



DIFERENÇAS ALOMÉTRICAS DE *PSIDIUM CATTLEYANUM* SABINE EM GRADIENTE DE RESTINGA

Natalia Guerin

INTRODUÇÃO

A alometria, que estuda a relação do tamanho dos organismos e suas conseqüências biológicas (Niklas 2004), fornece subsídios para comparação e entendimento das diferentes estratégias adaptativas dos seres vivos (Sposito & Santos 2001). As diferenças nos padrões de alocação de biomassa e aquisição de recursos são importantes componentes nas respostas das plantas a condições ambientais (Crawley 1986).

A resposta da planta ao ambiente geralmente inclui mudanças na morfologia ou fisiologia e também mudanças no tamanho e número de suas partes (Crawley 1986). O tamanho, formato e posição da copa de uma árvore são determinantes da quantidade de luz interceptada, enquanto as dimensões do tronco estão relacionadas à resistência mecânica frente às pressões exercidas por fatores como vento e a massa da própria copa (King 1996).

Em ambientes que apresentam gradientes de condições abióticas, onde existem variações na temperatura, luminosidade, umidade, salinidade, vento e disponibilidade de nutrientes (Carter 1993), as relações entre tamanho e forma das plantas irão influenciar o padrão estrutural e funcional dos diferentes tipos de vegetação (Fontes 1999). Assim, o estudo de relações alométricas em ambientes que apresentam gradientes abióticos contribui para a compreensão da respostas das plantas frente a condições mais ou menos favoráveis, que podem refletir limitações impostas pelo genótipo ou indicar plasticidade fenotípica da planta (Crawley 1986).

No presente estudo foi testada a hipótese de que indivíduos de uma mesma espécie de planta apresentam relações alométricas distintas ao longo de um gradiente de continuidade de dossel. Espera-se encontrar na vegetação mais aberta, plantas com copas e área basal proporcionalmente maiores do que as encontradas em formações florestais, já que não existe competição por espaço. Em florestas fechadas de maior porte espera-se encontrar um tamanho de copa e área basal proporcionalmente

menores em relação às áreas com dossel descontínuo.

MATERIAIS & MÉTODOS

O estudo foi realizado em um gradiente de vegetação de restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia (25°03'S; 47 °53'O). Nas florestas sobre restinga, geralmente localizadas mais no interior, os efeitos da proximidade do mar são mais amenos quando comparados à vegetação de dunas sobre e entre cordões arenosos (Marques & Duleba 2004), porém, devido à existência de um dossel contínuo na floresta seria esperado um aumento da competição por espaço e luz entre os indivíduos. Diante dessas condições distintas apenas algumas espécies são encontradas ao longo de todo o gradiente de vegetação de restinga e *Psidium cattleyanum* é uma delas (Barros *et. al.* 1991). Conhecido popularmente como araçá, *P. cattleyanum* é uma mirtácea que pode apresentar porte arbustivo ou arbóreo, com caule tortuoso e de casca lisa e folhas persistentes e coriáceas (Casagrande *et al* 1996). Na vegetação arbustiva sobre restinga, aqui denominada de restinga arbustiva, a vegetação é esparsa e não há formação de dossel. Seguindo o gradiente, a vegetação arbórea baixa sobre restinga, aqui denominada arbórea baixa, apresenta uma vegetação mais densa, um pouco mais alta e com dossel mais aberto. Na vegetação arbórea alta sobre restinga, aqui denominada arbórea alta, o dossel é mais fechado e as árvores têm maior porte, chegando a 20 m de altura.

Na restinga arbustiva as plantas foram amostradas a uma distância de pelo menos 30 m entre si. Na arbórea baixa os indivíduos foram amostrados a cada 35 m ao longo de uma trilha, sempre alternando o lado da trilha a cada ponto de amostragem. Na arbórea alta os indivíduos foram amostrados a uma distância de pelo menos 50 m entre si. Cada planta amostrada teve a altura total, altura do fuste, diâmetro de copa maior e menor e o PTS medidos. Posteriormente foi calculada a área basal (PTS²/4

) e área de copa (copa menor x copa maior) e foi contabilizado o número de ramos para cada indivíduo. Foram amostrados 30 indivíduos por fisionomia.

Para testar o efeito das diferentes fisionomias nas variáveis operacionais de tamanho, os indivíduos foram permutados ao acaso entre as fisionomias por meio de 1000 aleatorizações. Para cada variável a diferença das medianas entre as fisionomias (par a par) foi comparada a uma distribuição de diferenças geradas ao acaso. A mediana foi utilizada devido à forma de distribuição dos dados. Considerando que os testes foram feitos par a par entre as três fisionomias, foi utilizado o ajuste de Bonferroni para definir o nível de significância ($\alpha = 0,005 / 3$, portanto $\alpha = 0,0016$). A fim de testar se existia ou não diferença na alometria dos indivíduos entre as fisionomias foram realizadas análises de covariância (ANCOVA) entre os logaritmos da altura e área basal e entre os logaritmos da altura e área de copa, utilizando o programa R 2.7.1 (R Development Core Team 2008). A ANCOVA teve por objetivo testar se as relações entre as variáveis bióticas eram representadas pela mesma reta para todos os ambientes ou se havia mais de uma reta. Para tanto foram comparados os modelos lineares com a função anova, e partir deles era possível verificar se as inclinações e interceptos eram iguais ou não. Quando as retas apresentam coeficiente angular (inclinação) próximos a um, a relação era denominada isométrica, quando o coeficiente angular era menor que um, era denominada hipoalométrica e quando foi maior que um a relação foi denominada de hiperalométrica.

RESULTADOS

O PTS foi menor para os indivíduos da restinga arbustiva e não diferiu entre os da floresta baixa e alta (Figura 1A). A área basal, área da copa e altura do fuste das plantas da restinga arbustiva e floresta baixa foram menores em relação à floresta alta (Figura 1B, C e E, respectivamente). A altura dos indivíduos da floresta alta foi maior do que os encontrados na restinga arbustiva (Figura 1D). O número de troncos dos indivíduos da restinga arbustiva foi maior em relação à floresta arbórea alta (Figura 1F). As plantas da floresta baixa não diferiram significativamente das outras fisionomias na altura e número de troncos (Figura 1D e F). Todas as diferenças significativas estão relacionadas à $p < 0,0016$.

A relação entre área basal e a altura foi hipoalométrica nas três fisionomias, o que implica

que o investimento em área basal é muito grande para o crescimento em altura (Tabela 1; Figura 2). Embora estejam apresentadas três retas (Tabela 1), as inclinações das retas não diferiram entre as fisionomias ($F = 2,57$; g.l. = 84; $p = 0,088$), que indica que o padrão de crescimento da altura em função da área basal é igual em todas as fisionomias. Contudo, o intercepto das retas é diferente ($F = 59,521$; g.l. = 86; $p < 0,001$). Nesse caso indivíduos menores em altura podem investir menos em área basal para crescer e a altura estabilizará a partir de diferentes valores da área basal conforme a fisionomia. A relação entre área de copa e altura foi igual na restinga arbustiva e floresta alta ($F = 1,9559$; g.l. = 1; $p = 0,168$) e isométrica, o que implica que a área da copa varia proporcionalmente com a altura (Tabela 2; Figura 3). Para as plantas da floresta baixa a relação foi hiperalométrica resultando em um forte crescimento exponencial da área da copa em função da altura (Tabela 2; Figura 3).

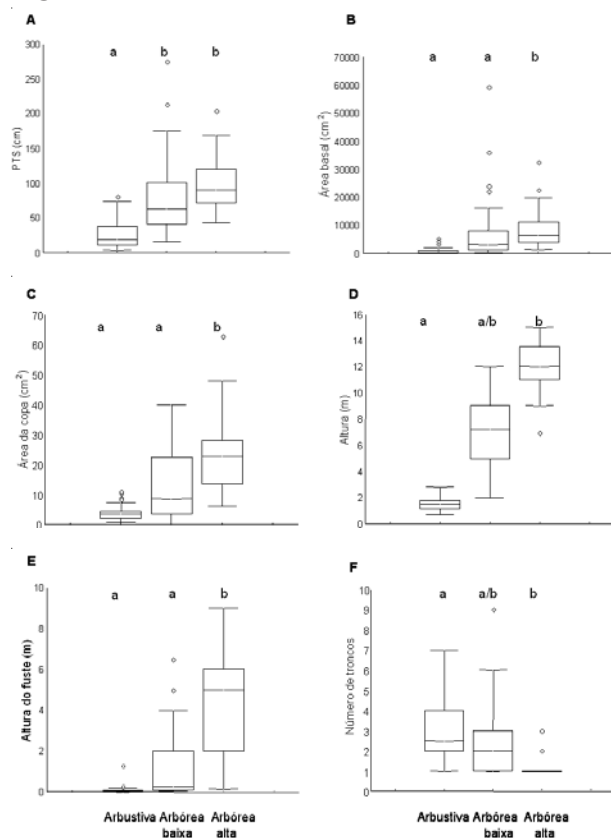


Figura 1. Distribuição dos valores obtidos para seis variáveis de tamanho de *Psidium cattleianum* entre três fisionomias da vegetação de restinga da Ilha do Cardoso. (A) Perímetro a 30 cm do solo (PTS); (B) Área basal; (C) Área de copa; (D) Altura; (E) Altura do fuste; (F) Números de troncos. As linhas horizontais representam as medianas; os retângulos representam os quartis; as linhas verticais representam os valores máximo e mínimo; e os círculos representam valores discrepantes. Letras diferentes indicam diferenças significativas conforme obtido a partir das aleatorizações.

Tabela 1. Parâmetros da relação entre log da área basal e log da altura para *Psidium cattleianum* em diferentes fisionomias na Ilha do Cardoso.

| Fisionomias | Intercepto | Coefficiente angular (IC 95%) | R ² | Relação |
|---------------|------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| Arbustiva | -0,387 | 0,260 (0,19;0,33) | 0,648 | hipoalométrica |
| Arbórea baixa | -0,186 | 0,313 (0,22;0,40) | 0,62 | hipoalométrica |
| Arbórea alta | 0,476 | 0,158 (0,08;0,23) | 0,395 | hipoalométrica |

Tabela 2. Parâmetros da relação entre log da área de copa e log da altura para *Psidium cattleianum* em diferentes fisionomias na Ilha do Cardoso.

| Fisionomias | Intercepto | Coefficiente angular (IC 95%) | R ² | Relação |
|--------------------------|------------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| Arbustiva e Arbórea alta | 0,3406 | 0,91454 (0,79;-1,04) | 0,7817 | isométrica |
| Arbórea baixa | -2,0566 | 3,398 (2,5;4,31) | 0,6616 | hiperalométrica |

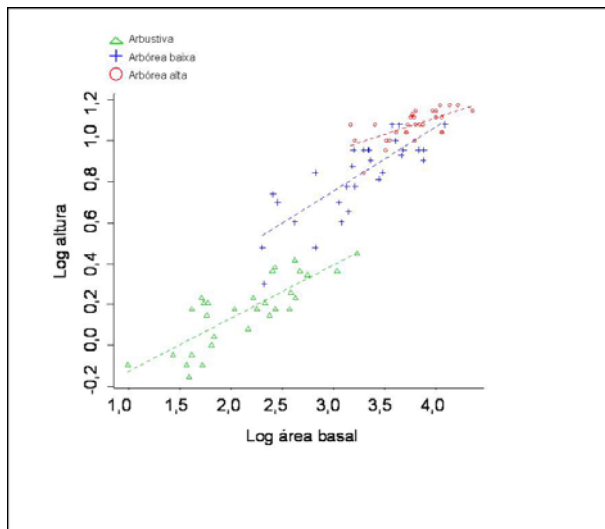


Figura 2. Relação da altura em função da área basal dos indivíduos de *Psidium cattleianum* para as diferentes fisionomias da vegetação de restinga da Ilha do Cardoso.

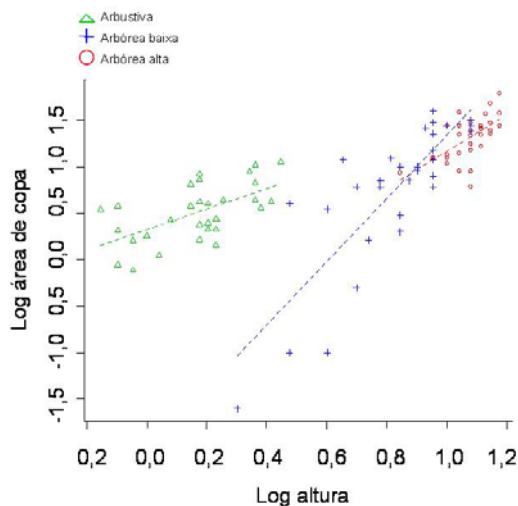


Figura 3. Relação da área da copa em função da altura dos indivíduos de *Psidium cattleianum* para as diferentes fisionomias da vegetação de restinga da Ilha do Cardoso.

DISCUSSÃO

O padrão de investimento no crescimento em altura em função da área basal dos indivíduos de *P. cattleianum* não difere entre as fisionomias. Os

indivíduos alocam a biomassa continuamente em área basal, mas limitam a altura investindo na sustentação. Portanto, os indivíduos menores crescem mais rápido em altura enquanto os maiores investem mais na sustentação, independente da fisionomia. A previsão de que indivíduos das áreas mais abertas apresentariam área basal proporcionalmente maiores não foi encontrada, visto que o padrão é o mesmo para todas as fisionomias.

As plantas da restinga arbustiva e arbórea alta alocam biomassa na copa na mesma proporção independente da altura da planta, enquanto na arbórea baixa a copa aumenta exponencialmente em relação à altura. Fontes (1999) sugere que o alto investimento na formação de grandes copas reflete uma estratégia de ocupação horizontal do espaço ao invés de ocupação vertical, que seria esperado na floresta de grande porte, onde o dossel é mais fechado e há competição por luz.

Esse resultado corrobora a hipótese de que indivíduos da mesma espécie podem apresentar diferentes relações alométricas ao longo de um gradiente ambiental. Contudo, a previsão de que indivíduos na vegetação mais aberta iriam apresentar copas proporcionalmente maiores também não foi corroborada, visto que eles apresentam relação isométrica, isto é, a área de copa é proporcional à altura dos indivíduos e essa relação não difere da encontrada na floresta de maior porte.

As relações alométricas encontradas para os araçás ao longo do gradiente da vegetação de restinga apontam que a continuidade do dossel pode não ser o único fator condicionante da alometria, pois se assim fosse, seria esperado que as copas e área basal das árvores da restinga arbustiva fossem proporcionalmente maiores, o que não acontece. Possivelmente a disponibilidade de nutrientes pode ser um fator limitante para *P. cattleianum*, principalmente na restinga arbustiva, visto que esses indivíduos são menores em tamanho em relação às outras fisionomias. O tamanho dos indivíduos da restinga arbustiva pode indicar que a escassez de nutriente no ambiente os leva a não investir no aumento de copa independente da altura, o que possibilitaria uma alocação maior de recursos para a reprodução (Crawley 1986). Por outro lado, a necessidade de crescimento vertical na floresta acarreta em alto custo de tecido de sustentação relativo ao incremento em área basal.

A alocação desproporcional de biomassa nas copas dos indivíduos encontrada na vegetação arbórea baixa sugere que essas plantas estão em um

ambiente mais favorável para o crescimento. Deste modo, eles podem investir na expansão de suas copas, o que traz benefícios associados, como aumento da capacidade fotossintética e talvez da capacidade reprodutiva. Possivelmente, isso se deve à maior disponibilidade de nutrientes na arbórea baixa em relação à restinga arbustiva e pelo fato da competição por espaço ser menor devido à menor compactação do dossel que é o oposto ao que ocorre na arbórea alta. Assim, a alometria encontrada nos indivíduos da arbórea baixa pode ser a esperada para arazás em condições favoráveis de crescimento, enquanto nos demais ambientes as plantas respondem aos efeitos de pressões ambientais que encontram. Por meio de experimentos que envolvam o transplante das plantas entre as fisionomias é possível responder se os arazás apresentam plasticidade fenotípica e alteram a alometria como estratégia para sobrevivência em um ambiente menos favorável ou se existe polimorfismo na espécie, de modo que os indivíduos são geneticamente diferentes entre as fisionomias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Selmo Bernardo pela ajuda indispensável no trabalho de campo. À Camila Castanho pela ajuda com a bibliografia, ao Alexandre Adalardo pelas dicas no relatório, a Adriana Martini e Paulo Inácio Prado pela ajuda nas análises e discussões imprescindíveis durante a madrugada. Ao Paulo Ilha pelo pensamento positivo durante a aleatorização dos dados. À galera do curso, pelas bobearias e pelas conversas profundas após o uso coletivo da areia de suflair. E ao Mixú, por tudo.

REFERÊNCIAS

- Añorve M.Y.A., Souza C.R., Pereira, C.R., Coelho C.P. & Andrade M.A.R. 2002. *Relações alométricas em árvores de mata ciliar e capões*. Ecologia do Pantanal: curso de campo. Editora UFMS, Campo Grande.
- Barros F., Melo M.M.R.F, Chiea S.A.C., Kirizawa M.Z., Wanderley M.G.L. & Jung-Mendaçolli S.L. 1991. *Flora fanerogâmica da Ilha do Cardoso: caracterização geral da vegetação e listagem das espécies ocorrentes*. Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. 184.
- Carter R.W.G 1993. *Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press Limited, San Diego.

- Casagrande Jr J.G, Voltolini J.A., Hoffmann A. & Fachinello J.C. 1996. Efeito de materiais orgânicos no crescimento de mudas de araçazeiro (*Psidium cattleyanum* Sabine). *Revista Brasileira de Agrociência* 3:187-191.
- Crawley M.J. 1986. *Plant ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Fontes M.A.L. 1999 Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. *Scientia Forestalis* 55:79-87.
- King, D.A. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology*, 12: 25-44.
- Marques O.A.V. & Duleba W. *Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Niklas K.J. 2004. Plant allometry: is there a grand unifying theory? *Biological Reviews* 79: 871–889.
- R Development Core Team 2008. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sposito T.C. & Santos F.A.M. 2001 Architectural patterns of eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *Flora* 196: 215-226.