



# ÁRVORES EMERGENTES MODIFICAM SEU CRESCIMENTO EM TERRENOS INCLINADOS?

Jomar Magalhães Barbosa

## INTRODUÇÃO

As matas de encosta ocorrem em áreas com alta precipitação e de topografia irregular. As variações na inclinação do terreno geram um mosaico de solos mais profundos localizados em declives baixos, e solos rasos localizados em áreas com declives mais acentuados (Souza & Souza 2004).

Estas florestas possuem espécies arbóreas emergentes que ultrapassam o dossel e por isso podem interceptar mais luz (Joly *et al.* 1990). No entanto, a grande altura destas árvores gera problemas de sustentação e reduz sua estabilidade (Oriens *et al.* 1996). A perturbação pelo vento agrava a instabilidade e árvores emergentes, que estão sobre terrenos inclinados, também são afetadas pelos solos lixiviados e com pouca profundidade.

Fatores causadores de perturbação podem modificar as estratégias de crescimento das árvores emergentes, interferindo na proporção de alocação de recursos para a altura (A), diâmetro (D) ou mesmo propriedades da madeira, como densidade e rigidez (Alves & Santos 2002). Estas modificações estruturais podem se ajustar a três modelos alométricos teóricos (Osunkoya *et al.* 2007): (1) o geométrico, que descreve árvores proporcionalmente mais finas e de menor porte do subdossel, onde a baixa luminosidade estimula o crescimento em altura sem grande investimento em diâmetro devido a menor velocidade do vento; (2) o elástico, para árvores de maior porte do dossel, que precisam investir no diâmetro do caule para suportarem uma estrutura mais pesada e (3) o modelo de estresse permanente, que descreve árvores com um investimento ainda maior em diâmetro proporcional a altura, para evitar a queda devido a grande altura e a força exercida pela incidência direta do vento. A distinção entre os modelos é feita por meio de equações alométricas, que utilizam medidas de altura e diâmetro. O modelo geométrico prevê que o diâmetro aumenta na mesma proporção que a altura ( $A \sim D^1$ ), no modelo elástico o diâmetro aumenta na proporção de  $3/2$  (1,5) em relação a altura ( $A \sim D^{1,5}$ ), e no modelo de estresse permanente o diâmetro

aumenta em uma proporção duas vezes maior que a altura ( $A \sim D^2$ ).

Visto que plantas que vivem em terrenos inclinados podem estar sujeitas a uma maior instabilidade, foi testada a hipótese de que árvores emergentes de terreno inclinado possuem estratégias de crescimento previstas pelo modelo de estresse permanente e as emergentes de terreno plano apresentam estratégias previstas pelo modelo elástico. A previsão é que as árvores emergentes de terrenos inclinados apresentem maior crescimento em diâmetro proporcionalmente à altura do que as emergentes de terrenos planos. Para analisar as relações entre estratégias de crescimento e topografia foram utilizados indivíduos de *Virola bicuhyba* (Schott) Warb. e *Virola gardneri* (A.DC.) Warb., espécies emergentes comuns em matas de encosta da Estação Ecológica Juréia Itatins (Mamede *et al.* 2004).

## MÉTODOS

### Coleta de dados

O estudo foi realizado na Trilha do Fundão, localizada no Núcleo Arpoador, Estação Ecológica Juréia-Itatins (E.E.J.I.) (24°38'71"S - 47°01'73"O). Os locais de coleta se localizam na transição entre as planícies costeiras e os relevos serranos da E.E.J.I., com altitude entre 11 e 100 m (Souza & Souza 2004). Foram percorridas duas trilhas, a do Fundão, localizada em terreno plano (inclinação de 0° e 5°) e a do Parnapuã, localizada em terreno inclinado (inclinação entre 20° e 27°). A inclinação do terreno foi estimada com medidas do desnível de uma linha imaginária paralela ao solo e outra com ângulo reto em relação ao tronco de uma árvore.

As espécies estudadas, *Virola bicuhyba* e *Virola gardneri*, foram conjuntamente incluídas nas análises para garantir suficiência amostral e porque possuem porte semelhante. Elas são conhecidas popularmente como bucuva ou bicuíba, são facilmente encontradas tanto em terrenos

inclinados quanto planos e possuem ampla distribuição no Brasil. Este gênero pertence à família Myristicaceae e é o que possui maior número de espécies na família (Souza & Lorenzi 2005).

Foram incluídas na amostragem árvores que possuíam copa acima do dossel e que se localizavam a até 50 m das margens das trilhas. Na trilha com terreno plano foram encontrados 11 indivíduos arbóreos emergentes de *Virola* sp. e na trilha com terreno inclinado 13 indivíduos arbóreos emergentes de *Virola* sp. As alturas das árvores foram medidas apontando uma trena a laser (precisão de 0.5 cm) para o galho mais alto da copa, e o perímetro à altura do peito (PAP em 1,5 m do solo) com uma trena (precisão de 0,5 cm). O diâmetro à altura do peito (DAP) foi calculado com o PAP, aproximando-se a área da seção do tronco a um círculo.

### Análise dos dados

Para comparar a altura das árvores de *Virola* sp., foi calculada a diferença da média de altura das árvores de terreno inclinado e plano. Os valores de alturas das árvores dos dois terrenos amostrados foram permutados ao acaso 2.000 vezes para gerar novas diferenças de médias de altura em um cenário nulo em que a altura entre as árvores de terreno plano e inclinado são iguais. Posteriormente, foi avaliada a proporção de ocorrência de valores iguais ou maiores que a diferença de altura das árvores de terrenos planos e inclinados (significância estatística com  $p < 0,05$ ). Este mesmo procedimento foi feito para a diferença das médias de DAP.

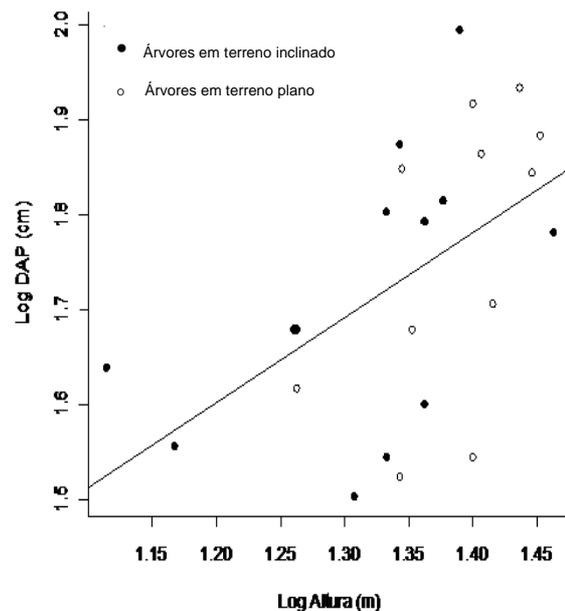
Foram elaboradas regressões lineares simples entre DAP e altura em escala logarítmica para árvores emergentes amostradas em terreno plano e terreno inclinado. As comparações entre as inclinações e interceptos das retas de regressão dos terrenos foram feitas por análise de co-variância (ANCOVA) utilizando o programa R 2.7.1 (R Development Core Team 2008). Posteriormente, para verificar se as árvores emergentes seguem o modelo geométrico ( $A \sim D^1$ ), elástico ( $A \sim D^{1,5}$ ) ou estresse permanente ( $A \sim D^2$ ), as inclinações estimadas foram comparadas com os valores previstos dos expoentes alométricos dos modelos.

## RESULTADOS

A altura média das árvores do terreno plano foi de  $24,5 \pm 3,0$  m (média  $\pm$  desvio padrão) e das árvores de terreno inclinado foi de  $21 \pm 4,2$  m. A diferença

das médias de altura das árvores entre os terrenos foi significativa, pois apenas 1,8% dos valores gerados ao acaso foram iguais ou maiores que a diferença de altura das árvores dos terrenos inclinados e planos ( $p = 0,018$ ). O DAP médio das árvores de terreno plano foi de  $60,7 \pm 19,4$  cm e das árvores do terreno inclinado  $54,4 \pm 18,9$  cm. No entanto, esta diferença não foi significativa ( $p = 0,188$ ).

A regressão linear do  $\log(\text{diâmetro})$  do tronco e  $\log(\text{altura})$  das árvores de *Virola* sp. em terreno plano resultou em uma reta com coeficiente de inclinação de 1,52 e das árvores de terreno inclinado o coeficiente de inclinação foi de 0,78. Estes coeficientes não apresentaram diferença significativa ( $F_{1,21} = 0,78$ ;  $p = 0,39$ ), o que indica que a taxa de crescimento do DAP em função da altura é igual entre as árvores presentes em terreno inclinado e plano. Os interceptos das retas de regressão das árvores também não foram significativamente diferentes ( $F_{1,21} = 0,14$ ;  $p = 0,71$ ), portanto uma única regressão pode ser usada para descrever a relação entre os logaritmos do DAP e da altura. Esta reta de regressão de todos os dados foi significativa ( $F_{1,21} = 8,34$ ;  $p = 0,009$ ;  $R^2 = 0,28$ ) apresentando coeficiente de inclinação de 0,9 e intervalo de confiança a 95% de 0,2-1,54 (Figura 1).



**Figura 1.** Dispersão dos valores do DAP em função da altura de todos os indivíduos de *Virola* sp. em áreas inclinadas ( $20^\circ$  a  $27^\circ$ ) e planas ( $0^\circ$  a  $5^\circ$ ). A reta indica o valor esperado pela regressão ( $R^2 = 0,28$ ) que é  $\log(\text{DAP}) = 0,53 + 0,9 \cdot \log(\text{Altura})$ .

## DISCUSSÃO

Os indivíduos de *Virola* sp. amostrados em terreno inclinado apresentaram altura média menor que os indivíduos de terreno plano. A diferença de DAP não foi significativa. Apesar da diferença de altura, as árvores dos dois terrenos se ajustaram a uma mesma regressão entre DAP e altura.

A menor altura das árvores localizadas em áreas com inclinação em torno de 27° pode estar relacionada a fatores limitantes ao crescimento, como a escassez de nutrientes e ao solo mais raso (Rossi & Queiroz Neto 2001). Somado a estes fatores, a perturbação proveniente do vento pode resultar em maior mortalidade das árvores muito altas ou pode levar as árvores a não investirem em grandes alturas (Orians *et al.* 1996). Este último caso pode ser um indicativo de que a perturbação do vento sobre as árvores emergentes inibe o crescimento dos indivíduos, visto que copas muito altas aumentam a instabilidade da planta.

A relação entre DAP e altura de *Virola* sp. não diferiu entre os terrenos planos e inclinados, desta forma a hipótese de que árvores emergentes localizadas em terrenos inclinados possuem maior crescimento proporcional de diâmetro em relação a altura do que de árvores emergentes localizadas em terrenos planos não foi corroborada. No entanto, a reta de regressão ajustada para todo o conjunto de dados apresentou grande dispersão dos pontos ( $R^2 = 0,28$ ; Figura 1), indicando que outros fatores, além da altura das árvores, determinam a variação do diâmetro do caule. Por esta razão, a inclinação da reta teve amplos intervalos de confiança dos interceptos e dos coeficientes de inclinação. Alves & Santos (2002) encontraram, para outras espécies, intervalos de confiança menores do que os encontrados no presente estudo. Isto pode ser explicado pelo menor tamanho da amostra do presente estudo e/ou pelo fato de terem sido consideradas duas espécies (*Virola bicuhyba* e *Virola gardneri*) como um único morfotipo.

Como as árvores se ajustaram em uma única reta de regressão, apenas o coeficiente de inclinação desta reta foi comparado com os modelos alométricos teóricos. O valor do intervalo de confiança da inclinação excluiu o modelo de estresse permanente, indicando que os modelos geométrico e elástico são os mais plausíveis para explicar as relações alométricas observadas. Este é um indicativo de que a presença da planta em um estrato acima do dossel não gerou instabilidade suficiente para que a alocação de recurso para o diâmetro aumentasse pelo quadrado da altura.

Pode-se concluir que as perturbações geradas pela diferença de inclinação nos dois terrenos não foram suficientes para modificar as relações de crescimento entre diâmetro e altura. No entanto, mesmo que os indivíduos emergentes de *Virola* sp. tenham a mesma relação alométrica em terrenos inclinados e planos, eles podem minimizar os efeitos do solo raso e das perturbações do ambiente, como o vento, restringindo o crescimento em altura. Trabalhos futuros devem investigar se há uma maior densidade e rigidez da madeira em espécies arbóreas que não apresentam um maior investimento em diâmetro proporcionalmente à altura quando crescem em terrenos inclinados.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos profs. Paulo Inácio e Glauco Machado pelo exemplo, incentivo e paciência. Ao Clécio pela colaboração em campo. Aos monitores Murilo e Paula, pelas sugestões, e a todos os colegas de curso pelas risadas e profundas discussões sobre os projetos de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Alves, L.F. & F.A.M. Santos. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic Rain Forest, South-East Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 18:245-260.
- Joly, C.A.; H.F. Leitão-Filho & S.M.Silva. 1991. O patrimônio florístico. In: Mata Atlântica (I.G. Câmara ed.). São Paulo: Index & Fundação SOS Mata Atlântica.
- Mamede, M.C.H.; I. Cordeiro; L. Rossi; M.M.R.F. Melo & R.J. Oliveira. 2004. Mata Atlântica. In: Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna (O.A.V. Marques, & W. Duleba eds.). Ribeirão Preto: Holos.
- Orians, G.H; R. Dirzo & J.H. Cushman. 1996. Biodiversity and ecosystem processes in Tropical Forest. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Osunkoya, O.O., K. Omar-Ali, N. Amit, J. Dayan, D.S. Daud & T.K. Sheng. 2007. Comparative height-crown allometry and mechanical design in 22 tree species of Kuala Belalong Rainforest, Brunei, Borneo. *American Journal of Botany*, 94:1951-1962.
- Rossi, M. & J.P. Queiroz Neto. 2001. Soil/landscape relationship in the humid tropics: the Serra do Mar case, São Paulo state, Brazil. *Revista do Departamento de Geografia USP*, 14:11-23.

- Souza, V.C. & H. Lorenzi. 2005. Botânica sistemática. Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Souza, C.R.G. & A.P. Souza. 2004. Geologia e geomorfologia da área da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In: Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna (O.A.V. Marques & W. Duleba eds.). Ribeirão Preto: Holos.