



PLASTICIDADE FENOTÍPICA FISIOLÓGICA EM *HIBISCUS PERNAMBUCENSIS* (MALVACEAE)

Alessandra S. Lima, Hamanda B. Cavalheri, Thais K. Martins, Thiago B. Vieira & Mathias M. Pires

INTRODUÇÃO

Plasticidade fenotípica é a capacidade de um genótipo de manifestar fenótipos distintos em resposta a um estímulo do ambiente (Briggs & Walters, 1997). Em plantas, por exemplo, a luminosidade do habitat pode promover alterações fenotípicas tanto na morfologia quanto na fisiologia dos indivíduos (Gill, 1989; Lüttge, 1997; Larcher, 2006). Indivíduos de espécies típicas de ambientes iluminados, crescendo sob condições de sombreamento, produzem folhas maiores e menos espessas do que indivíduos crescendo sob condições de alta luminosidade (Crawley, 1989; Larcher, 2006). Além disso, espera-se que indivíduos crescendo sob condições de sombreamento sejam capazes de atingir o ponto de compensação fótica (i.e., a equivalência entre as taxas de respiração e de fotossíntese) em situação de menor intensidade luminosa do que indivíduos crescendo sob condições de alta luminosidade (Mooney, 1989; Lüttge, 1997; Larcher, 2006). O conjunto de características relacionadas a uma condição de luminosidade é denominado de síndrome de alta ou baixa luminosidade (Lüttge, 1997).

Hibiscus pernambucensis (Malvaceae) é uma planta típica de ambientes costeiros que forma grandes moitas ramificadas. As moitas podem se estender desde a faixa de plantas rasteiras até o interior da floresta de restinga, onde o dossel limita bastante a passagem de luz (Souza & Capellari Jr., 2004). Um estudo no litoral sul de São Paulo, mostrou que indivíduos de *H. pernambucensis* possuem uma evidente plasticidade fenotípica em relação à morfologia foliar (Mendonça *et al.*, 2009). As folhas de indivíduos que crescem sob condições de alta luminosidade têm menor área e maior espessura que as folhas de indivíduos que crescem sob condição de sombreamento (Mendonça *et al.*, 2009). Assim como outras espécies de plantas (Briggs & Walters, 1997), é possível que a plasticidade morfológica das folhas de *H. pernambucensis* seja acompanhada também por uma plasticidade fisiológica.

O objetivo deste estudo foi testar duas hipóteses mutuamente excludentes referentes à existência

de plasticidade fenotípica fisiológica em *H. pernambucensis*. A primeira hipótese postula que folhas com síndrome de alta luminosidade, sob condição de sombreamento, não atingem ou ultrapassam seu ponto de compensação fótica (PCF). A previsão relacionada a essa hipótese é que, sob condição de sombreamento, folhas com síndrome de alta luminosidade terão consumo líquido de dióxido de carbono negativo. A segunda hipótese postula que folhas com síndrome de alta luminosidade, sob condição de sombreamento, ultrapassam o PCF, porém têm menor eficiência fotossintética que as folhas com síndrome de baixa luminosidade. Relacionada a essa segunda hipótese, nossa previsão é que, sob condição de sombreamento, o consumo líquido de dióxido de carbono será menor em folhas com síndrome de alta luminosidade do que em folhas com síndrome de baixa luminosidade.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudo

Realizamos o estudo na praia do Arpoador, localizada na Estação Ecológica da Júreia-Itatins (24°32'S; 47°15'W), no litoral sul do estado de São Paulo. Predomina na área um gradiente de fisionomias de restinga que abrange desde vegetação rasteira de dunas próxima ao mar, com predominância de espécies herbáceas, até vegetação arbórea mais densa (restinga alta) próxima da serra. A área de estudo corresponde à mesma área onde foi previamente descrita plasticidade fenotípica na morfologia foliar de *H. pernambucensis* (Mendonça *et al.*, 2009). Portanto, há no local indivíduos que possuem tanto a síndrome de baixa quanto de alta luminosidade.

Coleta de material

Para realizar o experimento, definimos sete pontos de coleta e, em cada um deles, coletamos dois ramos de indivíduos diferentes de *H. pernambucensis*: um ramo com síndrome de baixa

luminosidade e um ramo com síndrome de alta luminosidade. Para evitar a dependência entre os pontos de coleta, espaçamos os pontos de coleta por 50 m. Utilizamos apenas uma folha íntegra de cada ramo, selecionada por meio de sorteio. Recortamos de cada folha um fragmento (6,0 × 1,5 cm) que foi usado no experimento.

Quantificação do balanço fotossíntese/ respiração

Para avaliar o balanço entre fotossíntese e respiração, colocamos os fragmentos foliares de igual tamanho em ambiente fechado (tubos de ensaio) e medimos a concentração de dióxido de carbono (CO₂) no interior do tubo após duas horas. Para isso, colocamos em cada tubo 5 ml da solução indicadora de pH vermelho de cresol (*o*-cresolsulfoneftaleína). Balanço positivo implica em aquisição de CO₂ pelas folhas, o que aumenta o pH do meio (cor amarela), ao passo que balanço negativo implica liberação de CO₂ pelas folhas, diminuído o pH do meio (cor vermelha).

Delineamento experimental

Para testar a hipótese de que folhas com síndrome de alta luminosidade, sob condição de sombreamento, não atingem ou ultrapassam seu PCF, definimos, em cada ponto de coleta, uma área sombreada onde realizamos o experimento. Posicionamos os tubos no solo apoiados sobre um suporte para mantê-los inclinados em relação ao plano do solo e assim evitar o contato da folha com a solução indicadora. Todos os tubos foram posicionados de forma a manter os fragmentos foliares com a região adaxial voltada para cima. Em cada um dos sete pontos, colocamos um tubo contendo o fragmento de folha com síndrome de alta luminosidade, um tubo com fragmento de folha com síndrome de baixa luminosidade e um tubo contendo somente a solução indicadora (controle). Em seguida, comparamos a coloração dos dois tubos com o controle. Coloração mais avermelhada que o controle indica balanço positivo (acima do PCF) e coloração mais amarelada, balanço negativo (abaixo do PCF).

Para testar a hipótese relacionada à eficiência fotossintética, utilizamos o mesmo experimento. No entanto, comparamos em cada ponto a coloração dos dois tubos que continham fragmentos com síndromes diferentes. Os tubos nos quais a tonalidade de vermelho era mais intensa indicavam maior eficiência fotossintética. Usamos uma variável binária para padronizar a resposta dos pares de ramos. Para cada par de folhas com síndromes diferentes o tipo de folha com maior

eficiência recebeu valor 1 e o tipo de folha com menor eficiência recebeu valor 0. Contamos para cada tipo de folha o número de réplicas com maior eficiência fotossintética. A diferença entre as contagens foi usada como estatística de interesse. Em seguida, para obter a distribuição dessa estatística, sob a hipótese nula de não haver diferença em eficiência entre as folhas com as duas síndromes, usamos um procedimento de permutação ao acaso entre pares ($n = 10.000$ simulações). Devido ao baixo número de réplicas, estabelecemos o valor crítico de probabilidade de erro do tipo I como 10%.

RESULTADOS

Tanto as folhas com síndrome de alta luminosidade como as folhas com síndrome de baixa luminosidade estiveram sempre acima do PCF quando submetidas à condição de sombreamento. Isso indica que folhas com ambas as síndromes tiveram um balanço positivo entre fotossíntese e respiração.

Quanto à eficiência fotossintética, em quatro das sete réplicas (57%) a eficiência foi menor em folhas com síndrome de alta luminosidade do que nas folhas com síndrome de baixa luminosidade ($p = 0,06$). Em nenhuma das réplicas, folhas com síndrome de alta luminosidade foram mais eficientes. Esses resultados corroboram a hipótese de que folhas com síndrome de alta luminosidade têm menor eficiência fotossintética que folhas com síndrome de baixa luminosidade.

DISCUSSÃO

Refutamos a hipótese de que folhas de *H. pernambucensis* com síndrome de alta luminosidade são incapazes de atingir ou ultrapassar o ponto de compensação fótica sob condição de sombreamento. No entanto, corroboramos a hipótese de que as folhas com síndrome de alta luminosidade têm menor eficiência fotossintética em ambientes sombreados do que folhas com síndrome de baixa luminosidade. Esses resultados indicam que há diferenças na eficiência do aparato fotossintético de folhas de *H. pernambucensis* com diferentes morfologias. Todavia, essas diferenças não são restritivas a ponto de impedir que folhas com síndrome de alta luminosidade tenham um balanço fotossintético positivo sob a condição de sombreamento que foi imposta no experimento. A capacidade de produzir ramos com distintas características sem que a capacidade fotossintética

das folhas fora de suas condições ideais seja reduzida pode ser uma estratégia importante para aumentar o desempenho dos indivíduos em ambientes onde as condições de luminosidade variam muito no tempo e espaço.

Os mecanismos relacionados ao aumento da eficiência fotossintética podem incluir desde um controle fino da abertura estomática, até o aumento da densidade de cloroplastos e síntese de enzimas relacionadas à fotossíntese (Lüttge, 1997). Um aparato fotossintético eficiente, capaz de aproveitar a pequena quantidade de luz que alcança um ambiente sombreado, é um investimento custoso para os indivíduos (Larcher, 2006). Em ambientes abertos, onde a luz não é um recurso limitante, os custos de um aparato fotossintético muito eficiente podem superar seus benefícios (Lüttge, 1997). Nessa situação, os recursos que seriam utilizados em um aparato enzimático muito eficiente podem ser realocados para outros processos vitais, tais como o crescimento de novos ramos ou do sistema radicular (Waller, 1986). No caso de *H. pernambucensis*, a plasticidade fenotípica fisiológica pode reduzir os custos de produção de folhas que crescem em ambiente iluminado, aumentar a capacidade fotossintética das folhas que crescem em ambiente sombreado.

A plasticidade fenotípica morfológica de *H. pernambucensis* pode se manifestar em um mesmo indivíduo que possua ramos em áreas iluminadas e sombreadas (*obs. pess.*). Portanto, a espécie pode ser um bom modelo para avaliar os efeitos da plasticidade fenotípica fisiológica para o desempenho dos indivíduos. Uma questão a ser investigada do ponto de vista ecofisiológico é a regulação da produção de ramos com as diferentes síndromes e fisiologia. Quantificar os custos e benefícios do investimento em diferentes aparatos fotossintéticos em diferentes folhas pode também ser um caminho para estudos que busquem entender a evolução dos mecanismos de plasticidade fenotípica fisiológica em plantas.

REFERÊNCIAS

- Briggs, D. & S.M. Walters. 1997. *Plant variation and evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Crawley, M.J. 1989. Life history and environment, pp. 345-374. Em: *Plant ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, London.
- Ehleringer, J.R. 1979. Photosynthesis and photorespiration: biochemistry, physiology, and ecological implications. *Hortscience*, 14:217–222.
- Gill, D.E. 1989. Individual plants as genetics mosaics: ecological organisms versus evolutionary individuals, pp. 321-343. Em: *Plant ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, London.
- Jones, H.G. 1992. *Plants and microclimate*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Larcher, W. 2006. *Ecofisiologia vegetal*. Editora RiMa, São Carlos.
- Lüttge, U. 1997. *Physiological ecology of tropical plants*. Springer-Verlag, Berlin.
- Mendonça, A.H.; R.C. Rodrigues; S. Cardoso-Silva; P.C. Lopes & S. Boff. 2009. Plasticidade fenotípica de área foliar em um arbusto na borda e no interior de uma mata de restinga. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"*. (G. Machado; P.I.K. Prado & A.A. Oliveira, eds.). USP, São Paulo.
- Mooney, H.A. 1989. Photosynthesis, pp. 345-373. Em: *Plant ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, London.
- Riddoch, I.; T. Lehto & J. Grace. 1991. Photosynthesis of tropical tree seedlings in relation to light and nutrient supply. *New Phytologist*, 119:137–147.
- Smith, B.S.; L.C. Harris; V.W. McCarlie; D.L. Stradling; T.T.J. Walker; S.J. Criddle & L.D.H. Time. 2001. Plant growth, respiration, and temperature, pp. 97-128. Em: *Hand book of plant and crop physiology* (J. Pessarakli, ed.). Marcel Dekker, New York.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 2004. *Fisiologia vegetal*. Editora Artmed, Porto Alegre.
- Townsend, C.R; M. Begon & J.L. Harper. 2010. *Fundamentos em ecologia*. Editora Artmed, Porto Alegre.
- Waller, D.M. 1989. The dynamics of growth and form, pp 291-320. Em: *Plant ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, London.

Orientação: Alexandre A. Oliveira & Leda Lorenzo