



# A competição intraespecífica influencia o investimento em partes aéreas em plântulas de uma espécie arbórea de floresta de restinga

Vinícius Silva Reis

**RESUMO:** A forma como as plantas alocam os recursos disponíveis no ambiente é um fator chave para a sobrevivência nas fases iniciais de desenvolvimento. A competição pode exercer uma pressão sobre as plântulas de modo que elas desenvolvam estratégias que maximizem a obtenção de recursos. Testei se em ambientes de competição intraespecífica mais intensa, há maior alocação de recursos pelas plântulas em caule do que em área foliar. Coletei plântulas de *Calophyllum brasiliensis* que estavam isoladas e agregadas a co-específicos e medi a área foliar total e o comprimento do caule. A competição intraespecífica influenciou a alocação de biomassa entre caule e área foliar em plântulas, sendo que em ambientes de maior competição intraespecífica, as plântulas investem proporcionalmente em mais caule do que folhas ( $p=0,027$ ). A maior alocação de recursos em crescimento do caule desempenha um papel importante como estratégia para minimizar os efeitos da competição intraespecífica por luz em plântulas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alometria, alocação de biomassa, competição por luz, estabelecimento de plântulas, guanandi.

## INTRODUÇÃO

A forma como os organismos utilizam a energia obtida do ambiente é um fator chave para o sucesso em termos de sobrevivência, crescimento e reprodução (Lütge, 2008). As plantas alocam de diferentes formas os recursos entre as partes aérea e subterrânea ao longo do crescimento (Wiener, 2004). A alocação diferencial dos recursos pode ocasionar mudanças relativas nas dimensões das partes das plantas. As relações alométricas entre diferentes partes da planta podem indicar pressões relacionadas ao desenvolvimento da plântula (Turner, 2004). Um exemplo de tais pressões pode ser a competição intraespecífica.

A competição entre indivíduos da mesma espécie pode influenciar o crescimento das plantas, pois os indivíduos possuem requerimentos similares. A demanda conjunta por um mesmo recurso pode exceder a disponibilidade ambiental imediata desse recurso (Begon *et al.*, 2005). As plantas, ao longo do desenvolvimento, podem apresentar estratégias de alocação diferencial desses recursos nos diferentes órgãos o que pode levar a padrões de crescimento diferentes entre organismos com estratégias ecológicas similares.

Em um ambiente de floresta, onde o dossel sombreia o sub-bosque, a luz é um recurso limitado (Augsburger, 1984). Sob o ponto de vista da eficiência de captação de luz, a folha e o caule possuem papéis complementares. A folha é o principal órgão da realização da fotossíntese e o

crescimento do caule leva o conjunto de folhas a alturas que possibilitem maior absorção de luz (Raven, 2005). As plantas possuem a capacidade de aumentar a captura de luz investindo grande parte da biomassa em folhas (Poorter, 2005) ou ainda em crescimento primário do caule. No caso das plântulas, a reserva de nutrientes proveniente dos cotilédones da semente (Turner, 2004) pode auxiliar no investimento diferencial de biomassa em algum órgão específico.

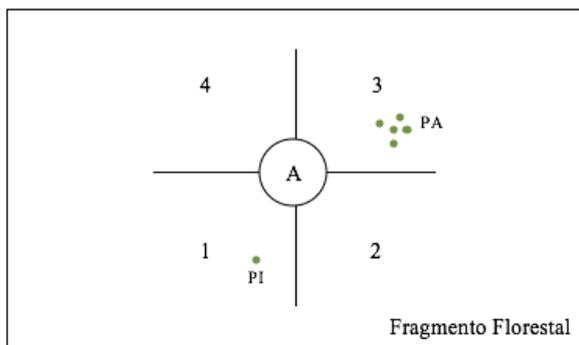
Plântulas de espécies arbóreas, ao se estabelecerem no sub-bosque da floresta passam a competir por luz e nutrientes e precisam desenvolver estratégias que maximizem a probabilidade de sobrevivência em um ambiente de alta competição. O guanandi, *Calophyllum brasiliensis* Cambess. (Calophyllaceae), é uma espécie arbórea de ampla distribuição, típica de ambientes úmidos e alagados. Os indivíduos adultos podem ser encontrados em grandes agrupamentos (Lorenzi, 1992). A semente de *C. brasiliensis* possui uma reserva nutritiva, o que garante um suprimento extra de recursos necessário ao desenvolvimento e sobrevivência em ambientes de alta competição. Meu objetivo foi analisar qual a relação entre a competição intraespecífica e a alocação de recursos em plântulas. Dado que a pressão de competição é maior entre indivíduos da mesma espécie, minha hipótese é que em ambientes de competição intraespecífica mais intensa, haverá maior alocação de recursos pelas

plântulas de *C. brasiliensis* em tecido do caule do que em área fotossintetizante (folhas).

## MATERIAL & MÉTODOS

### Coleta de dados

Coletei 40 plântulas de *Calophyllum brasiliensis* Cambess em dez fragmentos de Floresta Alta de Restinga no bairro Guaraú, cidade de Peruíbe, litoral sul de São Paulo (24°22'1.42"S, 47°0'32.46"O). Procurei por indivíduos adultos de *C. brasiliensis* e dividi a área ao redor em quatro quadrantes cuja borda era representada pela projeção da copa da árvore adulta no solo. Sorteie o quadrante inicial de busca pelas plântulas, quando não achei nenhuma plântula no primeiro quadrante, vasculhei os próximos quadrantes até achar uma plântula isolada (PI) e outra agregada (PA) com pelo menos um indivíduo da mesma espécie em um raio de vinte centímetros. Sorteie a plântula que eu coletei entre os indivíduos agregados (Figura 1). Padronizei a idade dos indivíduos observando a altura e coletando apenas aqueles que fossem de uma mesma coorte. Para cada plântula coletada, fotografei e medi a área das folhas no programa Image J® (Figura 2a) e medi o comprimento do caule (Figura 2b) com uma fita métrica a partir do início da gema apical até a base onde se inicia a raiz principal.



**Figura 1.** Esquema do método utilizado para a coleta das plântulas de *Calophyllum brasiliensis* Cambess. nos fragmentos florestais. **A** – Árvore adulta; **1, 2, 3 e 4** – Quadrantes ao redor da árvore adulta. Os limites dos quadrantes foram estabelecidos pela projeção da copa da árvore adulta no solo da floresta. **PI** – Plântula isolada, sem indivíduos da mesma espécie em um raio de vinte centímetros; **PA** – Plântulas agregadas, com indivíduos da mesma espécie em um raio de vinte centímetros.



**Figura 2.** **A** - Folhas de *Calophyllum brasiliensis* Cambess. sobre papel milimetrado para a medição da área no programa ImageJ®. **B** - Plântula de *C. brasiliensis* Cambess.

### Análise de dados

Calculei a razão entre o logaritmo da área foliar e o logaritmo do comprimento do caule de cada plântula como medida de proporcionalidade do investimento da plântula entre superfície fotossintética (folhas) ou tecido de sustentação (caule). A partir daqui chamarei essa razão de Índice de investimento. Utilizei a escala logarítmica para linearizar a relação entre os dados obtidos da área foliar, que são bidimensionais (cm<sup>2</sup>), e os de comprimento do caule, que são unidimensionais (cm).

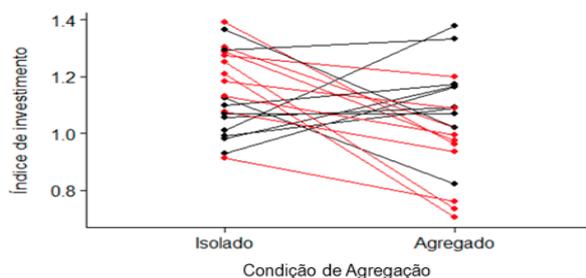
Valores do índice de investimento maiores que 1 representam maior investimento pela plântula em área foliar do que em tamanho do caule, já valores menores que 1, representam mais investimento em tamanho do caule do que em área foliar. Com isso, espero que plântulas que cresçam agregadas a outras plântulas da mesma espécie tenham menor índice de investimento, ou seja, proporcionalmente maior comprimento do caule do que área foliar, pois isso é um fator que aumenta o sucesso competitivo do indivíduo em um ambiente de forte competição intraespecífica.

Como as plântulas foram coletadas com base na relação com a mesma planta-mãe, realizei uma análise pareada na qual um par se constitui de uma plântula coletada isolada e outra coletada agregada a outras da mesma espécie. A estatística de interesse foi a média das diferenças do índice de

investimento de cada par. Para testar a significância do resultado obtido da estatística de interesse realizei um teste de permutação entre os índices de investimento dos pares de plântulas com 10.000 aleatorizações. A hipótese será corroborada se a probabilidade de os resultados serem encontrados ao acaso for menor que 5% ( $p < 0,05$ ). Todas as análises foram feitas em ambiente R versão 3.1.3 (R Core Team, 2015) usando os pacotes *Rsampling* e *shiny* (Prado *et al.*, 2016)

## RESULTADOS

A média da área foliar das plântulas isoladas foi de  $33,7 \pm 22,9 \text{ cm}^2$  ( $\pm$  desvio padrão) e das plântulas agregadas de  $50,5 \pm 27,4 \text{ cm}^2$  ( $\pm$  desvio padrão). O tamanho médio do caule em plântulas isoladas foi de  $27,4 \pm 4,8 \text{ cm}$  ( $\pm$  desvio padrão) e em plântulas agregadas de  $25,8 \pm 8,1 \text{ cm}$  ( $\pm$  desvio padrão). O índice de investimento em plântulas isoladas foi em média de  $1,1465 \pm 0,1452$  ( $\pm$  desvio padrão) e em plântulas agregadas foi de  $1,0335 \pm 0,1836$  ( $\pm$  desvio padrão). No grupo das plântulas isoladas o maior índice de investimento encontrado foi de 1,3902 e o menor de 0,9130, no grupo das plântulas agregadas, o maior índice de investimento encontrado foi de 1,379 e o menor de 0,7034. A média das diferenças entre os índices de investimento de cada par de plântulas foi de 0,113 ( $p = 0,027$ , Figura 3).



**Figura 3.** Índice de investimento dado como a razão entre o logaritmo da área foliar e o logaritmo do comprimento do caule em plântulas de *Calophyllum brasiliensis* isoladas e em plântulas agregadas a co-específicos. As linhas pretas indicam o aumento do índice de investimento das plântulas isoladas para as agregadas e as linhas vermelhas correspondem à previsão desse estudo e indicam a diminuição do índice de investimento dos indivíduos isolados para os agregados.

## DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostram que plântulas agregadas tiveram menor índice de investimento, ou seja, proporcionalmente mais comprimento de caule do que área foliar. A hipótese de que há maior investimento em tecidos de sustentação do que em tecidos fotossintetizantes em plântulas

em condições de maior pressão de competição intraespecífica foi corroborada. Isso significa que plântulas de espécies arbóreas que se estabelecem no sub-bosque e passam por privação de luz possuem estratégias diferentes para a maximização da captação de luz dependendo da pressão de competição intraespecífica.

A planta deve alocar biomassa em partes que proporcionem um aumento na capacidade de absorção do recurso que é mais limitante (Wiener, 2004). Dado que no sub-bosque a luz é um recurso limitante, plântulas que crescem agregadas passam por maior competição intraespecífica e há forte competição por luz. A competição por luz entre plântulas da mesma espécie faz com que os indivíduos passem a dar prioridade à alocação de biomassa no caule. O caule proporcionalmente maior leva a plântula a se sobrepor às outras da mesma coorte em termos de altura, o que confere uma vantagem competitiva por captação de luz. No caso de plântulas que crescem isoladas, a pressão da competição por luz é menos intensa, e a biomassa pode ser mais alocada na produção de superfície fotossintetizante, já que não há sombreamento por indivíduos da mesma espécie. As estratégias de alocação diferencial de recursos com consequências para o aumento da eficiência da captação de luz são importantes pois, a competição de plântulas da mesma espécie é um fator que pode aumentar o risco de mortalidade de um indivíduo (Moles & Westboy, 2007).

Outra consequência do adensamento das plântulas de mesma espécie além da competição é a maior probabilidade de ataque por patógenos do solo (Zanelato, 2012). Os micro-organismos causadores de doenças em plantas são em sua maioria hospedeiro-específicos e se acumulam próximos a indivíduos adultos, onde também podem se adensar as plântulas (Janzen, 1970; Connell, 1971). Uma das causas de mortalidade em plântulas e o ataque por fungos e patógenos em ambientes de pouca luminosidade como o sub-bosque de florestas tropicais (Moles & Westboy, 2004). Como o aumento da densidade de plântulas da mesma espécie aumenta o risco de infecção por patógenos, um caule proporcionalmente maior pode fazer com que a planta fique mais distante do solo e de outros co-específicos que poderiam estar infectados com algum patógeno, além de ter mais acesso à luz em relação aos co-específicos vizinhos.

A competição intraespecífica em plântulas adensadas pode influenciar o investimento de biomassa nas partes aéreas em plântulas de espécies arbóreas. Outros processos podem estar ligados ao crescimento das partes aéreas em plântulas em

locais com alta competição intraespecífica, como a proteção contra o ataque de patógenos. Estudos futuros podem investigar melhor sobre qual a relação entre o investimento de biomassa em tecidos de sustentação e a probabilidade de infecção por doenças em plântulas. A hipótese seria de que o investimento em tamanho do caule proporciona uma menor probabilidade de infecção por patógenos do solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Marcelo por ter me aceitado como parceiro nessa pesquisa e pela ajuda nas coletas. A todos os monitores, em especial a Leticia, Diana, Paula “Puh” e Adrian pela ajuda com o “R”, com a coleta e análise de dados e pelas palavras de estímulo. A todos os professores, em especial ao Glauco, Billy, Paulo Inácio e Adriana, pelas discussões na “Sala de Justiça” e pelo apoio nas horas de decepção com os projetos que não deram certo. Aos companheiros com os quais compartilhei grandes momentos nos projetos orientados, pelas discussões e trabalho em grupo.

## REFERÊNCIAS

- Augspurger, C. K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology*, 72: 777-795.
- Begon, M.; C. R. Townsend & J. L. Harper. 2005. *Ecology – From individual to ecosystems*. Ed. Blackwell Publishing, Oxford.
- Chang, W.; J. Cheng; J.J. Allaire; X. Yihui & McPherson. 2016. Shiny: Web Application Framework for R. R package version 0.13.2. <http://CRAN.R-project.org/package=shiny>
- Connell, J.H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. Em: Boer, P.J. & G. R. Gradwell (Eds.). *Dynamics of numbers in populations*. Wageningen: Center for Agricultural Publishing and Documentation.
- Gedroc J.J.; K.D.M. McConnaughay & J.S. Coleman. 1996. Plasticity in root/shoot partitioning: optimal, ontogenetic, or both? *Functional Ecology* 10: 44–50.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104(940): 501-528.
- Lorenzi, H. 1992. *Árvores Brasileiras*. Editora Plantarum, Nova Odessa.
- Lütge, U. 2008. *Physiological ecology of tropical plants*. Springer Verlag, Berlin.
- Moles, A.T. & M. Westoby. 2004. What do seedlings die from and what are the implications for evolution of seed size? *Oikos*, 106:193-199.
- Oliveira-Filho, A. T. & J.A. Ratter. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinburg Journal of Botany* 52:141-194.
- Poorter, L. 2005. Resource capture and use by tropical forest tree seedlings. pp. 35-64 Em: *Ecological interactions in the tropics* (Burslen, D., M. Pinard, S. Hartley, eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- Prado, P.; A. Shallon & A. Oliveira. 2016. Rsampling: ports the workflow of “Resamplingstats” add-in to R. R package version 0.1.1.
- R Core Team, 2015. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Turner, I. M. 2004. *The ecology of trees in the tropical rainforest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zanelato, D. 2012. Comunidades arbóreas em florestas de restinga: o papel das demandas conflitantes e dos inimigos naturais no nicho de regeneração. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – Departamento de Ecologia, São Paulo. 137 pp.
- Wiener, J. 2004. Allocation, plasticity and allometry in plants. *Perspectives in plant ecology evolution and systematics*, 6:207-215.
- Weiner J. & L. Fishman. 1994. Competition and allometry in *Kochia scoparia*. *Annals of Botany*, 73: 263–271.