro padrão altos, em detrimento da baixa amostragem realizada e também da própria variância do atributo estudado. Porém através destes valores já foi possível discutir superficialmente se o método apresenta valores condizentes com a realidade.

Tabela 3.6: Valores estimados por hectare, por tipo de arvoredo, onde D:Degradação, M:Madura, RI:Regeneração Inicial, RT:Regeneração Tardia, n° Trans: Número de transectos lançados em cada área, ST: Soma do comprimento dos transectos por local e tipo, G: Área Basal, Vol: Volume.

Local	Tipo	Qtde	n° Trans	S.T.	n° Médio de Árv. ha^{-1}	G Médio m^2/ha	Vol Médio m^3/ha	Erro Padrão		
								n° ha^{-1}	G m^2/ha	Vol m^3/ha
Caetetus	D	3	2	46,32	583,15	7,64	34,95	375,77	4,92	22,52
	M	8	2	208,29	1064,20	36,16	250,00	288,20	15,50	126,69
	RI	12	2	166,32	1476,08	18,85	92,28	456,17	9,43	48,69
	RT	7	2	147,15	1102,96	23,51	134,85	408,69	2,86	9,46
Mombuca	D	5	3	61,06	196,05	4,68	25,21	196,55	6,97	40,15
	M	12	3	262,61	903,80	32,05	188,55	73,78	6,73	46,97
	RI	4	3	55,02	1445,80	44,78	268,66	448,48	21,66	145,53
	RT	6	3	78,97	789,03	25,49	142,32	277,93	5,57	32,91

O tamanho dos arvoredos em diferentes locais foram comparados em boxplot, podendo observar como o tamanho dos arvoredos é distribuída nos dois locais.

Figura 3.21: Comparação entre os locais, E. E. Caetetus e Mombuca, em termos de tamanho do arvoredo, usando as medidas de perímetro.

A quantidade de árvores no arvoredo do tipo Degradação apresenta poucos indivíduos em ambos os locais, e consequentemente menores valores de área basal e volume. Este valor já era esperado pois, ao observar em campo, a quantidade de árvores remanescentes de distúrbios é geralmente baixa (Tabela 3.6). O valor de Mombuca foi mais baixo em número de árvores, área basal e volume, o que indica que nesta área o distúrbio impactou mais pontualmente no local. Comparando-se o tamanho dos perímetros dos arvoredos, observando a figura 3.21, no boxplot referente ao arvoredo do tipo degradação, os arvoredos possuem tamanhos bastante distintos, sendo menores em Mombuca.

Em área de Regeneração Inicial, o número de indivíduos e o volume foram bastante próximos, enquanto que a área basal em Mombuca foi duas vezes maior. Em área de Regeneração tardia novamente o número de árvores na E. E. Caetetus foi maior, as a área basal e o volume foi maior em Mombuca, porém todos os valores foram próximos. Já em área Madura todos os atributos foram maiores na E. E. Caetetus.

Todas as estimativas do arvoredo degradação tiveram erros padrão altos, onde na E. E. de Caetetus o percentual para número de indivíduos, área basal e volume foram 64,31%, 64,39% e 64,45%, e em Mombuca foram 100%, 148,93% e 159,26%, respectivamente. Esses valores foram altos provavelmente pela variação que estes arvoredos foram encontrados, uma vez que o distúrbio é um evento estocástico que pode causar impactos de diferentes intensidades no local.

O restante das estimativas tiveram seus erros padrão percentuais variando de 8,16% até 54,17% do arvoredo maduro e regeneração inicial, ambos do fragmento de Mombuca. Espera-se que estas estimativas sejam mais precisas de acordo com o aumento da quantidade de arvoredos amostrados.

A densidade de árvores por hectare está próxima ao encontrado por Nascimento e Viana (1999), que utilizaram uma metodologia baseada em ecounidades (arvoredos naturais) parecida com a proposta neste trabalho, sendo que os valores encontrados variaram de 706,65 até 1228,57, em fragmentos de floresta pequenos. A densidade para o fragmento de Mombuca foi bastante próxima, 899,34 $ind.ha^{-1}$, mas na E. E. Caetetus a quantidade de indivíduos se mostrou maior, 1.183,93 $ind.ha^{-1}$, provavelmente por conta da área, que é Unidade de Conservação e é um fragmento bastante extenso e mais conservado.

A área basal encontrada neste trabalho foi 30,30 $m^2.ha^{-1}$ para Mombuca e 26,12 m^2/ha para E. E. Caetetus, valores próximos ao valor máximo do estudo de Nascimento e Viana (1999), que variou de 4,49 até 32,87 m^2/ha .

Os atributos foram estimados por hectare, na tabela 3.7, onde também é apresentado valor de amostragem contínua de 10,24 hectares. Ao comparar os valores estimados e reais da E. E. Caetetus de número de árvores, área basal e volume, é possível dizer que os valores estimados estão próximos e dentro do intervalo de confiança. Os erros percentuais variam entre 15% a 21%. Diferentemente do que ocorreu na estimativa por arvoredo, na estimativa por local os valores de Mombuca ficaram mais próximos aos da E. E. de Caetetus, variando em valores mais altos e mais baixos. Os erros padrão em porcentagem foram de 13,87% para número de árvores, 17,95% para área basal e 20,35% para volume, valores próximos aos da unidade de conservação. Apesar do erro padrão ser alto, é um bom indicativo de que o método dá condições de estimar bem os atributos da floresta. É necessário que o método seja refinado e calibrado, através da realização de uma amostragem maior, para que seja possível obter chegar em estimativas mais precisas.

Tabela 3.7: Estimativa dos atributos por hectare, onde n Arv: número de arvoredos, n Trans: número de transectos, S.T.: soma dos transectos, G: área basal e Vol: volume. A última linha é referente ao valor do inventário realizado nas parcelas permanentes em 2010, de uma área de 10,24 hectares.

Local	n Arvoredos	n Trans	S. T. (m)	Média			E.P.		
				n Arv ha ⁻¹	G m ² /ha	Vol m ³ /ha	n Arv ha ⁻¹	G m ² /ha	Vol m ³ /ha
Caetetus	30	2	554,49	1183,93	26,12	160,30	177,53	3,92	33,65
Mombuca	27	3	434,96	899,34	30,30	177,20	124,75	5,44	36,06
Caetetus				1436,52	23,93	132,41			

Por fim, foi calculada a proporção de arvoredos em cada local na tabela 3.8. Nesta estimativa o número de repetições também foi baixo, pelo número de transectos. Ambos os locais tiveram a proporção de arvoredo de degradação mais baixo. A proporção do restante dos tipos de arvoredos na E. E. de Caetetus foi bem distribuída, onde o de tipo madura foi a de maior proporção, enquanto que em Mombuca, mais da metade da área foi estimada como do tipo madura, provavelmente devido à dificuldade de identificar este tipo de arvoredo por conta dos distúrbios antrópicos, e as outras duas tiveram proporções próximas.

Tabela 3.8: Estimativa de área de cada tipo de arvoredo natural, onde n° Trans: número de transectos, e EP: Erro Padrão.

Local	Tipo	Qtde	n° Trans	Área Estimada (ha)	E.P. Área Estimada(%)
Caetetus	Degradação	3	2	0,08	0,03
	Madura	8	2	0,37	0,02
	Regeneração Inicial	12	2	0,29	0,17
	Regeneração Tardia	7	2	0,26	0,12
Mombuca	Degradação	5	3	0,13	0,05
	Madura	12	3	0,57	0,07
	Regeneração Inicial	4	3	0,12	0,04
	Regeneração Tardia	6	3	0,17	0,08

A principal limitação deste trabalho foi a baixa intensidade amostral, que contribuiu, juntamente com a própria variabilidade da floresta, para que o erro padrão fosse alto.

3.4 Conclusão

O DAP médio é um bom parâmetro para comparar tipos arvoredos de mesmo local, porém, não é confiável para se comparar florestas diferentes, assim como não é recomendado

que valores fixos sejam usados para indicar o estágio sucessional de uma área devido à sua generalização. A distribuição dos diâmetros foi uma boa ferramenta para analisar a estrutura dos arvoredos e foi possível compará-los a nível de arvoredo e ao nível de floresta, sendo possível comparar os arvoredos de locais diferentes.

A fim de possibilitar que mais análises ao nível de arvoredo sejam realizadas, é necessário que seja feita uma amostragem maior do que a realizada neste estudo, usando a mesma metodologia, a fim de conseguir refinar o método.

Foi possível identificar e classificar arvoredos de diferentes tipos, os quais mostraram valores de características distintos em situação de alta e baixa conservação. Portanto, esta metodologia é um potencial para que as características de interesse da floresta possam ser amostradas e melhor estimadas, num contexto em que fragmentos florestais existentes se encontram em diferentes níveis de conservação, e estão em constante dinâmica.

Através do Método de Intercepção de Arvoredos por Linhas é possível usar dados de medidas para estimar apropriadamente os dados quantitativos da floresta, como DAP, área basal e volume, assim como é possível caracterizar qualitativamente, através da proporção de arvoredos de diferentes tipos, isto é, pelas características ecológicas de grupos ecológicos sucessionais que foram descritas.

Neste trabalho foram lançados 2 transectos na E. E. de Caetetus, de no máximo 300 metros cada, e no fragmento de Mombuca foram lançados 3 transectos de no máximo 200 metros cada. Como cada linha foi considerada uma repetição, pode-se dizer que o número de repetições foi baixo. A questão da escolha entre realizar a amostragem com transectos mais longos e em menor quantidade ou mais curtos, porém em maior quantidade, ainda está sem sugestão de definição. Este tipo de decisão depende da área em que o fragmento está inserido, onde em áreas maiores é possível realizar transectos mais longos, e vice e versa. Esta é uma decisão a ser tomada por critérios operacionais.

Referências

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. de; da SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de Recursos Florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

BRASIL, I. B. G. E. Manual Técnico da Vegetação Brasileira (Manuais Técnicos em Geociências n 1). **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, Rio de Janeiro, Brasil, 1992.

BRASIL. Resolução CONAMA nº1, de 31 de janeiro de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa do Estado de São Paulo. **Diário Oficial da União**, nº24. Brasília, 03 de fevereiro de 1994. Seção 1, p.1684–1685.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural

disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 6, n. 1, p. 51–71, 2003.

CHAZDON, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: CARSON, W.; SCHNITZER, S. **Tropical Forest Community Ecology**. Hoboken: Blackwell Publishing Ltd, 2008. Cap 23, v. 1, p. 384-408.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil: em busca de um paradigma. In: Felfili, J.M.; Eisenlohr, P.V.; Melo, M.M.R.F. Andrade, L.A.; Meira Neto J.A.A. **Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil.**, Viçosa: Editora UFV, 2011. v. 1, cap. 1, p. 1–21.

Gregoire, T.; Valentine, H. Sampling strategies for natural resources and the Environment. Number 1 in Applied Environmental Statistics. Boca Raton: Chapman & Hall, 2008. 474p.

LIMA, R. A. F. de. Estrutura e regeneração de clareiras em florestas pluviais tropicais. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 651–670, 2005.

MATTOS, I.F.A.; ROSSI, M.; SILVA, D.A.; PFEIFER, R.M. 1996. Levantamento do meio biofísico e avaliação da fragilidade do ecossistema na Estação Ecológica dos Caetetus, SP. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 15, p. 388-393, 1996.

MEYER, H. RECKNAGEL, A. B.; STEVENSON, D. D. **Forest management**. New York: Ronald Press, 1961, 2ed, 290p.

NASCIMENTO, H. E.; VIANA, V. M. Estrutura e dinâmica de eco-unidades em um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 29-47, jun. 1999

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário Florestal**. Lavras: FAEPE, 1998, 561p.

de VRIES, P. Line transect sampling: statistica theory, applications, and suggestions for extended use in ecological inventory. In Cormack, R. M.; Patil, G. P.; Robson, D. S. **Sampling Biological Populations**. Fairland, USA: International Co-operative Publishing House, 1979. cap. 1, p.1-70.

WATT, A. S. Pattern and process in the plant community. **Journal of ecology**, Oxford, v. 35, n. 1/2, p. 1–22, 1947.

WHITTAKER, Robert H. Recent evolution of ecological concepts in relation to the eastern forests of North America. **American Journal of Botany**. St. Louis, v. 44, n. 2, p. 197-206, 1957.

4 Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo testar a metodologia em campo e abrir possibilidades de estudo para calibrar, refinar e melhorar o método. Durante a análise dos dados foi possível aplicar algumas metodologias promissoras, como análise de distribuição diamétrica e a estimação dos atributos de interesse, usando a medida do transecto interceptado pelo arvoredo. Porém, existem outras análises com outros dados, que podem contribuir com o método, como a lista de espécies do local que deve ser usadas para enriquecê-lo, mantendo os procedimentos simples e robustos para amplo uso.

Em áreas mais degradadas, a identificação dos arvoredos foi mais difícil do que em área conservada. A má identificação dos arvoredos pode influenciar nas estimativas dos atributos de interesse, acarretando em um erro padrão maior. Para áreas com alta presença de distúrbios, se deve estudar mais as características presentes para que possam servir para melhor identificação dos arvoredos. Em contrapartida, em áreas mais conservadas, as características foram suficientes para identificar os arvoredos.

Como se trata de um estudo que propôs realizar uma amostragem piloto, não foi possível amostrar um número suficiente de arvoredos de cada tipo, tornando as estimativas menos precisas. Muitos estudos ainda precisam ser feitos para que seja possível fazer uma amostragem mais precisa e simples, assim como outras variáveis poderiam ser usadas para enriquecer as informações sobre a floresta, como a própria distribuição de espécies.

A alta eficiência de coleta de dados de campo e as primeiras estimativas dos atributos levam a acreditar que este pode ser um método que seja sensível aos distúrbios presentes naturalmente nas florestas naturais e portanto seja capaz de estimar dados mais precisos do que os de métodos de amostragem atualmente utilizados, como o Método de Parcela de Área Fixa, que não é sensível a delimitação dos arvoredos naturais.

Não utilizar a identificação de espécies pode trazer algumas consequências para este tipo de metodologia, devido ao fato de que as espécies possuem características diferentes, como velocidade de crescimento, exigência ambiental para sobreviverem, tipo de dispersão de sementes, entre muitas outras características que podem ser importantes para classificar uma mancha em um tipo de arvoredo natural. Ou ainda, classificar de forma equivocada.

Algumas alternativas de estudos futuros já foram sugeridos, como o uso de sensoriamento remoto como ferramenta para a delimitação dos arvoredos, uso da identificação de espécies como indicadores do estágio sucessional do arvoredo e o uso da dendrocronologia para quantificar a idade das árvores e consequentemente dos arvoredos.