



# RELAÇÕES ALOMÉTRICAS DA COMUNIDADE ARBÓREA DE DIFERENTES ÁREAS DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DO SUL DO BRASIL

Ana Paula Liboni

Diego Resende Rodrigues; Bianca Buck Perina; Vanessa Patrícia Pereira Rosa; Yves Rafael Bovolenta; Edmilson Bianchini; José Antonio Pimenta

Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, C. Postal 6001, CEP 86051 - 970, Londrina, Paraná, Brasil. Email: pimenta@uel.br

## INTRODUÇÃO

A forma de crescimento das árvores tem grande importância ecológica (Archibald & Bond, 2003), pois afeta a interceptação da luz, o crescimento em altura, a defesa e a reprodução, determinando, portanto, a história de vida das espécies arbóreas (Archibald & Bond, 2003; Kohyama & Hotta, 1990).

À medida que crescem, as plantas devem acumular uma quantidade crescente de biomassa para sustentação, em razão das pressões ambientais às quais são submetidas devido a fatores como a gravidade e o vento (Waller, 1986). Por outro lado, devem investir em área fotossintética para manterem a assimilação de biomassa (O' Brien *et al.*, 1995). O balanço entre esses investimentos reflete estratégias adaptativas das plantas e pode ser evidenciado através do estudo da relação entre tamanho e forma em plantas, denominado alometria (Niklas, 1994).

O estudo da alometria é um ponto importante para a compreensão de aspectos ecológicos e evolutivos em espécies de plantas e os modelos gerados a partir desses estudos podem ser ferramentas poderosas de previsão em ecologia (Bond *et al.*, 1999), além de auxiliar no entendimento da estrutura e dinâmica das florestas (King, 1996; Sposito & Santos, 2001). Muitos caracteres morfológicos de um indivíduo variam dependendo da arquitetura específica, do microambiente e do grau de restrição ecológica onde se iniciou seu crescimento (King, 1996; Kohyama, 1987; Portela & Santos, 2003). As relações alométricas também podem variar com a fase de desenvolvimento em que a planta se encontra, pois os indivíduos sofrem transformações mecânicas ao longo do seu crescimento (Alves & Santos, 2002; Niklas, 1994). Portanto, a arquitetura de uma árvore adulta não reflete somente as condições às quais o indivíduo está submetido no presente, mas é o resultado dos fatores genéticos e ambientais que atuaram no seu crescimento desde o estágio de plântula (Archibald & Bond, 2003).

A fragmentação florestal altera variáveis ambientais im-

portantes para as características adaptativas vegetais, tais como disponibilidade luminosa e hídrica, o que influencia as interações biológicas como a competição, e, em última instância, pode ter efeitos sobre a densidade e as relações alométricas das plantas (Bertani, 2006). Uma das consequências do processo de fragmentação é o efeito de borda, resultado da perda de cobertura florestal contínua e aumento da área exposta a variações ambientais bruscas, com efeito deletério para a maior parte da biota (Murcia, 1995). Florestas secundárias e fragmentadas apresentam uma baixa densidade de árvores de grande porte e redução significativa na cobertura do dossel, o que altera a luminosidade e intensidade de ventos no interior desses ambientes, e leva a modificações estruturais da vegetação (Oliveira - Filho *et al.*, 1997).

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a forma dos indivíduos da comunidade arbórea do interior e da borda de uma área em estágio sucessional mais avançado e do interior de uma área em estágio sucessional menos avançado da Floresta Ombrófila Mista do Parque Ecológico da Klabin, Telêmaco Borba/PR/Brasil, a fim de responder a seguinte questão: existem diferenças nas relações alométricas (altura total x DAP, altura total x altura de fuste e altura de fuste x DAP) entre os indivíduos das diferentes áreas? Espera-se que na borda os indivíduos apresentem maior investimento em diâmetro em relação à altura, e apresentem menor fuste em comparação aos indivíduos das duas áreas de interior da floresta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Ecológico da Klabin S.A., localizado no estado do Paraná, Brasil, nas coordenadas

24°17'S 50°35'W. Na paisagem local observa-se um mosaico formado por três tipos de formações vegetacionais nativas, a Floresta Estacional Semidecidual, a Floresta Ombrófila Mista e pequenas manchas de Campos Naturais (Azevedo *et al.*, 008), juntamente com as plantações florestais comerciais.

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como uma transição entre Cfa e Cfb, sendo descrito como subtropical úmido com verões quentes a moderadamente quentes e invernos úmidos e frios, com média anual de precipitação de 1.700 mm e média anual de temperatura de 19,5 °C (Mendonça & Danni - Oliveira, 2002).

Para o desenvolvimento deste estudo, foram selecionadas três áreas: interior e borda de uma área em estágio sucessional mais avançado (aqui denominados de interior 1 e borda, respectivamente) e interior de uma área em estágio sucessional menos avançado (interior 2). Cabe ressaltar que o interior 1 e a borda não são áreas consecutivas, e estão cerca de 1 km distantes uma da outra.

#### Experimento

Para o estudo das relações alométricas, foi estabelecido um transecto de 4 m de largura em cada área amostrada, onde, independente da espécie, foram amostrados todos os indivíduos com altura igual ou maior que 1,5 m que apareceram até atingir 150 indivíduos arbóreos por área, totalizando 450 indivíduos avaliados. Os transectos foram estabelecidos paralelamente a uma estrada que circunda a floresta, sendo que para os interiores 1 e 2 estes estavam distantes 100 m da estrada, enquanto que para a borda o transecto foi estabelecido a 10 m da estrada. Os indivíduos tiveram o perímetro à altura do peito (PAP) mensurado com fita métrica e posteriormente esse valor foi convertido para diâmetro à altura do peito (DAP) através da fórmula  $D=C/\pi$ . A altura total e altura do fuste foram estimadas visualmente, utilizando-se uma referência de comprimento conhecido.

#### Análise dos dados

As relações alométricas dos indivíduos são geralmente expressas por funções derivadas de regressões lineares das variáveis transformadas em logaritmos de base 10. A equação que expressa estas relações é:  $y = a \times b^x$ , ou  $\log y = \log a + b \log x$ , onde  $a$  e  $b$  são parâmetros obtidos através de regressão linear (Kohyama & Hotta, 1990; Sokal & Rohlf, 1981). Nas comparações da forma dos indivíduos entre as áreas, as diferenças poderão ocorrer tanto em  $a$  (o intercepto de  $y$ ) como em  $b$  (a inclinação da reta). Se o valor de  $b$  for diferente entre as áreas, o maior valor de  $b$  apresentará maior incremento de  $y$  por incremento de  $x$ . Se a inclinação não diferir, mas a constante  $a$  for diferente entre áreas, aquelas com maiores valores de  $a$  apresentarão valores de  $y$  maiores para qualquer valor de  $x$  (Kohyama & Hotta, 1990).

Foi utilizada a análise de covariância (ANCOVA) para testar a diferença entre as retas (Snedecor & Cochran, 1967). Comparações múltiplas entre as retas foram feitas pelo teste a posteriori de Scheffé ( $p < 0,05$ ) (Huitema, 1980; Zar, 1984).

## RESULTADOS

Considerando a relação entre altura total e DAP, houve diferença significativa entre as inclinações das retas ( $b$ ) das áreas interior 1 e interior 2 se comparadas com a borda, indicando que um mesmo aumento na altura provoca um menor aumento no DAP nas plantas da borda. O valor do intercepto em  $y$  ( $a$ ) para as plantas do interior 2 foi significativamente maior que o das plantas do interior 1. Neste caso, para uma mesma altura, o diâmetro das plantas do interior 2 será sempre maior que o das plantas do interior 1. O valor de  $r^2$  foi maior para o interior 1, indicando que ocorre maior semelhança na forma dos indivíduos desta área.

Observou-se que, para os interiores 1 e 2, os indivíduos apresentaram maior investimento em diâmetro em relação à altura do que os da borda. Isto sugere maior eficiência desses indivíduos em alocar biomassa para o crescimento em espessura, possivelmente devido a maior abundância de espécies de subosque (tolerantes à sombra) nessas áreas, que sobrecarregam o caule por apresentar maior expansão de área fotossinteticamente ativa (maior copa) no microambiente menos iluminado (Yamada *et al.*, 000). Na borda ocorre menor incremento em diâmetro, possivelmente devido à colonização desta área por espécies pioneiras, que alocam mais biomassa para o crescimento em altura. O valor do intercepto em  $y$ , considerando ainda as relações entre o diâmetro e a altura, foi significativamente maior para as plantas do interior 2 (estádio de sucessão menos avançado) quando comparadas com as do interior 1, indicando que para uma mesma altura o diâmetro será sempre maior para as plantas do interior 2. Diferente do que foi observado, esperava-se encontrar este resultado para o interior 1, que se apresenta em estágio sucessional mais avançado e, portanto, possui subosque mais desenvolvido, com espécies tolerantes à sombra e que são mais eficientes em alocar biomassa para o crescimento em espessura. Entretanto, isso pode ser explicado pela alta abundância de algumas espécies da família Myrtaceae típicas da Floresta Ombrófila Mista da região, que foram observadas no interior 2. Essas espécies, de baixo porte, apresentaram várias ramificações do caule próximas ao solo (observação pessoal), o que possivelmente contribuiu para o maior intercepto em  $y$  observado.

Considerando a relação entre altura total e altura de fuste, as inclinações das retas não apresentaram diferenças significativas, entretanto os valores do intercepto de  $y$  para as plantas do interior 1 e borda foram significativamente maiores que o das plantas do interior 2. Isto indica que para uma mesma altura total, os indivíduos do interior 2 terão sempre uma altura de fuste menor que os indivíduos das outras áreas. Os valores de  $r^2$  foram maiores no interior 1 e borda, neste caso, ocorre maior convergência nas formas dos indivíduos desta área, quando são consideradas a altura total e a altura de fuste.

Levando em conta as características das espécies que colonizam a borda (preferencialmente pioneiras) é esperado um maior investimento em fuste se comparado com as espécies do interior. No entanto, essa diferença somente ocorreu quando foi comparado a borda com o interior 2. O maior investimento na altura do fuste apresentado pelas plantas do interior 1 quando comparadas às do interior 2 também pode ser devido a presença das espécies da família Myrtaceae, que

apresentaram altura do fuste muito reduzidas. O menor coeficiente de determinação apresentado pelas plantas do interior 2, indicando menor uniformidade na forma dos indivíduos desta área, confirma essa possibilidade. É possível, também, que o fato de não ter havido diferença significativa entre os valores do intercepto em  $y$  para o interior 1 e a borda, seja em decorrência da maior densidade da vegetação no interior 1, o que aumentou a competição por luz entre os indivíduos. A maior heterogeneidade de formas apresentada pelos indivíduos das áreas de interior, provavelmente se deve à colonização por espécies de subosque (tolerantes à sombra), convivendo com espécies de dossel e emergentes. Quanto à relação entre altura de fuste e DAP, a inclinação da reta foi maior para o interior 1, indicando que um mesmo aumento na altura de fuste provoca nas plantas desta área um maior aumento no diâmetro. O valor do intercepto em  $y$  foi significativamente maior para o interior 2, comparando-se com a borda. Neste caso, para uma mesma altura de fuste, o diâmetro das plantas do interior 2 será sempre maior que o das plantas da borda. Entretanto, o valor de  $r^2$  não foi significativo para o interior 2, indicando que nesta área ocorre grandes variações na forma dos indivíduos, quando são considerados a altura de fuste e o DAP.

Comparado com as demais áreas, os resultados da relação altura do fuste e DAP para o interior 2 indicam que para esta área, que se apresenta em estágio sucessional mais avançado, o aumento do fuste é acompanhado de uma maior expansão da copa, importante para melhor exploração do microambiente menos iluminado do subosque desta área, havendo, portanto, maior necessidade de investir no crescimento em diâmetro. Indivíduos de espécies de subosque apresentam maior expansão do sistema de ramificação lateral e maior alocação de biomassa para a produção de folhas, desta forma devem acumular uma quantidade crescente de biomassa para sustentação (Yamada *et al.*, 000).

O crescimento em altura e a expansão da copa refletem estratégias de crescimento em resposta a diferentes condições de luminosidade (Aiba & Kohyama, 1996; Kohyama, 1987; Kohyama & Hotta, 1990). Essas estratégias de crescimento têm sido interpretadas em relação ao gradiente sucessional, entretanto é provável que essas diferenças também ocorram entre espécies de dossel e subosque, quando se considera o gradiente vertical da floresta (King, 1990).

## CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a diferença de estágio sucessional entre as áreas estudadas, é a principal causa das variações nas relações alométricas dos indivíduos da comunidade arbórea das três áreas da Floresta Ombrófila Mista do Parque Ecológico da Klabin, Telêmaco Borba/PR/Brasil.

À CAPES e ao Programa de Pós - graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina pelo apoio financeiro. À empresa KLABIN S.A. pela acolhida e por permitir a realização dos trabalhos em campo. À turma 2009 do mestrado em Ciências Biológicas da UEL pelo auxílio nos trabalhos de campo.

## REFERÊNCIAS

- Aiba, S.; Kohyama, T. 1996. Tree species stratification in relation to allometry and demography in a warm - temperate rain forest. *Journal of Ecology*, v. 84, n. 2, p. 207 - 218.
- Alves, L.F.; Santos, F.A.M. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south - east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. v.18, p.245 - 260.
- Azevedo, T. I. N., Sekiama, M.L., Vieira, A.O.S., Bennemann, S.T. 2008. Descrição física da micro bacia do Ribeirão Varanal e caracterização dos trechos. In: Bennemann, S.T., Shibatta, O.A., Vieira, A.O. (Org.). *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná*. EDUEL, Londrina, p. 7 - 15.
- Bertani, D. F. 2006. *Ecologia de populações de Psychotria suterella Müll. Arg. (Rubiaceae) em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica*. Tese de Doutorado, Pós - Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Bond, W.J., Honig, M.; Maze, K.E. 1999. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia*, v.120, p.132 - 136.
- Mendonça, F. A., Danni - Oliveira, I. M. 2002. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do Rio Tibagi. In: Medri, M. E., Bianchini, E., Shibatta, O. A., Pimenta, J. A. (Ed.). *A bacia do Rio Tibagi*. UEL, Londrina, p. 63-66.
- King, D.A. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology*. v.12, p. 25 - 44.
- King, D.A. 1990. Allometry of saplings and understorey trees of a Panamanian forest. *Functional Ecology*, v.4, p.27 - 32.
- Kohyama, T.; Hotta, M. 1990. Significance of allometry in tropical saplings. *Functional Ecology*, v. 4, p. 515 - 521.
- Kohyama, T. 1987. Significance of architecture and allometry in saplings. *Functional Ecology*, v.1, p. 399 - 404.
- Niklas, K. J. 1994. *Plant allometry: the scaling of form and process*. Chicago: The University of Chicago Press.
- O'Brien, S.T.; Hubbell, S.P.; Spiro, P.; Richard, C.; Foster, R.B. 1995. Diameter, height, crown and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology*, v. 76, p. 1926 - 1939.
- Oliveira - Filho, A.T., Mello, J.M.; Scolforo, J.R. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south - eastern Brazil over a five - year period (1987 - 1992). *Plant Ecology*, v. 131, p. 45 - 66.
- Silva, F.M.R.; They, N.H.; Troian, V.R.R.; Kindle, A. 2007. Densidade populacional e relações alométricas de *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schlttdt. (Rubiaceae) em paisagem fragmentada no Morro Santana, Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, n.1, p. 486 - 488.
- Snedecor, G. W.; Cochran, W. G. 1967. *Statistical methods*. 6ed. Ames: Iowa State University Press.
- Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 1981. *Biometry*. 2ed. San Francisco: W.H. Freeman.

**Sposito, T.C.; Santos, F.A.M. 2001.** Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany*, v. 88, p. 939 - 949.

**Waller, D.M. 1986.** The dynamics of growth and form. In: Crawley, M.J. (ed.) *Plant ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 291 - 320.

**Yamada, T., Yamakura, T., Lee, H.S. 2000.** Architectural and allometric differences are related to microhabitat preferences. *Functional Ecology*, v. 14, p. 731 - 737.

**Zar, J. H. 1984.** *Biostatistical analysis*. 2ed. New Jersey: Prentice Hall.