

# ASPECTOS DA SILVIGÊNESE DE UMA MATA PLUVIAL ATLÂNTICA EM LINHARES, ES

Vera Lex ENGEL<sup>1,2</sup>

Paulo Inácio de Knegt Lopez PRADO<sup>2</sup>

## RESUMO

O trabalho estudou alguns aspectos do ciclo silvigenético e arquitetura de uma floresta atlântica primária em Linhares, ES. As árvores dominantes que interceptavam linhas de inventário de uma parcela de cerca de 0,5 ha foram mapeadas e categorizadas de acordo com características arquiteturais e grau de desenvolvimento em: árvores do futuro, passado e presente. Foi possível estabelecer com base neste inventário um mosaico de ecounidades em reorganização, desenvolvimento, maturidade e em degradação. Os resultados indicam que, apesar de mostrar características de floresta madura e estável, esta área pode ter sofrido no passado explorações seletivas de madeira.

**Palavras-chave:** silvigênese, mosaico florestal, ecounidades, regeneração.

## ABSTRACT

This paper studied some aspects of sylvigenetic cycles and architecture of a primary atlantic forest at Linhares, State of Espírito Santo. The dominant trees intercepting inventory lines in a plot of 0,5 ha were mapped and categorized as: future trees, present trees and past trees. It was possible to establish a mosaic map based on this inventory, composed of reorganizing eco-units, aggrading, mature and degrading eco-units. The results indicate that, even showing characteristics of a mature and homeostatic forest, this area might have suffered selective logging in the past.

**Key words:** sylvigenesis, forest mosaic, eco-units, regeneration.

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que as florestas tropicais possuem como característica fundamental uma grande heterogeneidade ambiental no espaço e no tempo. Assemelham-se assim a um gigantesco mosaico composto por um padrão de unidades relativamente discretas, espacialmente relacionadas entre si, e cuja estrutura resulta de processos dinâmicos freqüentemente associados à ocorrência de distúrbios naturais ou antrópicos.

Nos últimos anos, estudos sobre a dinâmica florestal vêm ganhando cada vez mais interesse por parte dos pesquisadores, principalmente pela destruição crescente de florestas primárias e aumento da freqüência de comunidades sucessionais e pela necessidade urgente de informações básicas para o manejo sustentado das florestas tropicais. Entretanto, a maioria destes concentra-se em torno das aberturas naturais do dossel florestal pela queda de árvores ou parte delas e dos processos de regeneração que se sucedem, envolvendo ou não sucessão secundária (WHITMORE, 1976; DENSLOW, 1980; HARTSHORN, 1980; BROKAW, 1985; MARTINEZ-RAMOS, 1985; POMPA et alii, 1988; BRANDANT et alii, 1988; SCHUPP et alii, 1989). Esta abordagem envolve sempre estudos a longo prazo, o que dificulta sua aplicação imediata, a despeito de sua importância.

A silvigênese, ou seja, o processo pelo qual a arquitetura da floresta é "construída" (HALLÉ et alii, 1978), é uma abordagem de análise da dinâmica florestal dentro de um contexto mais amplo, que não permite apenas estudar a evolução temporal da comunidade (sucessão secundária), mas também fazer previsões acerca do potencial futuro de regeneração e auto-sustentabilidade dos ecossistemas ou "homeostase" (OLDEMAN, 1983). Permite ainda, de maneira relativamente fácil e precisa, prever as conseqüências das práticas de manejo sobre a estrutura e dinâmica da floresta e assim é uma chave importante para orientar o desenvolvimento de sistemas (TORQUEBLAU, 1986). Uma grande vantagem da abordagem silvigenética no estudo da dinâmica florestal é que esta se baseia na arquitetura arbórea e depende então muito mais do conhecimento de modelos gerais de crescimento de árvores e de sua morfologia do que do conhecimento da taxonomia e autoecologia, normalmente um fator limitante para os estudos em florestas tropicais (HALLÉ et alii, 1978; OLDEMAN, 1979; 1983; 1987). Apesar disso, os estudos envolvendo aspectos silvigenéticos de florestas tropicais ainda são escassos, a despeito de sua relevância.

No presente trabalho, procuramos estudar alguns aspectos do ciclo silvigenético de uma floresta tropical com base na arquitetura arbórea, padrão de mosaico e

(1) UNESP/FCA - Departamento de Ciências Florestais. Botucatu, SP.

(2) UNICAMP/IB - Curso de Pós-Graduação em Ecologia. Campinas, SP.

distribuição espacial e ecounidades (unidades sucessionais), a fim de:

a) caracterizar a comunidade e estabelecer parâmetros de comparação com outras florestas.

b) inferir sobre o grau de maturidade/estabilidade da comunidade e manutenção dos ciclos silvigenéticos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um trecho de Floresta Tropical Atlântica (Mata dos Tabuleiros) em Linhares, ES, na Reserva Florestal da Cia. Vale do Rio Doce S.A., situada entre 19°06' e 19°18'S e 39°45' e 40°19'W.

O relevo da região se caracteriza por uma seqüência de colinas tabulares, entre 28-65 m de altitude, entrecortadas por vales amplos e rasos; os solos são profundos (2-4 m) e pouco estratificados, arenosos no horizonte "A" e com aumento de teor de argila nos horizontes mais profundos. O clima é do tipo Aw, quente e úmido com estação seca no inverno e déficit hídrico de janeiro a setembro, com média de 1396,1 mm anuais de chuva (JESUS, 1987).

O local escolhido para a parcela situa-se a 50 m da margem esquerda da estrada Paraju, que corta a reserva no sentido leste-oeste, em uma área de mata alta com sub-bosque ralo, sendo freqüentes árvores gigantes de até 50 m.

O mapeamento das ecounidades no campo foi feito pelo método da interceptação de linhas e inventário, segundo TORQUEBAU (1986). Para isto, demarcamos 5 linhas de 100 m de comprimento, paralelas entre si

(perpendiculares à estrada) e distantes 10 m uma da outra. Todas as árvores dominantes cuja copa interceptava as linhas eram marcadas tomando-se sua altura total (Ht) altura do fuste (Hf, até o ponto da primeira bifurcação ou ramo lateral grosso), diâmetro à altura do peito (DAP), coordenadas de localização (distâncias perpendiculares até as linhas de inventário consideradas como sistema de eixos ortogonais) e projeção horizontal de copa (no mínimo 4 pontos por árvore).

Cada árvore marcada foi categorizada de acordo com características de arquitetura e tamanho (HALLÉ et alii, 1978; TORQUEBAU, 1986) como:

a) árvores do futuro: árvores potenciais que não atingiram desenvolvimento pleno, ainda em conformidade com o modelo arquitetural e pouco reiteradas.

b) árvores do presente: árvores que atingiram seu pleno desenvolvimento; apresentam forte reiteração do modelo básico e copa bem desenvolvida formada por muitos ramos grossos. Posteriormente, estas foram ainda subdivididas entre as categorias abaixo (TORQUEBAU, 1986), de acordo com sua altura e ponto de inversão morfológica,  $P I = (Hf/Ht)$ :

$$1A: Ht < \frac{1}{2} (\text{altura máxima}); Hf > \frac{Ht}{2}$$

$$1B: Ht < \frac{1}{2} (\text{altura máxima}); Hf < \frac{Ht}{2}$$

$$2A: Ht > \frac{1}{2} (\text{altura máxima}); Hf > \frac{Ht}{2}$$

$$2B: Ht > \frac{1}{2} (\text{altura máxima}); Hf < \frac{Ht}{2}$$

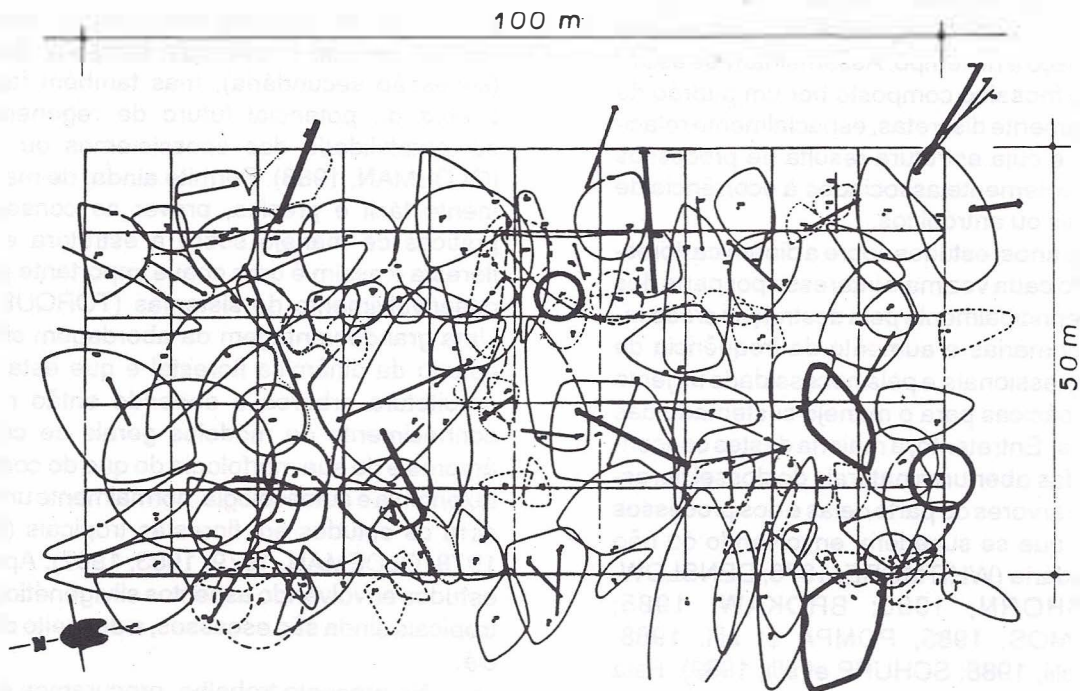


FIGURA 1 - Distribuição espacial e projeção horizontal de copas de árvores do dossel superior. As linhas pontilhadas indicam "chablis"; as linhas tracejadas, árvores do futuro; linhas inteiras, árvores do presente; e linhas inteiras duplas, árvores do passado. As setas indicam troncos caídos no chão

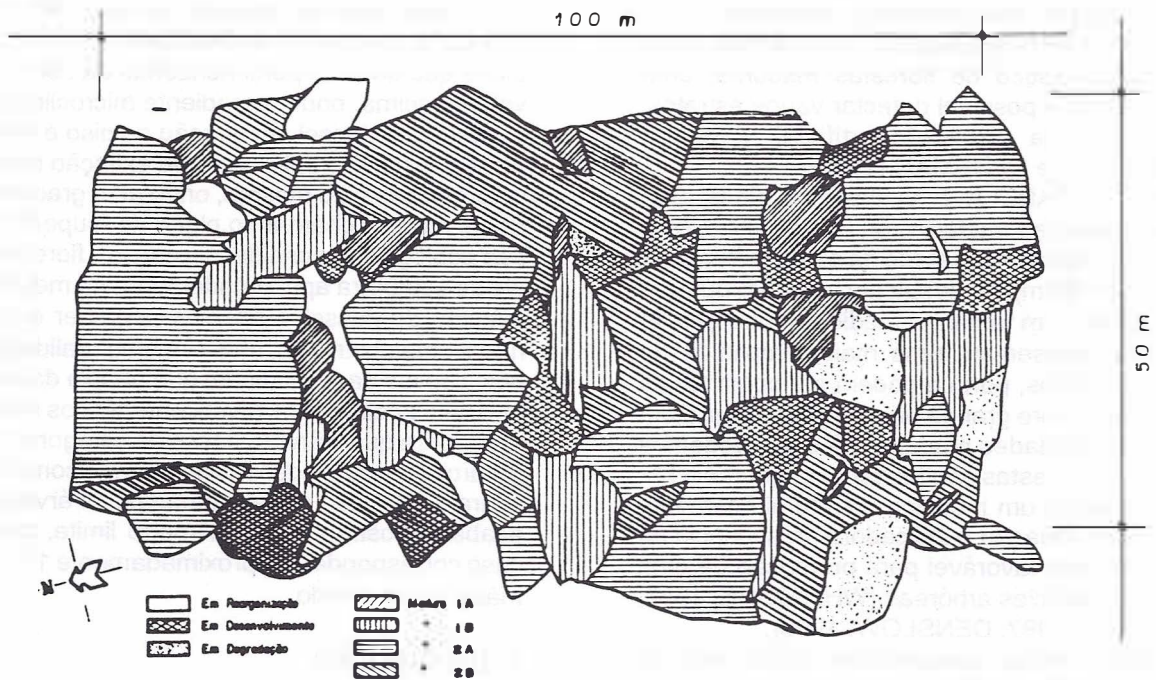


FIGURA 2 - Mosaico florestal e padrão de ecounidades da parcela estudada

c) árvores do passado: árvores senescentes, que perderam sua capacidade de reitteração e encontram-se danificadas ou mortas em pé.

As árvores caídas e as clareiras recentes (“chablis”, segundo HALLÉ et alii, 1978) foram também mapeadas. Consideramos como clareiras, aberturas verticais do dossel do piso florestal com mais de 2 m de diâmetro ou com sinais de queda de árvores (troncos no chão, galhos quebrados).

A área total amostrada foi de 5.840 m<sup>2</sup>, não correspondendo exatamente a um retângulo de 100 x 50 m por considerarmos projeção de copa de algumas árvores dominantes, cujos troncos estavam fora da parcela.

A análise do padrão de mosaico e sua composição relativa de ecounidades foi feita através de um mapa-base de projeção horizontal de copas feito em escala (FIGURA 1) a partir dos dados de campo. As copas de árvores adjacentes de mesma categoria foram unidas, constituindo uma mesma ecounidade. Espaços vazios entre copas de categorias distintas eram divididos entre as ecounidades correspondentes na proporção da diferença de altura total entre as árvores. No caso de sobreposição parcial de copas, considerava-se a área de sobreposição pertencente sempre à mais alta.

As áreas de “chablis” corresponderam a ecounidades em reorganização; o conjunto de árvores do futuro, a ecounidades em desenvolvimento; o conjunto de árvores do presente, a ecounidades maduras (subdivididas também em 1A, 1B, 2A e 2B); e árvores do passado, a ecounidades em degradação. Posteriormente, a área de cada ecounidade foi medida por planimetria.

### 3 RESULTADOS

Considerando apenas as árvores constituintes do dossel superior na área amostrada, ou seja, aquelas mais altas em cada ponto de intersecção de copas com as linhas de inventário, foram amostrados 106 indivíduos em pé, no total, sendo 31 árvores do futuro, 71 do presente e 4 do passado (FIGURA 1), além de 37 troncos caídos sobre o terreno. Apenas uma pequena parte dos troncos caídos correspondeu a “chablis” (unidades em reorganização), conforme pode-se notar comparando-se as FIGURAS 1 e 2. Neste caso, o dossel já havia se fechado (clareiras mais antigas) ou as árvores que caíram não faziam parte do dossel superior.

A FIGURA 1 mostra uma grande assimetria de copas das árvores dominantes. Apesar de inventários de projeção de copas serem razoavelmente sujeitos a erros, este aspecto reflete a estrutura de dossel de florestas densas e heterogêneas, onde cada árvore deve ser capaz de ocupar as pequenas aberturas existentes durante o processo de expansão de copa, através de sua maior ou menor habilidade reitterativa. Na FIGURA 1 notamos ainda espaços vazios sobre as linhas de inventários, decorrentes do espaçamento natural entre copas não correspondentes a clareiras. Vazios existentes entre linhas de inventário indicam que o espaçamento adotado entre linhas foi maior que o diâmetro médio das copas nestes locais e assim algumas árvores devem ter ficado de fora da amostragem. Entretanto, a adoção de espaçamento entre linhas menor que 10 m levaria, por outro lado, a uma maior sobreposição de copas e árvores sendo inventariadas mais que uma vez, o que não significaria ganhos consideráveis de precisão.

Notamos pela FIGURA 2 que a maior parte da parcela é constituída por ecounidades maduras, que formam uma matriz onde se inserem as ecounidades em reorganização, desenvolvimento e degradação. Este aspecto é característico de florestas maduras, bem estruturadas, onde é possível detectar vários estratos, embora de maneira um tanto artificial, segundo WHITMORE (1978) e OLDEMAN (1983).

Conforme a TABELA 1, verificamos ainda que, dentre as ecounidades maduras, as de categoria 2A e 2B, cuja altura é superior à metade da altura máxima da parcela (que é de 49 m), se destacam tanto em número por hectare quanto em tamanho médio e proporção de área. Também apresentam uma maior amplitude de variação de tamanhos, porque podem ser constituídas por apenas uma árvore grande ou muitas árvores. Com exceção das ecounidades maduras 2A e 2B, podemos notar que em média estas são bastante pequenas (TABELA 1), originando um mosaico estrutural finamente subdividido. Esta situação é indicadora da ausência de grandes distúrbios e favorável para promoção de uma alta riqueza de espécies arbóreas (WHITMORE, 1982; OLDEMAN, 1983, 1987; DENSLOW, 1990).

A FIGURA 2 mostra também uma diversidade de processos silvigenéticos entre as metades sul e norte da parcela. Ao sul, observamos um processo de fragmentação de ecounidades (ecounidades em degradação), ao passo que ao norte há uma maior taxa de renovação de ecounidades pela maior concentração de ecounidades em reorganização. Já as ecounidades em desenvolvimento distribuem-se de forma mais uniforme pela área da parcela, por serem constituídas de árvores do futuro anteriormente suprimidas ou serem antigas clareiras já fechadas.

Quando comparamos características arquiteturais de árvores de diferentes categorias, verificamos que árvores do presente são em média 92,8% mais altas, possuem fuste e DAP, respectivamente, 84,9% e 173,3% maiores do que árvores do futuro. Apesar das diferenças serem óbvias, os testes de comparação de médias não são válidos nestes casos porque não há homogeneidade de variâncias.

Examinando as FIGURAS 3 e 4, notamos ainda que embora existam árvores do presente que atinjam pequenos diâmetros e alturas, a maior parte dos indivíduos desta categoria concentra-se acima de 0,30 m de DAP e 25 m de altura, enquanto as árvores do futuro não ultrapassam essas classes. Existe pois uma altura crítica

que separa estas duas categorias de árvores e que corresponde aproximadamente à metade da altura máxima encontrada na parcela, ou seja, 24,5 m. Segundo HALLÉ et alii (1978) e OLDEMAN (1979), existe um plano que divide o perfil horizontal da floresta entre um volume acima, onde o gradiente microclimático vertical existente do dossel em direção ao piso é menor do que aquele esperado pela curva de extinção média, e outro volume abaixo do mesmo, onde este gradiente é maior. Estes autores chamam o plano de "superfície de inversão ecológica" e consideram que em florestas maduras ele se estabiliza aproximadamente na metade da altura máxima do dossel. Podemos perceber que esta idéia não é uma abstração, mas sim uma realidade biológica, pois nossos dados indicam que abaixo da superfície de inversão ecológica os níveis energéticos não são suficientes para que a árvore passe da categoria de potencial (futuro) para de madura (presente). E, como as variáveis altura e DAP são correlacionadas, as árvores do futuro acabam mostrando um diâmetro limite, que no nosso caso correspondeu a aproximadamente 1/3 do diâmetro máximo observado.

#### 4 DISCUSSÃO

Conforme já relatado, o mosaico florestal estudado constitui-se de muitas ecounidades pequenas, o que, segundo OLDEMAN (1983), é um sinal de "hospitalidade" do sítio e gera maior diversidade de nichos e conseqüentemente de espécies. Assemelha-se grosseiramente ao mosaico florestal de WHITMORE (1978), composto por diferentes unidades correspondentes às fases de clareira, construção e maturidade, sendo que a maior proporção de área é de floresta madura.

Entretanto, comparando nossos resultados com os de TORQUEBAU (1986), que estudou 3 florestas na Malásia, verificamos que este autor encontrou sempre mais que 57% da área total amostrada constituída por ecounidades 2A e que estas formavam praticamente um bloco único no qual se inseriam as demais. No nosso caso este tipo de ecounidade ocupa apenas 42%, encontrando-se fragmentada em diversas sub-unidades não contíguas. Estas áreas corresponderiam, segundo TORQUEBAU (1986), a unidades de floresta madura, estável e bem estratificada, característica de solos férteis e bem drenados.

TABELA 1 - Estrutura e composição de ecounidades determinadas por mapeamento no campo e planimetria

Variável	Reorg.	Desen.	1A	1B	2A	2B	Degr.
Amplitude mín. de taman(m <sup>2</sup> ) máx.	10,4	7,6	11,6	25,9	28,8	10,4	15,2
Nº/ha	8,6	17,1	15,4	17,1	17,1	17,1	6,8
Área total (%)	3,2	9,4	5,5	11,7	42,4	23,4	4,3
Tamanho médio (m <sup>2</sup> )	37,5	55,1	35,6	68,6	247,3	136,9	63,4

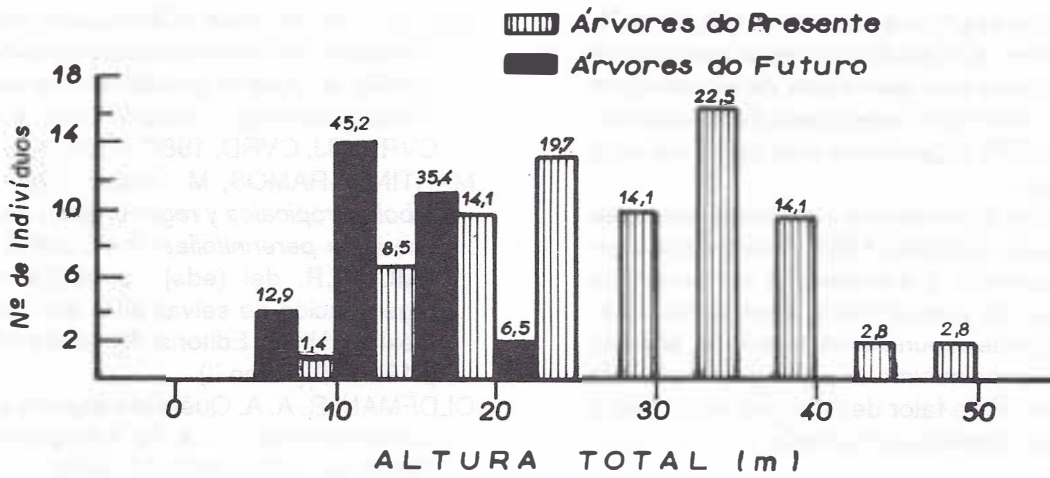


FIGURA 3 - Distribuição de alturas de árvores do futuro e presente (freqüências absolutas). As freqüências relativas são indicadas acima das colunas

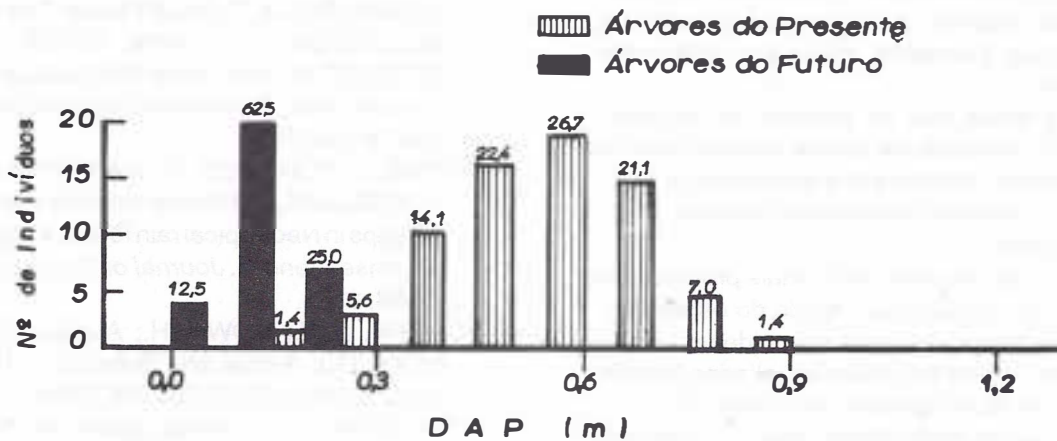


FIGURA 4 - Distribuição de diâmetros (freqüências absolutas) entre árvores do futuro e do presente. As freqüências relativas estão assinaladas sobre as respectivas colunas

O que chama atenção em nossos resultados é a alta proporção relativa de ecunidades 2B (TABELA 1), com árvores altas mas ponto de inversão baixo. Os dados de TORQUEBIAN (1986) para florestas primárias em diferentes tipos de solo contam com metade deste valor. Além disso, enquanto nossos resultados apontam uma área de 11,7% para ecunidades 1B, TORQUEBIAN (1986) encontrou para esta mesma categoria valores variando de 0,2 a 2,1% sendo este tipo o mais raro. Este padrão é indicativo de que os processos silvigenéticos atuando nessas árvores se desenvolveram em uma matriz florestal baixa ou sem um dossel de proteção. Ou seja, esta mata pode ser sido explorada seletivamente há muitos anos, e as grandes clareiras abertas originaram ecunidades com uma superfície de inversão morfológica mais baixa. Isto porque árvores que são características do dossel superior, quando desenvolvem-se em condições abertas, crescem pouco tempo em conformidade com o modelo e iniciam logo a reitteração, a despeito de serem capazes de atingir grandes alturas. No caso das ecunidades 1B, provavelmente

são formadas por árvores do estrato médio da floresta que foram expostas por distúrbios no dossel.

Quanto às unidades 1A, representam provavelmente áreas de distúrbios mais recentes no dossel, que expuseram árvores do estrato médio desenvolvidas inicialmente à sombra, ou então uma fase de transição para ecunidades 2A, conforme mostra TORQUEBIAN (1986).

As áreas de ecunidades em reorganização e em desenvolvimento correspondem aproximadamente aos resultados de TORQUEBIAN (1986), enquanto as ecunidades em degradação somam o dobro da área encontrada por ele. Sugerimos então que nossa parcela é dinâmica, uma menor proporção relativa de ecunidades 2A aliada a uma alta proporção de ecunidades em reorganização, desenvolvimento e em degradação podem indicar que as suas taxas de renovação são maiores (HARTSHORN, 1980).

A área amostrada foi suficiente para que representássemos todos os tipos de ecunidades, mas faltou por exemplo amostrar uma maior amplitude de tamanhos de "chablis" (em reorganização). Logo, embora tenhamos

compreendido a "área silvigenética mínima" (OLDEMAN, 1983), acreditamos que resultados mais conclusivos necessitariam de uma área bem maior de amostragem para contemplar uma maior heterogeneidade espacial. TORQUEBAU (1986) sugere uma área de 2,5 ha para este tipo de estudo.

Entretanto, se quiséssemos considerar uma área estrutural mínima (OLDEMAN, 1983), esta teria que ser suficiente para garantir a manutenção no tempo da proporção relativa de ecounidades, bem como evitar riscos de destruição de ecounidades mais raras, além de assegurar um tamanho mínimo viável de populações de espécies arbóreas. Este fator de correção ainda não é conhecido nem de maneira aproximada.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com nossos resultados, podemos concluir que a comunidade estudada encontra-se em uma situação de relativa estabilidade, podendo ser considerada uma floresta madura, mas que sofreu distúrbios maiores em épocas passadas, muito provavelmente exploração seletiva.

Concluimos ainda que os padrões de mosaico apresentados pela comunidade, apesar de terem sofrido alterações antrópicas, devem ser específicos do sítio, sendo úteis para a caracterização e comparação entre diversos tipos florestais.

Entretanto, uma caracterização mais profunda de padrões e processos necessitaria ainda do estabelecimento de relações temporais entre ecounidades. Análises da arquitetura interna das mesmas, aliadas a maiores conhecimentos taxonômicos e autoecológicos e a estudos do sub-bosque, sem dúvida, poderão colaborar para uma melhor compreensão dos ciclos silvigenéticos, aumentando assim o grau de previsibilidade de qualquer decisão de manejo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDANI, A.; HARTSHORN, G. S. & ORIANI, G. H. Internal heterogeneity of gaps and richness in Costa Rica tropical wet forest. *Journal of Tropical Ecology*, 4(2):99-119, 1988.
- BROKAW, N. V. Treefalls, Regrowth and Community Structure in Tropical Forest. In: PICKETT, S.T.A. & WHITE, P.S. (eds). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. New York, Academic Press, p.53-65, 1985.
- DENSLAW, J. S. Gap Partitioning among Tropical Rainforest Trees. *Biotropica*, 12(2): 47-55, 1980.
- HALLÉ, F.; OLDEMAN, R. A. A. & TOMLINSON, P. B. *Tropical Trees and Forests*. Berlin, Springer-Verlag, 1978. 441p.
- HARTSHORN, G. S. Neotropical Forest Dynamics. *Biotropica*, 12(2):23-30, 1980.
- JESUS, R. M. de. Mata Atlântica de Linhares: Aspectos Florestais. In: *Seminário sobre desenvolvimento econômico e impacto ambiental em áreas do trópico úmido brasileiro*, 1. Belém, 1986. A experiência da CVRD. RJ, CVRD, 1987. p. 35-71.
- MARTINEZ-RAMOS, M. Claros. *Ciclos vitales de los arboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias*. In: GOMEZ-POMPA, A. & AMO, S.R. del (eds). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México, México*, INIRB, Editorial Alhambra Mexicana, 1985. p.191-240 (Tomo II).
- OLDEMAN, R. A. A. Quèlques aspects quantifiables de l'arborigenése e de la sylvigenése. *Oecologia Plantarum*, 14(3):289-312, 1979.
- OLDEMAN, R. A. A. Tropical rain forest architecture, sylvigenesis and diversity. In: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C. & CHADWICK, A.C. (eds). *Tropical Rain Forest Ecology and Management*. Oxford, Blackwell Scient. Publications, 1983. p.1139-150.
- OLDEMAN, R. A. A. Tropical Forest. The ecosystem. In: BEUSEKOM, C.F. VAN; GOOR, C.P. VAN & SCHIMDT, P. (eds) *Wise Utilization of Tropical Rain Forest Lands*. Tropenbos Scientific Series, 1. 154 p. 1987 b (cap.2).
- POPMA, J.; BONGRES, F.; MARTINEZ-RAMOS, M. & VENEKLAAS, E. Pioneer species distribution in tree fall gaps in Neotropical rain forest, a gap definition and its consequences. *Journal of Tropical Ecology*, 4(1): 77-88, 1988.
- SCHUPP, E.W.; HOWE, H.; AUGSPURGER, C.K. & LEVY, D.J. Arrival and Survival in Tropical treefall gaps. *Ecology*, 70(3):562-64, 1989.
- TORQUEBAU, E.F. Mosaic patterns in dipterocarp rain forest in Indonesia and their implications for practical forestry. *Journal of Tropical Ecology*, 2(4):301-325, 1986.
- WHITMORE, T.C. Gaps in the forest canopy. In: TOMLINSON, P.B. & ZIMMERMAN, M.H. (ed), *Tropical trees as living systems*. Cambridge, Cambridge University Press, 1978. p.639-55.
- WHITMORE, T.C. On pattern and process in forests. In: NEWMAN, E.I. (ed) *The Plant Community as a Working Mechanism*. London, British Ecological Society, 1982 p.45-59.