



Plasticidade na espessura entre folhas de sol e de sombra em árvores de borda

Juliana Lopes Vendrami

RESUMO: Bordas de florestas são ambientes de alta intensidade luminosa, podendo ser acentuados dependendo do tamanho da clareira. Para sobreviver nas bordas, as plantas devem apresentar estratégias que visem manter o balanço hídrico do indivíduo. Testei se folhas de sol diferem das de sombra em um mesmo indivíduo na borda de duas clareiras de diferentes tamanhos. Além disso, testei se havia diferenças entre ambas as clareiras. Quantifiquei a área e a espessura foliar de 20 árvores. Não observei diferenças nas áreas foliares entre folhas de sol e de sombra em nenhuma das clareiras. Encontrei maior espessura foliar nas folhas de sol nas duas clareiras, porém não encontrei diferenças entre as clareiras. O aumento da espessura em folhas expostas ao sol em condição de borda indica a existência de distintas estratégias em cada módulo da planta em resposta às pressões ambientais.

PALAVRAS-CHAVES: área foliar, clareira, floresta ombrófila, modularidade

INTRODUÇÃO

Bordas florestais, em geral, representam uma transição abrupta entre a floresta e a matriz circundante (Murcia, 1995). As bordas podem ser criadas por distúrbios antrópicos (desmatamento e fragmentação; Murcia, 1995) ou naturais (queda de árvores e/ou galhos; Clark, 1990). Os ambientes de borda estão expostos a condições microclimáticas distintas das do interior das florestas, como maior intensidade luminosa, redução da umidade do ar e do solo (Camargo & Kapos, 1995; Didham & Lawton, 1999). As alterações das condições abióticas podem ser mais acentuadas quanto maior for o tamanho das clareiras (Barton *et al.*, *apud* Lima, 2005), uma vez que em clareiras menores o sol só atinge o chão da floresta durante parte do dia. dessas condições abióticas podem impor limitações aos organismos sésseis presentes e demandam dos indivíduos diferentes estratégias ecológicas para conseguirem sobreviver (Murcia, 1995).

Nas bordas florestais, os organismos devem ter a capacidade de alocar os recursos de forma diferenciada de modo a maximizar a sua aptidão nesse ambiente (Begon *et al.*, 2006). Em plantas, as folhas são os órgãos que apresentam maior plasticidade e são os que mais respondem às condições ambientais (Smith *et al.*, 1997). Em situação de intensa radiação solar, as plantas podem, por exemplo, reduzir o tamanho de suas folhas concomitantemente com o aumento da sua espessura (James & Bell, 2001). Essa redução da superfície foliar diminui a perda de água pela planta, ao mesmo tempo em que uma maior espessura favorece um maior armazenamento de água, possibilitando

assim a manutenção do balanço hídrico da planta (James & Bell, 2001).

Dado que as plantas são organismos modulares (Gurevitch,), elas podem apresentar várias estratégias no mesmo indivíduo dependendo das condições ambientais a que cada módulo está sujeito. Dessa forma, o objetivo desse projeto foi investigar se em árvores localizadas na borda de clareiras existem diferenças entre as folhas maduras voltadas para o interior da floresta (correspondente a um ambiente sombreado) e as voltadas para o centro da clareira (correspondente a um ambiente exposto ao sol). Espero que as folhas de sol apresentem menor área e maior espessura foliar do que as folhas sombreadas. Além disso, avaliei se há diferenças entre as folhas de clareiras de bordas com tamanhos diferentes. Espero que as folhas das plantas da clareira de maior diâmetro apresentem menor área foliar e maior espessura do que as folhas de clareira de menor diâmetro.

MATERIAL & MÉTODOS

Realizei o presente estudo no Núcleo Arpoador da Estação Ecológica Juréia-Itatins (24°; 0'), no município de Peruíbe, estado de São Paulo. Nessa área selecionei duas clareiras. A primeira corresponde a uma clareira de origem antrópica de 50 anos com aproximadamente 90 m de diâmetro, onde se localiza o alojamento do núcleo (denominada de agora em diante de clareira maior). A segunda corresponde a uma clareira natural aberta na floresta adjacente ao alojamento, localizada a

aproximadamente 8 m do início da Trilha do Riacho (denominada de agora em diante de clareira menor), de aproximadamente 7 m de diâmetro. Em cada clareira, amostramos os 10 primeiros indivíduos arbóreos adultos (com diâmetro à altura do peito, DAP, superior a 13 cm) que satisfaziam o critério de possuir uma parte de sua copa sombreada por estar voltada para o interior da floresta (daqui em diante, as folhas coletadas dessa parte sombreada da copa serão denominadas de folhas de sombra) e uma parte exposta diretamente ao sol (daqui em diante, as folhas coletadas dessa parte sombreada da copa serão denominadas de folhas de sol).

Em cada indivíduo, selecionei oito ramos a uma altura de aproximadamente 3,5 m, sendo quatro voltados para a sombra e quatro voltados para o sol. De cada ramo, selecionei duas folhas que estavam na terceira e na sexta posição do ramo, contando a partir do ápice. No caso de plantas cujos ramos não apresentavam seis folhas, coletei 16 ramos, sendo oito voltados para a sombra e oito voltados para o sol. Selecionei uma folha da terceira posição de cada ramo. Calculei a área foliar com auxílio do programa ImageJ e a espessura foliar com paquímetro digital com precisão de duas casas decimais (mm).

Para testar as hipóteses de que há diferenças entre as folhas de sol e as folhas sombra, utilizei como estatística de interesse a média da diferença entre as folhas de sol e as folhas de sombra de cada indivíduo para as variáveis de área e espessura foliar. Simulei cenários nulos a partir de 10.000 permutações dos valores das variáveis mantendo a identidade dos indivíduos em cada clareira. Esse procedimento foi repetido para cada uma das variáveis separadamente.

Para testar a hipótese de que há diferença entre clareiras de tamanhos distintos para as três variáveis e para cada condição de folha (sol e sombra), utilizei como estatística de interesse a diferença das médias entre os indivíduos da clareira maior e da clareira menor. Simulei cenários nulos a partir de 10.000 permutações dos valores médios por indivíduos para cada variável.

Para calcular a probabilidade de cada variável ser encontrada ao acaso, dividi o número de valores da simulação maiores ou iguais ao do valor observado para a estatística de interesse pelo número de permutações. Apliquei a correção de Bonferroni para estabelecer o critério de significância por experimento e o dividi pelo número de testes aplicados para obter o critério de significância para cada teste individual (Gotelli & Ellison, 2004). E assim dividi a probabilidade de 0,05 por três (diferença

entre as folhas de sol e sombra dentro de um tipo de clareira e diferença entre os tipos de clareira com relação a cada tipo de folha), obtendo como critério de significância 0,016.

RESULTADOS

Não encontrei diferenças de área entre folhas de sol e de sombra em nenhum dos tipos de clareira (clareira maior: $p = 0,999$; clareira menor: $p = 0,099$; Figuras 1a, b). No entanto, encontrei espessuras maiores nas folhas de sol em comparação com as folhas de sombra em ambos os tipos de clareiras (clareira maior: $p = 0,0087$; clareira menor: $p = 0,0002$; Figuras 1d, e). Além disso, não encontrei diferenças entre as folhas da clareira maior e as folhas da clareira menor com relação às variáveis de área foliar e espessura foliar (folhas de sol: área foliar $p = 0,253$ e espessura foliar $p = 0,234$; folhas de sombra: área foliar $p = 0,638$ e espessura foliar $p = 0,226$).

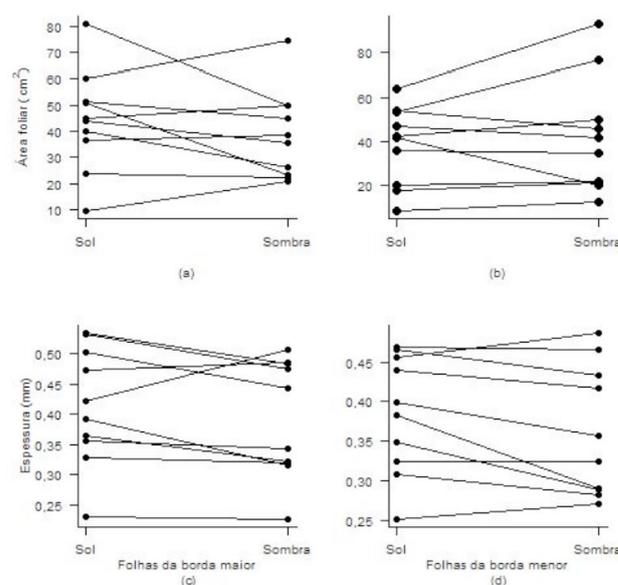


Figura 1. Atributos foliares de 10 árvores em condições de borda no Núcleo Arpoador da Estação Ecológica Juréia-Itatins, São Paulo. (a) Área foliar na clareira maior; (b) área foliar na clareira menor; (c) espessura foliar na clareira maior e (d) espessura foliar na clareira menor. Cada ponto representa a média de oito folhas coletadas na parte exposta ao sol (Sol) e na parte sombreada (Sombra) de cada copa. As linhas conectam as médias do mesmo indivíduo.

DISCUSSÃO

A espessura foliar é uma característica que varia em função das condições a que as folhas das plantas estão sujeitas (sol e sombra). No entanto, a área foliar parece não ser alterada pelas condições a que os módulos do mesmo indivíduo estão sujeitos. Além disso, o tamanho da clareira parece não influ-

enciar na área e na espessura foliar. A área foliar é um atributo relacionado com o balanço hídrico e também à taxa de assimilação de carbono (Cornelissen *et al.*, 2003). Em condições sob intensa luz solar, áreas foliares menores são entendidas como uma estratégia das plantas para evitar a perda de água por transpiração (James & Bell, 2001). No entanto, a ausência de diferença entre a área das folhas de sol e de sombra de um mesmo indivíduo neste estudo indica que as plantas devem possuir outros mecanismos eficientes para controlar o balanço hídrico, como por exemplo, o fechamento estomático (Bonal & Guehl, 2001). Porém, como foram avaliados morfotipos diferentes, cada morfotipo pode apresentar estratégias específicas para lidar com a escassez de água. Outra possibilidade é que as plantas mantenham a área de suas folhas constantes independentemente do ambiente.

Corroborei a hipótese de que folhas de sol apresentam maior espessura do que folhas de sombra em ambas as clareiras. Esse atributo também está relacionado com o potencial hídrico da planta (Cornelissen *et al.*, 2003). Em indivíduos sujeitos a alta radiação solar, como as folhas de sol, uma maior espessura pode garantir um maior armazenamento de água e assim tamponar grandes variações no potencial hídrico da planta (Nobel, 1999). Esse tamponamento é importante, pois a realização das atividades metabólicas e do funcionamento vegetal podem ser ativados ou inibidos de acordo com o estado hídrico dos tecidos (Rosado, 2006).

A ausência de diferença entre clareiras de tamanhos distintos para todas as variáveis pode ser decorrente da proximidade das clareiras (em torno de 8 m) e do estágio sucessional da floresta amostrada, que por se tratar de uma floresta secundária, há uma maior penetração de radiação solar e de vento do que em florestas primárias. Dessa forma, as duas clareiras podem estar sob condições abióticas parecidas, impondo às folhas pressões abióticas similares.

O aumento da espessura em folhas expostas ao sol em condição de borda indica a existência de distintas estratégias em cada módulo da planta em resposta às pressões ambientais. Essas estratégias podem favorecer a ocorrência dessas plantas em ambientes alterados antropicamente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Adriana pelo auxílio na elaboração deste projeto, à Cristiane, ao Danilo e ao Hebert pelas discussões, ao Paulo Inácio pelo auxílio estatístico, à Sara Mortara pela ajuda (impressionante) na elaboração dos gráficos, à Marina Xavier

e à Isabella Romitelli pelo apoio e incentivo em todas as fases.

REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Bonal, D. & J.M. Guehl. 2001. Contrasting patterns of leaf water potential and gas exchange responses to drought in seedlings of tropical rainforest species. *Functional Ecology*, 15:490-496.
- Clark, D.B. 1990. The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forests, pp. 291-315. Em: *Reproductive ecology of tropical forest plants* (K.S. Bawa & M. Hadley, eds.). The Parthenon Publishing Group, Paris.
- Camargo, J.L.C & V. Kapos. 1995. Complex edges effects on soil moisture and microclimate in Central Amazonian Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 11:205-221.
- Cornelissen, J.H.C.; S. Lavorel; E. Garnier; S. Díaz; N. Buchmann; D.E. Gurevitch; P.B. Reich; H. ter Steege; H.D. Morgan; M.G.A. van der Heijden; J.G. Pausas & H. Poorter. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51:335-380.
- Didhan, R.K. & J.H. Lawton. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*, 31:17-30.
- Givnish, T.J. 1984. Leaf and canopy adaptations in tropical forests pp. 51-84. Em: *Physiological ecology of plants in the wet tropics* (E. Medina; H.A. Mooney & C. Vasques-Yanes, eds.). Junk, Hague.
- Gotelli, N.J. & A.M. Ellison. 2004. *A primer of ecological statistics*. Associates, USA.
- Gurevitch, J. 2009. *Ecologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre.
- James, S.A. & D.T. Bell. 2001. Leaf morphological and anatomical characteristics of heteroblastic *Eucalyptus globosus* ssp. *globosus* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, 49:259-269.
- Lima, R.A.F. 2005. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. *Revista Brasileira de Botânica*, 28:651-670.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree Review*,

10:58-62.

Nobel, P. 1999. *Physiochemical and environmental plant physiology*. Academic Press, New York.

Rosado, B.H.P. 2006. *A importância da inclusão de diferentes dimensões de variação de características morfo-fisiológicas e de crescimento para o entendimento dos padrões de dominância de plantas de restinga*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Smith, W.K.; D.T Bell, & K.A. Shepherd. 1998. Associations between leaf structure, orientation, and sunlight exposure in five Western Australian communities. *American Journal of Botany*, 85:56-63.