

PADRÕES DE MORTALIDADE DE ÁRVORES EM UMA MATA PLUVIAL ATLÂNTICA EM LINHARES, ES

Paulo Inácio K. L. PRADO¹
Vera Lex ENGEL²
Flávio Gandara MENDES³

RESUMO

Neste estudo foi feita uma caracterização das árvores mortas em três parcelas de floresta de alta de terra firme, duas em áreas sem registros de alterações e a outra em local com evidências de alterações antrópicas. Os três locais diferiram quanto aos modos de morte predominantes. A queda de árvores não ocorre ao acaso, mas segue direções preferenciais, que são diferentes entre as parcelas. As árvores caídas são menores na parcela alterada, o que é atribuído a uma maior abundância de pioneiras, que são de menor porte. As diferenças nos padrões de mortalidade verificadas entre os locais são atribuídas à grande heterogeneidade estrutural das florestas tropicais.

Palavras-chave: dinâmica florestal, morte de árvores.

ABSTRACT

This study is an inventory of dead trees in a "Terra Firme" forest, in Linhares, Espírito Santo. Dead tree trunks were surveyed in two primary forest plots and one disturbed forest plot. The prevailing modes of death (snapped, uprooted, buried under another tree fall and died standing) were different among plots. The orientation of fallen trunks does not conform to an uniform distribution, and mean of fall directions differ among plots. Fallen trees are smaller in the disturbed plot, probably due to small pioneer trees, which are more abundant at this site. The divergence of tree mortality patterns found among the three sites are interpreted as an aspect of the great structural heterogeneity of tropical forests.

Key words: forest dynamics, tree death.

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são um mosaico de áreas em diferentes estágios de regeneração e a sua dinâmica de renovação depende das alterações estruturais causadas pela morte e queda de árvores (STRONG, 1977; WHITMORE, 1978, 1982; HARTSHORN, 1980; PICKETT, 1980; BROKAW, 1985 a; MARTINEZ-RAMOS, 1985).

Árvores podem morrer de várias maneiras neste bioma. Ventos fortes causam a quebra de troncos (HALLÉ et alii, 1978; PICKETT, 1983; BROKAW, 1985a), especialmente quando associados à retenção de água das chuvas pela copa (BROKAW 1985 a, b). Árvores com sustentação deficiente, devido à erosão e/ou características do solo, podem ser arrancadas mesmo por ventos de velocidade moderada (HARTSHORN, 1978; WHITMORE, 1978; BROKAW 1985 a, b). Características estruturais das árvores também influenciam o seu modo de morte. PUTZ et alii (1983) mostraram que árvores esbeltas e de madeira pouco densa são quebradas mais freqüentemente do que as de madeira densa e resistente e com maior razão DAP/altura, que normalmente caem arrancadas com as raízes.

Também são comuns árvores mortas em pé, o que é causado pelo efeito isolado ou em conjunto de senescência, ataque de parasitas, estresse hídrico e supressão (WHITMORE, 1978; SWAINE et alii, 1987). Eventos abióticos de larga escala, tais como tufões, terremotos, incêndios e deslizamentos, causam mortalidade maciça em várias regiões do mundo (WHITMORE, 1978, 1982; PICKETT, 1983).

Tais padrões de mortalidade são de grande importância para a estrutura da floresta, pois geram distúrbios com características diversas. Uma árvore que cai pode derrubar imediatamente suas vizinhas ou facilitar sua queda a médio prazo (WHITMORE, 1978; HARTSHORN, 1980; LIEBERMAN et alii, 1985; SWAINE et alii, 1987), criando clareiras grandes, ao passo que árvores que morrem em pé perdem gradativamente seus galhos e por fim caem, resultando em pequenas aberturas no dossel (WHITMORE, 1978; HALLÉ et alii, 1978). As árvores que são quebradas muitas vezes rebrotam, acelerando o processo de ocupação da clareira (PUTZ et alii, 1983), o que pode diminuir as chances de estabelecimento de outras espécies. Árvores derrubadas, por sua vez, revolvem e expõem o solo na região das raízes, criando um micro-habitat que não se forma nos outros casos (PUTZ, 1983; PUTZ et alii, 1983; MARTINEZ-RAMOS, 1985).

(1) Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP.

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

(3) Curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP.

Inventários de árvores mortas apontam, portanto, uma série de aspectos da dinâmica florestal. Neste trabalho busca-se caracterizar o conjunto de árvores mortas de uma floresta atlântica quanto ao número, tamanho, modo de morte e direção de queda de seus indivíduos. Para quantificar em que extensão estas características variam pela floresta, o levantamento foi realizado em três locais, sendo que um deles sofreu intervenção antrópica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Reserva Florestal de Linhares, ES, mantida pela Companhia Vale do Rio Doce (19°06' a 19°18'S, 39°45' a 40°19'W). A reserva localiza-se no domínio da hiléia baiana (floresta da zona tabular costeira) e tem 21787 ha de cobertura vegetal primitiva, onde predomina a floresta tropical densa ou floresta alta de terra firme (DE JESUS, 1987; PEIXOTO & GENTRY, 1990).

A amostragem foi realizada em uma faixa de 300 m x 20 m de largura em duas áreas de floresta alta de terra firme, distantes entre si cerca de 15 km: no fim da estrada da Gávea, junto ao Rio Barra Seca (parcela 1); e no km 2 da estrada Paraju (parcela 2). Não há informações locais ou registros de distúrbios de larga escala ou ação antrópica nestas duas áreas, sendo portanto consideradas de floresta primária. No início da estrada Paraju, a 1,5 km da parcela 2, foi realizado o corte de lianas e estrato inferior no ano de 1976 em uma área de aproximadamente 10 ha (informação da administração da reserva). Neste local marcamos a parcela 3, de 50m x 100 m.

Em cada parcela foram amostradas todas as árvores mortas com diâmetro a altura do peito (DAP, medida tomada a 1,30 m da base) igual ou superior a 10 cm. Foram medidos o DAP, altura do fuste e direção de queda de cada árvore.

A exemplo de outros trabalhos (LIEBERMAN et alii, 1985; PUTZ & MILTON, 1985; PUTZ et alii, 1986; ARRIAGA, 1988), os modos de morte dos indivíduos foram categorizados da seguinte maneira:

- a) arrancadas com as raízes;
- b) quebradas (tronco quebrado a qualquer altura sem que as raízes estejam arrancadas); e
- c) morta em pé. As árvores caídas (arrancadas ou quebradas) também foram classificadas em "soterradas", aquelas que se encontram sob outras árvores caídas, com sinais inequívocos de que foram derrubadas pela queda destes indivíduos; e "não soterradas".

Os dados de direção de queda foram interpretados com os métodos de estatística direcional ou circular (BATSCHELET, 1981; ZAR, 1984). As diferenças das médias de DAP e altura de fuste entre parcelas e entre árvores soterradas e não soterradas foram testadas com um modelo de análise de variância de dois fatores, seguido de testes a posteriori, quando apropriados.

3 RESULTADOS

As três parcelas apresentaram densidades semelhantes de árvores mortas, em torno de 70 indivíduos por ha, mas diferem quanto aos tipos predominantes de morte (TABELA 1, Qui-quadrado=11,0; $p=0,09$). A parcela 1 destaca-se pelo grande número de árvores soterradas por outras, que correspondem a 30% dos indivíduos mortos, contra 7% na parcela 2 e 14% na parcela 3. Da mesma forma, árvores mortas em pé são mais abundantes na parcela 2 (22%) e escassas na parcela 3 (9%); e uma maior proporção de troncos quebrados foi encontrada na parcela 3 (31%).

TABELA 1 - Número de árvores amostradas em cada parcela segundo o seu tipo de morte

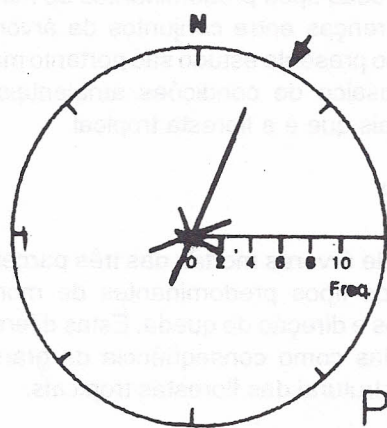
TIPO DE MORTE	PARCELA			TOTAL
	Um	Dois	Três	
Arrancada	16	20	16	52
Quebrada	8	9	11	28
Soterrada*	13	3	5	21
Morta em pé	6	9	3	18
TOTAL	43	41	35	119

(*)Quebradas ou arrancadas que foram soterradas pela queda de outras

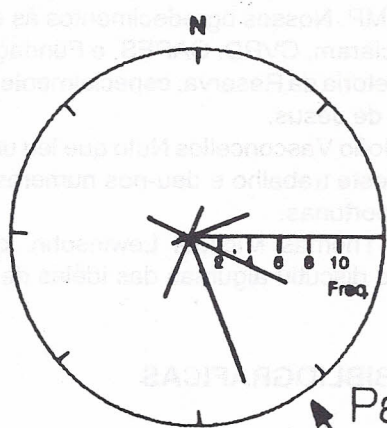
Nas três parcelas, as direções de queda não seguem uma distribuição de frequência uniforme (FIGURA 1, Teste de WATSON a $p<0,05$). Há, portanto, direções de queda predominantes, que são diferentes nos três locais (Teste de WATSON, parcelas 1 x 2 $p<0,005$; 2 x 3 $p<0,001$ e 1 x 3 $p<0,05$). As árvores soterradas foram excluídas desta análise, já que provavelmente elas caem na mesma direção das árvores que as derrubaram, o que criaria uma falsa tendência nos dados.

A análise de variância apontou diferenças de DAP médio entre árvores soterradas e não soterradas ($p<0,001$), embora os contrastes a posteriori só tenham detectado diferenças ao nível de $p<0,1$ nas parcelas 1 e 3 (TABELA 2). Não há diferenças significativas entre o tamanho médio do fuste de árvores soterradas e não soterradas (análise de variância, $p=0,14$).

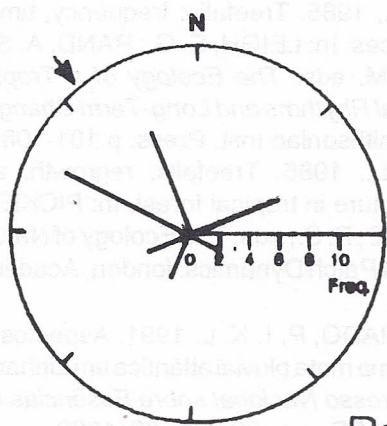
Os DAP médios das árvores caídas não soterradas por outras nas parcelas 1 e 2 são estatisticamente iguais, mas são significativamente maiores do que os da parcela 3 (análise de variância, $p<0,001$ e Teste de TUKEY a $p<0,05$, TABELA 2). A mesma tendência é observada para a altura média do fuste (análise de variância, $p<0,001$ e Teste de TUKEY a $p<0,05$, TABELA 3). Os contrastes a posteriori não mostraram diferenças de tamanho médio das árvores soterradas entre as parcelas (TABELAS 2 e 3).



Parcela 1



Parcela 2



Parcela 3

FIGURA 1 - Distribuição de frequências das direções de queda, em classes de 450, das árvores não soterradas nas três parcelas. As setas indicam o ângulo ou direção média da queda

TABELA 2 - Altura média do fuste (m) $\pm$ desvio-padrão de todas as árvores caídas, soterradas e não soterradas pela queda de outras, nas três parcelas

	PARCELA		
	Um	Dois	Três
Não soterradas	14,7 $\pm$ 5,6	15,3 $\pm$ 4,7	9,1 $\pm$ 4,8
Soterradas	12,0 $\pm$ 4,6	13,5 $\pm$ 7,0	8,5 $\pm$ 4,1
Geral	13,4 $\pm$ 5,5*	15,2 $\pm$ 4,8*	9,0 $\pm$ 4,7

(*) valores estatisticamente iguais, Teste de TUKEY, $p < 0,05$. Não há diferenças significativas entre árvores soterradas e não soterradas (análise de variância, $p = 0,12$)

4 DISCUSSÃO

A morte das árvores é um processo complexo, resultado da interação de fatores, como características edáficas, condições climáticas, atributos dos indivíduos, competição e parasitismo (WHITMORE, 1978; PUTZ et alii, 1983; BROKAW, 1985 a; FRANKLIN et alii, 1987). A julgar pela diferença nos tipos predominantes de morte de árvores nas três áreas, estes fatores se distribuem de forma muito heterogênea pela floresta.

A maioria deles ocorre, de fato, de forma agregada no tempo e no espaço. Três das seis árvores mortas em pé da parcela 1 eram da mesma espécie e haviam sido maciçamente atacadas por cochonilhas e provavelmente morreram juntas. Na parcela 3, ao contrário, não encontramos qualquer sinal de ataque por parasitas, e as três árvores mortas em pé observadas parecem ter senescido, dado seu grande tamanho (DAP de 113, 94 e 56 cm). Ainda na parcela 3, houve um grande número de árvores quebradas, a maioria indivíduos pequenos (DAP entre 10 e 20 cm) de boleira, (*Joanesia princeps* Vell) e tambor, *Rinorea bahiensis* (Moric). KUNTZE, espécies de madeira pouco densa, e particularmente abundantes no local.

Troncos soterrados foram bem menos abundantes que os não soterrados em todas as parcelas. Isto sugere que a maioria das árvores cai isoladamente, sem derrubar outras, o que está de acordo com observações diretas de PUTZ & MILTON (1985), na Ilha de Barro Colorado, Panamá. Em nenhuma ocasião foram encontrados indícios inequívocos de queda em conjunto de mais de três árvores. Conforme notado por LIEBERMAN et alii (1985), todavia, as evidências para se classificar uma árvore como "soterrada pela queda de outra" desaparecem rapidamente. Assim, o grande número de árvores soterradas na parcela 1 pode indicar simplesmente que as quedas múltiplas ocorreram mais recentemente do que nas outras áreas. De qualquer forma, é sugestivo que a parcela com o menor número de árvores soterradas é a que apresentou a maior quantidade de árvores mortas em pé.

TABELA 3 - DAP médio (cm) $\pm$ desvio-padrão das árvores caídas, soterradas e não soterradas pela queda de outras, nas três parcelas

	PARCELA		
	Um	Dois	Três
Não soterradas	36,7 $\pm$ 15,3*	36,7 $\pm$ 16,6*	23,5 $\pm$ 2,6
Soterradas	23,0 $\pm$ 10,0*	25,8 $\pm$ 17,5*	11,1 $\pm$ 1,2*

(*) valores estatisticamente iguais, Teste de TUKEY, $p < 0,05$, contraste nas linhas (entre parcelas)

(+) valores estatisticamente iguais, Teste de TUKEY, $p < 0,1$, contraste nas colunas (entre soterradas e não soterradas).

As diferenças nas direções de queda entre as áreas são outro indicativo da heterogeneidade dos processos de morte de árvores na floresta. O fato de as árvores caírem predominantemente em certas direções é por si só um resultado intrigante, sem registros na literatura e que merece uma investigação mais detalhada. A inclinação do terreno nas três áreas é pequena ($< 100^\circ$), mas certamente o fenômeno resulta da interação de outros fatores locais, tais como propriedades do solo e características estruturais da vegetação, com processos de larga escala, como direção predominante dos ventos e sazonalidade climática.

PUTZ & MILTON (1985) mostraram que a morte de muitas árvores de um local em um período curto de tempo é um fenômeno freqüente nas florestas tropicais. As principais causas destes "pulsos de mortalidade" localizados parecem ser chuvas e ventos (BROKAW, 1985 b; PUTZ & MILTON, 1985). Estes eventos obviamente podem direcionar a queda de árvores, especialmente se associados a características do terreno e da vegetação, que determinam, por exemplo, o escoamento da água e a circulação dos ventos.

Embora os três locais tenham aproximadamente a mesma quantidade de árvores caídas, estas são de menor tamanho na parcela 3. Isto sugere diferenças nas taxas de mortalidade neste local. Conforme já mencionado, esta parcela foi alterada recentemente com o corte de cipós e estrato inferior e há evidências de extração seletiva de madeira no local (ENGEL & PRADO, no prelo). Estas alterações possivelmente favorecem espécies colonizadoras, que têm ciclo de vida rápido e menor porte. A maior proporção deste tipo de árvore reduziria portanto o tamanho médio da população de indivíduos mortos.

PUTZ et alii (1983) consideram o estágio sucessional de uma área o principal determinante de seus padrões de mortalidade. Os trechos em regeneração contêm grande número de colonizadores, que são espécies de menor porte e madeira pouco resistente (BROKAW, 1985 a; MARTINEZ-RAMOS, 1985), e portanto devem ter um conjunto de árvores mortas com maior proporção de troncos pequenos e quebrados (PUTZ et alii, 1983), como parece ser o caso da parcela 3. Manchas de floresta madura (WHITMORE, 1975; 1978; 1982), por

sua vez, devem apresentar uma maior freqüência de árvores mortas em pé e arrancadas.

Assim, cada fase do ciclo natural de renovação das florestas parece ter seus tipos predominantes de morte de árvores. As diferenças entre conjuntos de árvores mortas verificadas no presente estudo são portanto mais um aspecto do mosaico de condições ambientais e estágios sucessionais que é a floresta tropical.

5 CONCLUSÕES

Os conjuntos de árvores mortas das três parcelas diferiram quanto aos tipos predominantes de morte, tamanho dos troncos e direção de queda. Estas diferenças são interpretadas como consequência da grande heterogeneidade estrutural das florestas tropicais.

6 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado durante a disciplina de Ecologia de Campo do Curso de Pós-graduação em Ecologia da UNICAMP. Nossos agradecimentos às entidades que o financiaram, CVRD, CAPES, e Fundação MB, bem como à diretoria da Reserva, especialmente ao Dr. Renato Moraes de Jesus.

Ao professor João Vasconcellos Neto que leu uma versão preliminar deste trabalho e deu-nos numerosas sugestões, muito oportunas.

Ao professor Thomas Michael Lewinsohn, que corrigiu o Abstract e discutiu algumas das idéias deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRIAGA, L., 1988. Gap dynamics of a tropical cloud forest in northeastern Mexico, *Biotropica*, 20: 178-184.
- BATSCHLET, E., 1981. *Circular Statistics in Biology*. New York, Academic Press, 371 p.
- BROKAW, N. V. L., 1985. Treefalls: frequency, timing and consequences. In: LEIGH, E. G.; RAND, A. S. & WINDSOR, D. M. eds. *The Ecology of a Tropical Forest: Seasonal Rhythms and Long-Term Changes*. Washington, Smithsonian Inst. Press. p.101-108.
- BROKAW, N. V. L., 1985. 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*. London, Academic Press. p. 53-69.
- ENGEL, V. L. & PRADO, P. I. K. L. 1991. Aspectos da silvigenese de uma mata pluvial atlântica em Linhares, ES. In: *2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas*, São Paulo, SP, mar 29 - abr 03, 1992.
- FRANKLIN, J. F.; SHUGART, H. H. & HARMON, M. E., 1987. Tree death as an ecological process. *Bioscience*, 37: 550-556.
- HARTSHORN, G. S., 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. In: TOMLINSON, P. B. & ZIMMERMANN, M. H. eds. *Tropical Trees as Living Systems*. London, Cambridge University Press. p.617-637.

- HARTSHORN, G. S., 1980. Neotropical forest dynamics. *Biotropica*, 12: 23-30.
- DE JESUS, R. M. 1987. Mata Atlântica de Linhares: aspectos florestais. In: SEMINÁRIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E IMPACTO AMBIENTAL EM ÁREAS DO TRÓPICO ÚMIDO BRASILEIRO, 1. Belém, PA, 1986. *A Experiência da CVRD*. RJ, CFRD, p.,35-71.
- LIEBERMAN, D. & LIEBERMAN, M., 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology*, 3: 347-358.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R. & HARTSHORN, G. S., 1985. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. *Journal of Ecology*, 73: 915-924.
- MARTINEZ-RAMOS, M., 1985. Claros, ciclos vitales de los arboles tropicales y regeneracion natural de las selvas altas perennifolias. In: GOMEZ-POMPA, A. & AMO, S., eds. Investigaciones sobre la Regeneracion de Selvas Altas en Veracruz, México, México, Allambra Mexicana, vol.2, p.191-239.
- PEIXOTO, A. & GENTRY, A., 1990. Diversidade e composição florística da mata de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). *Revista Brasileira de Botânica*, 13: 19-26.
- PICKETT, S. T. A., 1980. Non-equilibrium coexistence of plants. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 107: 238-248.
- PICKETT, S. T. A., 1983. Differential adaptation of tropical trees species to canopy gaps and its role in community dynamics. *Tropical Ecology*, 24: 68-84.
- PUTZ, F. E., 1983. Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of disturbed soil to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panama, *Ecology*, 64: 1069-1074.
- PUTZ, F.E., COLEY, P.D., MONTALVO, A. & AIELLO, A. 1983. Snapping and uprooting of trees: structural determinants and ecological consequences. *Canadian Journal of Forest Research*. 13: 1011-1020.
- PUTZ, F.E., & MILTON, K., 1985. Tree mortality rates on Barro Colorado Island. In: LEIGH, E.G.; RAND, A.S. & WINDSOR, D.M. eds. The Ecology of a Tropical Forest: Seasonal Rhythms and Long-Term Changes. Washington, Smithsonian Inst.Press. p.95-100.
- STRONG, D.R., 1977. Epiphyte load, tree falls, and perennial forest disruption: a mechanism of maintaining higher tree species richness in the tropics without animals. *Journal of Biogeography*, 4: 215-218.
- SWAINE, M.D., LIEBERMAN, D. & PUTZ, F.E., 1987. The dynamics of tree populations in tropical forests: a review. *Journal of Tropical Ecology*. 3: 359-366.
- WHITMORE, T. C., 1975. *Tropical Rain Forests of the Far East*. Oxford, Clarendon Press.
- WHITMORE, T. C., 1978. Gaps in the forest canopy. In: TOMLINSON, P. B. & ZIMMERMANN, M. H., eds. *Tropical Trees as Living Systems*, London, Cambridge University Press. p.639-655.
- WHITMORE, T.C., 1982. On pattern and process in forests. In: NEWMAN, E. I., ed. *The Plant Community as a Working Mechanism*. Oxford, Blackwell Scientific. p.45-59.
- ZAR, J. H., 1984. *Biostatistical Analysis*. 2 Ed. New Jersey, Prentice Hall., 717 p.