

PLASTICIDADE FENOTÍPICA EM *ERYTHROXYLUM* COMO ESTRATÉGIA DE COMBATE À RESTRIÇÃO HÍDRICA.

Sandara Nadja Rodrigues Brasil (1); Maria Iracema Bezerra Loiola (2)

(1) Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará. sandarab@hotmail.com;

(2) Professora Doutora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, CE, loiola@ufc.br

RESUMO

A plasticidade fenotípica vem sendo bastante utilizada para explicar a relação existente entre as variáveis climáticas e a adaptação de indivíduos a restrição hídrica. E apesar de que um grande número de atributos ecológicos venha sendo alvo de estudos, nenhum atributo isolado tem sido reconhecido como potencial preditor da adaptação de espécies. Para testar essa relação, foram utilizados materiais herborizados de 124 indivíduos divididos em seis espécies do gênero *Erythroxyllum* distribuídos em território brasileiro e medidos os valores de massa foliar por área (MFA). MFA não mostrou relação significativa com precipitação e variou significativamente entre as espécies estudadas, apresentando maior variação para *E. citrifolium*. Em geral, a influência de clima em MFA apresentou-se modesta.

PALAVRAS-CHAVE: massa foliar por área, atributos, herborizado.

1 INTRODUÇÃO

Diferentes condições climáticas podem instituir variadas forças seletivas nas plantas (Poorter, 2009) e modificar a estrutura morfológica dos indivíduos. A capacidade de um genótipo expressar diferentes fenótipos em resposta às variáveis ambientais é conhecida por plasticidade fenotípica (Valladares *et al.*, 2006; Gratani, 2014) e é uma importante adaptação das plantas a ambientes de heterogêneas condições climáticas (Gratani, 1996; Zunzunegui *et al.*, 2011). Gratani (2014) sugere ser a plasticidade fenotípica um mecanismo-chave para possibilitar que as espécies tenham e mantenham, de forma adaptativa, distribuições geográficas amplas, sem a necessidade de diferenciações genéticas locais.

Os caracteres que potencialmente afetam a aptidão dos indivíduos para se adaptar a ambientes heterogêneos, através de diferenciações morfológicas, fisiológicas ou fenológicas são conhecidos como atributos funcionais (Lavorel *et al.*, 2007; Violle *et al.*, 2007). A variação dessas características morfológicas intraespecíficas pode estar relacionada com restrições ambientais (Cianciaruso; Batalha, 2009) ou com variações climáticas (Torrez *et al.*, 2013).

Para medir a variação intraespecífica é primordialmente importante saber quais características devem ser consideradas quando se quer relacionar o funcionamento das espécies com

o ecossistema. Algumas pesquisas têm demonstrado que as características foliares podem ser usadas para esta finalidade (Garnier, 2001) pois representam um objeto fundamental para investigar os efeitos das mudanças ambientais e a influência das condições do ambiente físico (Picotte *et al.*, 2009; Oyarzabal *et al.*, 2008).

Um dos principais atributos foliares que mudam em resposta a variações ambientais e que pode ser prontamente determinada para inúmeras amostras é a massa foliar por área (MFA). A MFA reflete estratégias na fixação de carbono pelos indivíduos e é definida como a razão da massa foliar seca pela sua área (Cornelissen *et al.* 2003), quantificando o quanto de biomassa uma planta tem investido em uma unidade de superfície fotossinteticamente ativa (Villar *et al.* 2013; Puglielli *et al.* 2015).

Westoby (1998) sugeriu que um baixo MFA indica potencial para crescimento rápido (alta taxa de retorno em um dado investimento) e que indivíduos com alto MFA tendem a ter baixa taxa fotossintética, resultando do fato de ter menor área de captura de luz por massa. Assim, altos valores de MFA têm sido interpretados como uma adaptação à seca (Wright *et al.* 2002).

Foi observado que as mudanças foliares associadas com a precipitação podem influenciar na economia de água pela planta (Mooney *et al.*, 1978; Givnish, 1987) e que folhas grandes estão mais frequentemente associadas com as florestas tropicais quentes e úmidas (Werger; Ellenbroek, 1978), mostrando uma possível adaptação à alta disponibilidade de água (Hoffmann, 2005). Outra variável ambiental que pode induzir a mudanças na morfologia das plantas é a temperatura, que também está associada à restrição hídrica.

Neste trabalho foi comparada a massa foliar por área das espécies de *Erythroxylum* provenientes de locais com diferentes precipitações, temperatura, altitude, propondo-se a responder como as variáveis climáticas atuam na variação de massa foliar por área nos representantes de *Erythroxylum*?

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram selecionados representantes de *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) por apresentarem ampla distribuição no Brasil e ampla plasticidade fenotípica (Loiola e Costa-Lima, 2014). Esse gênero está bem representado em território brasileiro, onde foram registradas 123 espécies, das quais 80 são endêmicas (Loiola e Costa-Lima, 2014). Ressalta-se que a maior riqueza em espécies foi observada em ambientes sob climas subúmido ou semiárido, em solos antigos, pouco intemperizados e rasos (Cordeiro, 2013).

Para incluir um conjunto diversificado de espécies que apresentem uma ampla variedade de características funcionais, foram amostradas exsicatas de seis representantes de *Erythroxylum* com até 25 repetições por espécie e três repetições por indivíduo.

A Massa foliar por área (MFA) foi calculada como a massa seca dividida pelo quadrado da área foliar (g.cm^{-2}). A área foliar foi obtida a partir de imagens digitais utilizando-se uma câmera digital Kodak Easyshare K990, resolução 12 megapixel e calculada no programa ImageJ. Em seguida, as folhas foram pesadas em uma balança analítica da marca Acculab (precisão = 0.000g).

Os dados de ocorrência das espécies foram obtidos diretamente no campo com GPS, do tratamento taxonômico realizado por Plowman e Hensold (2004), das informações disponíveis no sítio Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB7680>) e a partir das informações depositadas nos herbários nacionais e internacionais disponíveis no Centro de Referência de Informação Ambiental (CRIA). Além dos dados disponibilizados online, foram examinadas as etiquetas das exsicatas dos espécimes depositados nos herbários EAC, HST, IPA, UFPE e UFRN (acrônimos segundo Thiers 2015).

Para compreender a relação entre os atributos foliares e as variáveis ambientais, foi realizado o teste GLM (General Linear Model), tendo-se os atributos funcionais foliares como variáveis respostas. Para a análise dos dados foi utilizado o software R (R Development Core Team, 2015). Os gráficos foram gerados a partir dos softwares Past 3.11 e SigmaPlot 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se significativa diferença nos valores do atributo entre as diferentes espécies ($p < 0.001$), como é possível observar na Figura 1. Os atributos funcionais normalmente variam numa ampla escala espacial e temporal e refletem características adaptativas ao meio em que as espécies estão inseridas. Como já demonstrado por vários autores (Carlson *et al.* 2016), a resposta de uma planta ao estímulo ambiental é variável dentro e entre as espécies.

Com relação às variáveis ambientais, MFA não variou com a precipitação e apresentou fraca relação com temperatura média anual ($p = 0.06$) entre as espécies. A relação entre os atributos funcionais com a temperatura indica uma maior habilidade do vegetal de resistir às condições áridas. A temperatura está intrinsecamente ligada à incidência de radiação e, de acordo com Poorter *et al.* (2010), folhas submetidas a maior incidência radiativa tendem a apresentar um esquema de respostas ecológicas característico, no qual se encontra maior conteúdo de massa seca foliar. Segundo Chazdon e Kaufmann (1993) indivíduos de uma mesma espécie em condições de alta luminosidade tendem a ter maior MFA.

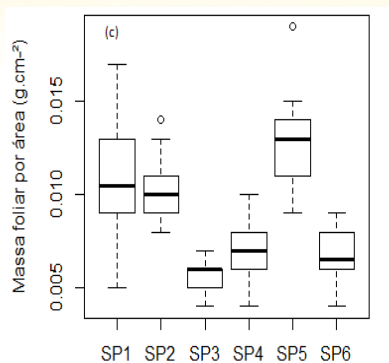


Figura 1. massa foliar por área (g.cm^{-2}) nas espécies de *Erythroxylum* estudadas. SP1= *E. citrifolium* A.St.-Hill.; SP2= *E. squamatum* Sw.; SP3= *E. subrotundum* A.St.-Hil.; SP4= *E. rosuliferum* O.E.Schulz; SP5= *E. bezerrae* Plowman e SP6= *E. paufferense* Plowman.

Tabela 1. Massa foliar por área (MFA) das espécies de *Erythroxylum* de distribuição ampla (A) e restrita (R), analisadas no presente estudo.

Espécies	MFA	Média MFA \pm SD
<i>E. citrifolium</i> (a)	0,005– 0,016	0,01 \pm 0,00059
<i>E. squamatum</i> (a)	0,0076– 0,013	0,010 \pm 0,0003
<i>E. subrotundum</i> (a)	0,0041 – 0,007	0,0057 \pm 0,00019
<i>E. bezerrae</i> (r)	0,0085 – 0,019	0,0128 \pm 0,00065
<i>E. paufferense</i> (r)	0,0044 – 0,0093	0,0068 \pm 0,00025
<i>E. rosuliferum</i> (r)	0,0043 – 0,0098	0,0071 \pm 0,00035

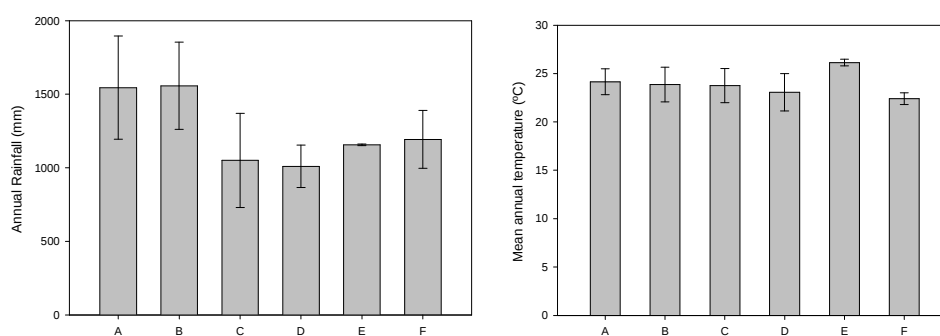


Figura 2. Valores de precipitação anual (mm) e temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) registrados nas áreas de ocorrência de cada indivíduo das espécies de *Erythroxylum*. (a) *E. citrifolium* A.St.-Hill.; (b) *E. squamatum* Sw.; (c) *E. subrotundum* A.St.-Hil.; (d) *E. rosuliferum* O.E.Schulz; (e) *E. bezerrae* Plowman e (f) *E. paufferense* Plowman.

REFERÊNCIAS

- Carlson, J.E.; Adams, C.A.; Holsinger, K.E. Intraspecific variation in stomatal traits, leaf traits and physiology reflects adaptation along aridity gradients in a South African shrub. *Annals of Botany*. 117: 195-207
- Chazdon, R.L. and S. Kaufmann. 1993. Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. *Funct. Ecol.* 7:38 5-394.
- Cianciaruso, M.V., Silva, I.A.; Batalha, M.A.. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotrop.* 9(3):
- Cordeiro, L.S. 2013. Distribuição geográfica e modelagem de nicho ecológico de espécies endêmicas de Erythroxylaceae na região Neotropical. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Cornelissen, J.H.C.; Lavorel, S.; Garnier, E.; Díaz, S.; Buchmann, N.; Gurvich, D.E.; Reich, P.B.; ter Steege, H.; Morgan, H.D.; van der Heijden, M.G.A.; Pausas, J.; Poorter, H. 2003. Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*. 51: 335-380
- Garnier, E; Laurent, G.; Bellmann, A.; Debain, S.; Berthelie, P.; Ducout, B.; Roumet, D.; Navas, M. L. 2001. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist* 152: 69-83.
- Givnish, T.L. 1987. Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. *New Phytologist*, 106: 131-160.
- Gratani, L. 2014. Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors. *Advances in Botany*, 2014: 1-17.
- Hoffmann, W.A.; Franco, A.C.; Moreira, C.; Haridasan, M. 2005. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. *Functional Ecology*, 19: 932-940.
- Lavorel, S.; Díaz, S.; Conelissen, J.H.C; Garnier, E.; Harrison, S.P.; McIntyre, S; Pausas, J.G.; Pérez-Harguindeguy, N.; Roumet, C.; Urcelay, C. 2007. Plant Functional Types: Are We Getting Any Closer to the Holy Grail?, pp. 149-160. In: *Terrestrial Ecosystems in a Changing World* (Canadell, J.G; Pataki, D.; Pitelka, L., Eds.). New York: The IGBP Series - Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Loiola, M.I.B.; Costa-Lima, J.L. 2014. Erythroxylaceae in: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB111>. Acesso em: 15 Out. 2015.
- Mooney, H.A.; Ferrar, P.J.; Slatyer, R.O. 1978 .Photosynthetic capacity and carbon allocation pattern in diverse growth forms of Eucalyptus. *Oecologia*, 36: 103-111.
- Oyarzabal, M.; Paruelo, J.M.; Del Pino, F.; Oesterheld, M.; Lauenroth, W.K. 2007. Trait differences between grass species along a climatic gradient in South and North America. *Journal of Vegetation Science*, 19: 183-192.

Picotte, J.J.; Rhode, M.J.; Cruzan, B.M. 2009. Leaf morphological responses to variation in water availability for plants in the Piriqueta caroliniana complex. *Plant Ecology*, 200: 237-275.

Poorter, H.; Niinemets, Ü.; Walter, A.; Fiorani, F.; Schurr, U. 2010. A method to construct dose-response curves for a wide range of environmental factors and plant traits by means of a meta-analysis of phenotypic data. *Journal of Experimental Botany*, 61: 2043-2055.

Poorter, H.; Niinemets, Ü.; Poorter, L.; Wright, I. J.; Villar, R. 2009. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. *New Phytologist*, 82: 565-588.

Puglielli, G.; Crescente, M.F.; Frattaroli, A.R.; Gratani, L.; 2015. Leaf mass per area (LMA) as a possible predictor of adaptive strategies in two species of *Sesleria* (Poaceae): analysis of morphological, anatomical and physiological leaf traits. *Annales Botanici Fennici*, 52:135-143.

R Development Core Team. 2010. R: A Language And Environment For Statistical Computing. R. Foundation For Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 12 Set. 2015.

Thiers, B. 2015 [continuously updated]. *Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>. Acesso em 20 Out. 2015.

Torrez, V.; Jørgensen, P, M.; Zanne, A.E. 2013. Specific leaf area: a predictive model using dried samples. *Australian Journal of Botany*. Publicação online. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/paper/BT12236.htm>. Acesso em: 20 Out 2015.

Valladares, F.; Sanchez, D.; Zavala, M.A. 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *J. Ecology*, 94: 1103-1116.

Villar R.; Ruiz-Robledo J.; Ubera J.R.; Poorter H. 2013. Exploring variation in leaf mass per area (LMA) from leaf to cell: An anatomical analysis of 26 woody species. *American Journal of Botany*, 100: 1969-1980.

Violle, C.; Navas, M.L.; Vile, D.; Kazakou, E.; Fortunel, C; Hummel, I.; Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116: 882-892.

Werger, M.J.A.; Ellenbroek, G.A. 1978. Leaf size and leaf consistence of a riverline forest formation along a climatic gradient. *Oecologia*, 34: 297-308.

Westoby, M. 1998. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and soil*, 199: 213-227.

Wright, I.J.; Westoby, M. 2002. Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. *New Phytologist*, 155: 403-416.

Zunzunegui, M.; Barradas, M. C. D.; Ain-Lhout, F.; Alvarez-Cansino, L.; Esquivias, M. P.; Novo, F. G. 2011. Seasonal physiological plasticity and recovery capacity after summer stress in Mediterranean scrub communities. *Plant Ecology*, 212: 127-142.