



Alocação de recursos para estruturas reprodutivas em *Pothomorphe umbellata* (Piperaceae)

Carolina de Almeida Caetano, Irina Birskis Barros, Janiele Pereira da Silva & Paula Elias Moraes

RESUMO: A alocação de recursos provenientes de órgãos fonte para estruturas reprodutivas é importante para o sucesso reprodutivo dos vegetais. *Pothomorphe umbellata* possui folhas largas e infrutescências associadas ao pecíolo de cada folha, sugerindo que a folha adjacente pode alocar recursos gerados pela fotossíntese preferencialmente à sua infrutescência. Testamos duas hipóteses: (i) o investimento reprodutivo nas infrutescências é proporcional ao tamanho da folha adjacente e (ii) no nível do indivíduo, o investimento reprodutivo nas infrutescências é proporcional ao tamanho das folhas. Calculamos a área foliar e a massa de infrutescência para cada indivíduo amostrado. Tanto a área de cada folha quanto a área foliar estão positivamente relacionadas à massa das infrutescências. Concluímos que uma maior superfície foliar permite uma maior alocação de recursos para estruturas reprodutivas e que isso ocorre tanto pela folha adjacente à infrutescência quanto pelo conjunto de folhas do indivíduo.

PALAVRAS-CHAVE: fotossíntese, infrutescência, pioneira, sistema reprodutivo, superfície foliar.

INTRODUÇÃO

O crescimento dos vegetais está diretamente relacionado à produção de compostos orgânicos gerados pela fotossíntese, a partir da absorção de água, sais minerais, gás carbônico e energia luminosa (Levin, 2009). As folhas são os principais órgãos fotossintetizantes, pois possuem grande quantidade de cloroplastos, que são estruturas onde a energia luminosa é combinada com gás carbônico e água, resultando na produção de açúcares essenciais para o fornecimento de energia para a planta (Crawley, 1986). Os recursos obtidos pela planta podem ser alocados de diferentes órgãos fonte para regiões que funcionam como dreno, permitindo o crescimento, a defesa e a reprodução das plantas (Marshall & Watson, 1992).

O desenvolvimento de estruturas reprodutivas como sementes e frutos é importante para o sucesso reprodutivo em vegetais e demanda alto custo energético (Reekie & Bazzaz, 2005). A manutenção das flores, assim como a produção de atrativos (e.g., pétalas e compostos voláteis) e recompensas (e.g., pólen, néctar e frutos) aos polinizadores e dispersores de sementes, requerem uma grande quantidade de recursos para o sucesso reprodutivo de alguns vegetais (Levin, 2009). Logo, a alocação de recursos provenientes de órgãos fonte (e.g. raízes e folhas) para estruturas que funcionam como dreno desses recursos (e.g. flores e frutos) pode ser entendida como um investimento da planta na reprodução (Reekie & Bazzaz, 2005).

Pothomorphe umbellata (Piperaceae), popularmente conhecida como pariparoba, é uma planta pioneira, arbustiva, comumente encontrada em bordas e clareiras da Mata Atlântica (Souza & Lourenzi, 2005). Em indivíduos dessa espécie, o local de inserção das infrutescências

corresponde ao mesmo local de inserção do pecíolo das folhas ao caule (Souza & Lorenzi, 2005; Figura 1). Nesse sentido, cada unidade folha-infrutescência representa um módulo do indivíduo e a localização das infrutescências entre o caule e o pecíolo sugere que a folha adjacente está servindo preferencialmente àquela infrutescência com a alocação dos recursos gerados pela fotossíntese. Além disso, em *P. umbellata*, existem muitas folhas que não possuem infrutescências, mas que também devem contribuir para uma alocação de recursos para as estruturas reprodutivas não adjacentes ao ramo. Assim, *P. umbellata* é um bom modelo de estudo para avaliar como ocorre a alocação de recursos às estruturas reprodutivas da planta.



Figura 1. Indivíduo adulto de *Pothomorphe umbellata* em (a), seguido pela disposição da inserção do pecíolo e da infrutescência ao caule em (b). Note que tanto o pecíolo quanto a infrutescência possuem o mesmo ponto de conexão com o caule do indivíduo adulto.

O objetivo desse estudo foi investigar qual a fonte do recurso alocado para a produção de estruturas reprodutivas em *P. umbellata*. Considerando que o gasto energético para a produção de frutos é alto e que as folhas fornecem energia para a planta por meio da fotossíntese, testamos duas hipóteses: (i) dentro de um módulo, o investimento

reprodutivo nas infrutescências é proporcional ao tamanho da folha adjacente e (ii) no nível do indivíduo, o investimento reprodutivo nas infrutescências é proporcional ao tamanho de todas as folhas combinadas.

MATERIAL & MÉTODOS

COLETA DE DADOS

Realizamos o estudo em uma área de Mata Atlântica na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una, no município de Peruíbe, estado de São Paulo. Coletamos indivíduos de *P. umbellata* ao longo de 1,5 km da estrada de acesso à praia do Una, apenas na borda da estrada. Para padronizar as condições de luminosidade às quais cada indivíduo estava exposto, dividimos uma folha transparente de tamanho A4 em 16 quadrículas de mesma área e observamos a quantidade de quadrículas com cobertura vegetal acima do indivíduo de interesse. Se essa cobertura correspondesse a uma área maior de 50% das quadrículas, o indivíduo não era coletado. Além disso, indivíduos sem infrutescência ou que tivessem alguma infrutescência sem a estrutura foliar adjacente não eram coletados. Em laboratório, tiramos fotos de todas as folhas e, no programa ImageJ, calculamos as áreas foliares, descontando as regiões que foram consumidas por herbívoros. Pesamos a infrutescência de cada folha em uma balança eletrônica com aferência de 0,01 g.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Analisamos os dados por modelo de regressão linear da massa de infrutescência em função do log da área foliar (módulo do indivíduo) e da massa total de infrutescências em função do log da área foliar total (indivíduo como um todo). Transformamos as variáveis área foliar e área foliar total em escala logarítmica a fim de reduzir a dispersão da distribuição dos dados. A primeira hipótese nula era que, com o aumento da área foliar, não haveria um aumento da massa da infrutescência correspondente. A segunda hipótese nula era que, com o aumento da área foliar total, não haveria um aumento da massa total de infrutescências no indivíduo. Para ambos os casos, a estatística de interesse foi a inclinação da reta da regressão linear.

Para testarmos a nossa primeira hipótese nula, realizamos 1.000 permutações aleatorizando os valores da área foliar entre as folhas de cada indivíduo e recalculamos a estatística de interesse. Permutamos os valores de área foliar dentro de cada indivíduo, a fim de manter os dados biológicos referentes à estrutura da população amostrada. Posteriormente, realizamos um teste de significância para comparar os valores gerados pelo cenário nulo que foram maiores ou iguais ao valor observado ($p < 0,05$).

Para testarmos a nossa segunda hipótese nula, realizamos 1.000 permutações aleatorizando os valores de área foliar total entre os indivíduos e recalculamos a estatística de

interesse. Posteriormente, realizamos um teste de significância para comparar os valores gerados pelo cenário nulo que foram maiores ou iguais ao valor observado ($p < 0,05$). Realizamos o modelo de regressão linear e a análise de significância das duas hipóteses testadas no ambiente de programação R 3.1.3 (R Development Core Team, 2015).

RESULTADOS

No total, coletamos 16 indivíduos de *P. umbellata*. A média \pm DP da área foliar e a média da massa da infrutescência de todos os indivíduos foi de $3.661,56 \pm 2.074,44 \text{ cm}^2$ e $8,22 \pm 8,78 \text{ g}$, respectivamente. Conforme o esperado, a massa de infrutescência aumenta com o aumento da área foliar ($p = 0,027$; Figura 2a) e a massa total de infrutescências também aumenta com o aumento da área foliar total ($p < 0,001$; Figura 2b).

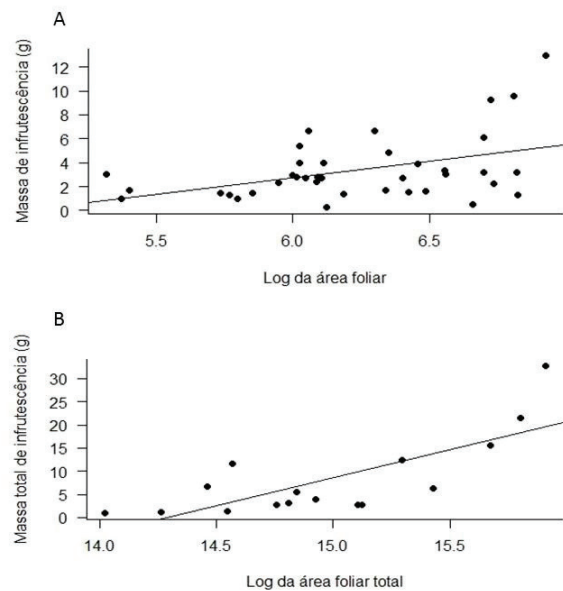


Figura 2. Os gráficos representam as curvas previstas pelo modelo de regressão linear, sendo (a) a massa de infrutescência em função do log da área foliar de *Pothomorphe umbellata* dentro de cada indivíduo (coeficiente angular = 2,79; $R^2 = 0,17$) e (b) a massa total de infrutescência em função do log da área foliar total por indivíduo (coeficiente angular = 12,12; $R^2 = 0,54$).

DISCUSSÃO

Nossa primeira hipótese, de que dentro de um módulo, a alocação de recursos para a produção de infrutescência é proporcional ao tamanho da folha adjacente, foi corroborada. Nossa segunda hipótese, de que o investimento reprodutivo é proporcional ao tamanho da superfície foliar do indivíduo, também foi corroborada. Dessa maneira, vimos que, em *P. umbellata*, a alocação do recurso utilizado para a produção de estruturas reprodutivas está diretamente relacionado à superfície foliar.

Nossos resultados mostram que, em *P. umbellata*, há alocação de recursos direcional dentro do módulo. A folha adjacente à estrutura reprodutiva é responsável por grande

parte dos recursos destinados à reprodução. Adicionalmente, as folhas que não apresentam uma infrutescência adjacente provavelmente reforçam o investimento reprodutivo em todo o indivíduo. O alto custo para produção de estruturas reprodutivas (Levin, 2009) pode ser uma explicação para a alocação de recursos não ser um fenômeno apenas local, mas sim uma contribuição de todo indivíduo. Por isso, vemos um aumento da relação entre a estrutura foliar e a estrutura reprodutiva de um módulo da planta para o indivíduo todo (Figura 1). Outras estruturas também podem servir como fonte de recursos para a produção de estruturas reprodutivas, como raízes e outros órgãos fotossintetizantes, como caule e frutos (Crowley, 1986; Reekie & Bazzaz, 2005). Em *P. umbellata*, vemos que a infrutescência e o caule apresentam coloração verde, sugerindo que também são fotossinteticamente ativos e, possivelmente, contribuem para o investimento reprodutivo do indivíduo como um todo.

A espécie *P. umbellata* é considerada uma espécie pioneira (Souza & Lorenzi, 2005) e, portanto, tem um curto ciclo de vida, investindo mais na quantidade de frutos do que na qualidade destes frutos (Begon et al., 2006). Dessa maneira, plantas pioneiras necessitam de um investimento rápido para a produção de estruturas reprodutivas, fazendo com que o recurso seja alocado tanto dentro dos módulos quanto no nível do indivíduo como um todo. Portanto, a alocação pelo módulo, reforçada pela alocação de todo o indivíduo, pode ser uma estratégia que favoreça *P. umbellata* como espécie pioneira.

Concluímos que uma maior superfície foliar permite uma maior alocação de recursos para estruturas reprodutivas em *P. umbellata* e que isso ocorre pela folha adjacente à infrutescência e é reforçado pelo indivíduo como um todo. Futuros estudos poderiam investigar a alocação de recursos para estruturas reprodutivas em outras espécies pioneiras e também em outras espécies modulares, contribuindo para o entendimento das estratégias reprodutivas em diferentes plantas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Gallo pela orientação, ao Ogro, Bilau e Pinguim pela ajuda no R, ao Glauco, Laura e Billy pelas críticas e sugestões e ao Lucas Unifesp pela ajuda no ImageJ. Agradecemos também aos monitores, professores e colegas do curso.

REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Scientific Publishing, Malden.
- Crawley, M.J. 1986. Plant ecology. Blackwell Scientific Publication, Malden.

- Levin, S.A. 2009. The Princeton guide to ecology. Princeton University Press, New Jersey.
- Luttge, U. 1997. Physiological ecology of tropical plants. Springer, Berlin.
- Marshall, C. & M.A. Watson. 1992. Ecological and physiological aspects of reproductive allocation. Em: Fruit and seed production: Aspects of development, environmental physiology and ecology (C. Marshall & J. Grace, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reekie, E. & F. Bazzaz. 2005. Reproductive allocation in plants. Elsevier, San Diego.
- Souza, V.C. & H. Lorenzi. 2005. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum, Nova Odessa.

Orientação: Antonio Carlos Gallo