



A agregação espacial influencia os atributos funcionais de plantas em ambientes com restrição hídrica?

Karine Machado Costa

RESUMO: Em ambientes com restrição hídrica, plantas possuem atributos que aumentam sua eficiência no uso da água. Adicionalmente, a restrição hídrica pode ser amenizadas pela agregação espacial entre as plantas por meio de interações de facilitação. Testei a hipótese de que a agregação reduz a resposta das plantas à restrição hídrica. Medii o conteúdo de água foliar em plantas isoladas e em diferentes níveis de agregação em um ambiente de restinga. O conteúdo de água foliar não diferiu entre plantas agregadas e isoladas. Especificamente para plantas agregadas, não encontrei relação entre o conteúdo de água foliar e o nível de agregação. Interações de facilitação por atenuação de restrições hídricas podem não estar ocorrendo entre os indivíduos agregados ou os efeitos da facilitação estão sendo anulados pelos efeitos de interação de competição.

PALAVRAS-CHAVE: associação espacial, conteúdo de água foliar, facilitação, restinga

INTRODUÇÃO

Os organismos apresentam características morfológicas e fisiológicas que permitem seu estabelecimento, sua sobrevivência e sua reprodução no ambiente em que vivem. Cada espécie tem um conjunto singular de atributos que permite que elas lidem com as condições ambientais (Gurevitch *et al.*, 2009). Um conjunto desses atributos combinados pode ser chamado de estratégia (Gurevitch *et al.*, 2009). Em plantas, as características foliares são consideradas boas indicadores das estratégias ecológicas apresentadas pelas diferentes espécies de comunidade (Vendramini *et al.*, 2001; Diaz *et al.*, 2004 *apud* Rosado & de Mattos, 2007).

Em ambientes com baixa disponibilidade de água, as plantas desenvolvem várias estratégias para lidar com a restrição hídrica, uma vez que a água é um recurso limitante para a fotossíntese (Raven, 2007) e essencial para a sobrevivência da planta. Algumas plantas perdem total ou parcialmente suas folhas durante a estação seca para evitar a perda de água (Gurevitch *et al.*, 2009). As plantas também possuem mecanismos que melhoram a absorção de água do solo e reduzem a perda de água, como a redução da área foliar, além de elevar a capacidade de condução e de armazenamento de água nos tecidos (Larcher, 1986). Também são comuns estratégias que adiem a dessecação pelo maior tempo possível e que permitam que a planta mantenha um conteúdo suficiente de água nos tecidos, mesmo em condições de baixa umidade no solo e no ar (Larcher, 1986). O armazenamento de água nas folhas é uma estratégia presente em espécies

vegetais com diferentes vias fotossintéticas e pode funcionar como uma fonte alternativa de água que permite a manutenção da fotossíntese ativa mesmo em condições de escassez de água (Berg *et al.*, 2004; Lamont & Lamont, 2000; Rosado & de Mattos, 2010).

Condições ambientais restritivas podem ser amenizadas pela agregação espacial e modificar as estratégias das plantas presentes nos agrupamentos. A agregação espacial entre plantas pode ser resultado de interações positivas mediadas pela modificação de condições de sombra, temperatura, umidade e disponibilidade de recursos e de água no solo. Entretanto, as interações entre as plantas agregadas podem não só ser positivas, (i.e. facilitação), mas também negativas (i.e. competição), de acordo com o efeito que uma planta tem sobre o crescimento, sobrevivência e reprodução de outra planta (Callaway, 2007). Competição e facilitação podem ocorrer ao mesmo tempo em um ambiente e a interação predominante é determinada pelo resultado do balanço entre seus efeitos positivos e negativos (Callaway, 2007). Segundo a hipótese do gradiente de estresse (HGE), o saldo das interações é influenciado pelas condições ambientais e espera-se que sob condições ambientais restritivas, a facilitação seja a interação predominante, enquanto em ambientes com condições mais amenas, seria esperado que predominasse competição (Callaway, 2007).

Dado que plantas apresentam acúmulo de água nas folhas como resposta à restrição hídrica do

ambiente e que a associação espacial pode amenizar condições ambientais extremas, este trabalho teve como objetivo avaliar se a agregação espacial está relacionada com a redução da intensidade de manifestação de um atributo foliar em resposta à restrição hídrica. Para isso, testei as hipóteses de que, em ambientes restritivos, i) plantas agregadas espacialmente apresentam menor quantidade de água nas folhas em resposta à restrição hídrica do que plantas isoladas e ii) a quantidade de água nas folhas diminui com o aumento do nível de agregação.

MATERIAL & MÉTODOS

Área e modelo de estudo

O estudo foi realizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una, localizada no município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo. A coleta de dados foi realizada em um ambiente de restinga na praia da Barra do Una, que é um ambiente considerado restritivo, caracterizado pelo solo arenoso, com pouca matéria orgânica e baixa capacidade de retenção de água ou de nutrientes (Henriques *et al.*, 1986 *apud* Rosado & de Mattos, 2007). Como modelo de estudo, utilizei *Myrsine parvifolia* (Myrsinaceae), uma espécie que possui folhas suculentas. No local de estudo, indivíduos de *M. parvifolia* ocorrem isolados ou agregados espacialmente em moitas compostas por outras espécies vegetais.

Coleta de dados

Selecionei 34 indivíduos *M. parvifolia* com altura até 1 m, sendo 17 indivíduos isolados e 17 indivíduos associados em moitas com outras plantas lenhosas. Optei por considerar somente indivíduos até 1 m de altura, pois esperava que o acúmulo de água nas folhas fosse mais evidente nesses indivíduos, uma vez que Negri *et al.* (2013) verificaram que indivíduos de *M. parvifolia* com até 1 m de altura acumulam mais água nas folhas do que indivíduos com alturas maiores.

Para coleta de dados, adotei um procedimento similar ao utilizado por Negri *et al.* (2013), porém coletei apenas quatro ramos da face norte de cada indivíduo. De cada ramo, retirei uma única folha na altura do terceiro nó a partir do ápice. Cada indivíduo foi representado pela média entre as quatro folhas. Algumas plantas eram muito pequenas e não possuíam ramos individualizados do caule principal. Nesses casos, coletei a planta inteira e retirei quatro folhas a partir do terceiro nó.

Para testar minhas hipóteses, considerei o conte-

údo de água foliar (CAF) como atributo funcional em resposta à restrição hídrica. O CAF expressa a capacidade máxima de armazenamento de água nas folhas. Para o cálculo do CAF, também segui o método utilizado por Negri *et al.* (2013). Hidratei os ramos por uma hora para que as folhas atin-gissem a capacidade máxima de armazenamento de água. Medí a massa saturada de cada amostra em uma balança eletrônica digital com precisão de 0,01 g. Sequei as amostras em um forno por aproximadamente uma hora e medi o peso seco das amostras. Medí o CAF pelo complemento da proporção entre peso seco e peso saturado, $CAF = [1 - (\text{peso seco} / \text{peso saturado})]$. Adotei a medida de proporção para padronizar a diferença de tamanho entre as folhas.

Hipótese 1

Para testar a hipótese que plantas agregadas espacialmente possuem menor quantidade de água nas folhas em resposta à restrição hídrica do que plantas isoladas, a variável preditora nível de agregação foi considerada de forma binária, isolado e agregado. Considerei como indivíduos isolados, os indivíduos de *M. parvifolia* ao redor dos quais não ocorresse, em um raio de 1 m, nenhuma planta lenhosa com altura maior do que a do indivíduo amostrado. Para essa hipótese, esperava que indivíduos de *M. parvifolia* agregados em moitas apresentassem menor quantidade de água foliar do que indivíduos isolados.

Calculei a média do CAF dos indivíduos de *M. parvifolia* isolados e dos indivíduos agrupados. Adotei a diferença entre as médias como estatística de interesse. Simulei um cenário nulo em que as médias do CAF não diferissem entre indivíduos isolados e agrupados. Aleatorizei 10.000 vezes o conteúdo de água foliar. Calculei a diferença entre as médias do conteúdo de água foliar em cada simulação e a probabilidade do valor observado da estatística de interesse ter sido gerado ao acaso. Para obter o valor da probabilidade, quantifiquei o número de vezes em que os valores da diferença entre as médias geradas pelas simulações foram maiores ou iguais à diferença entre as médias observada e dividi esse valor pelo número total de simulações.

Hipótese 2

Para testar a hipótese que a quantidade de água nas folhas diminui com o aumento do nível de agregação, a variável preditora agregação foi considerada de forma contínua. O nível de agregação foi contabilizado pelo número de indivíduos lenhosos maiores do que o indivíduo de *M. parvifolia* amostrado, em um raio de 1 m do indivíduo amostrado.

Para essa hipótese, esperava que existisse uma relação negativa entre a quantidade de água foliar e o nível de agregação.

Fiz uma regressão linear simples entre o conteúdo de água foliar e o nível de agregação. Adotei o ângulo da inclinação da reta da regressão como estatística de interesse. Simulei um cenário nulo de ausência de relação entre as duas variáveis. Aleatorizei 10.000 vezes os valores do conteúdo de água foliar. Calculei a inclinação da reta de cada simulação e a probabilidade do valor observado da estatística de interesse ter sido gerado ao acaso. Para obter o valor da probabilidade, quantifiquei o número de vezes que o valor da inclinação da reta gerado pelas simulações foi menor ou igual ao valor da inclinação observada e dividi esse número de pelo número total de simulações.

RESULTADOS

O valor médio de conteúdo de água foliar entre indivíduos isolados e agregados não diferiu (isolados: média \pm DP = 0,736 g.g⁻¹ \pm 0,318; agregados: média \pm DP = 0,776 g.g⁻¹ \pm 0,022; p = 0,096). Também não encontrei relação negativa entre o conteúdo de água foliar e o nível de agregação das plantas (inclinação = -0,0007; p = 0,414; Figura 1).

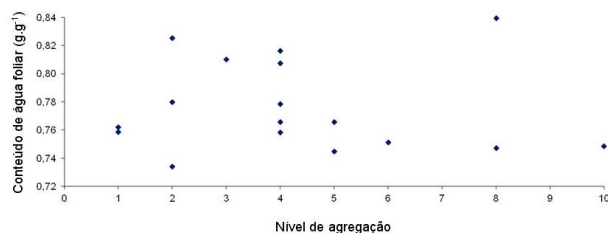


Figura 1. Relação entre o conteúdo de água foliar e o nível de agregação dos indivíduos de *Myrsine parvifolia* amostrados.

DISCUSSÃO

Não observei diferença na quantidade de água na folha entre indivíduos agregados e isolados e também não observei relação entre a intensidade da resposta à restrição hídrica e a agregação dos indivíduos. Dessa forma, não foi possível observar efeitos de facilitação em relação ao acesso ao recurso hídrico nas plantas de *M. parvifolia*. A facilitação por amenização das condições de restrição hídrica poderia ocorrer através do aumento da umidade do ar, aumento da água disponível no solo e redução da transpiração das plantas agrupadas. Entretanto, em ambientes onde o solo é arenoso, a água da chuva que chega ao solo escoar rapidamente para as camadas subterrâneas (Larcher, 1986). As plantas cujas raízes estão nas camadas super-

ficiais necessitam absorver a água em um curto período de tempo enquanto a água ainda está na superfície do solo (Goldberg & Novoplansky, 1997 *apud* Gurevitch *et al.*, 2002). Assim, as plantas com raízes superficiais, quando agregadas, podem estar competindo intensamente entre si pelo recurso hídrico, que deve ser absorvido rapidamente. Dessa forma, enquanto as plantas em moitas são beneficiadas pelo aumento do sombreamento e da umidade do ambiente, elas competem entre si pela água disponível no solo. Assim, o saldo entre os custos e benefícios de estar agregado é nulo e a necessidade de acumular água nas folhas é igual para indivíduos isolados e agregados.

Outra possível explicação para não ter sido observada diferença na resposta à restrição hídrica entre indivíduos isolados e agregados é que os mecanismos de facilitação que amenizam as restrições hídricas podem não estar ocorrendo. Além da redução da temperatura e da transpiração causada pelo sombreamento, a facilitação pode ocorrer através do transporte de água das camadas subterrâneas até as camadas superficiais do solo, que é realizado pelas plantas com raízes profundas (Zou *et al.*, 2005 *apud* Castanho, 2012). Entretanto, em ambientes de restinga o solo é arenoso e possui baixa capacidade de retenção de água (Larcher, 1986). Mesmo que plantas com raízes profundas disponibilizem água das camadas subterrâneas para as camadas superficiais do solo, plantas com raízes pouco profundas, como pode ser o caso das plantas de *M. parvifolia* deste estudo, podem não ter acesso à água, pois ela é drenada rapidamente e não fica retida no solo por tempo suficiente.

Uma hipótese alternativa à hipótese do gradiente de estresse sugere que a relação entre as condições ambientais e a facilitação não seja linear e que a facilitação seja mais importante em ambientes moderadamente severos do que sob estresse extremo (Michalet *et al.*, 2006 *apud* Castanho, 2012, 2012; Maestre *et al.*, 2009 *apud* Castanho, 2012; Homlgren & Scheffer, 2010 *apud* Castanho, 2012; Kikvidze *et al.*, 2011 *apud* Castanho, 2012). Dessa forma, é possível que as condições de restrição hídrica da restinga sejam muito severas e que a facilitação não seja a interação predominante. A avaliação das condições de luminosidade e de umidade do solo nos agregados pode ajudar a identificar o quanto a agregação influencia o acesso ao recurso hídrico. Além disso, estudos futuros que avaliem outros atributos funcionais que respondam à restrição hídrica como, por exemplo, a suculência foliar, também podem esclarecer sobre influência da agregação na amenização de condições restritivas e nas interações de facilitação e competição.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao colega de curso de campo Po (Thiago) pela importantíssima ajuda na identificação em campo dos indivíduos de *M. parvifolia*, pelas dicas de bibliografia e pelas inúmeras dúvidas respondidas. Agradeço também aos colegas Pink (Daniel) pelo empréstimo do caderno a prova d'água, o qual foi essencial para minha coleta de dados na chuva, e ao Gallo (Antônio) pelo revezamento no uso da balança de precisão. Às revisoras Adriana e Sara pelas ótimas sugestões para a melhoria do manuscrito e à Adriana, também pelas sugestões na coleta de dados, e aos professores e monitores do curso de campo pelo aprendizado construído. Agradeço muito aos colegas de grupo dos projetos orientados, principalmente à Ju (Juliana), ao Picasso (Felipe) e ao Po (Thiago), pelos ótimos momentos de colaboração, aprendizado e por todo apoio durante o curso e a todos os colegas do curso de campo pela ajuda na redação dos trabalhos, pelo companheirismo e pelo excelente bom humor.

REFERÊNCIAS

- Berg, A.; B. Orthen; E.A. de Mattos; H.M. Duarte & U. Lüttge. 2004. Expression of crassulacean acid metabolism in *Clusia hilariana* Schletendal in different stages of development in the field. *Trees*, 18:553-558.
- Callaway, R.M. 2007. *Positive interactions and interdependence in plant communities*. Springer, Missoula.
- Castanho, C.T. 2012. *Facilitação entre plantas e suas implicações para a dinâmica e restauração de restingas*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo.
- Gurevitch, J.; S.M. Scheiner & G.A. Fox. 2009. *Ecologia vegetal*. Editora Artmed, São Paulo.
- Lamont, B.B. & H.C. Lamont. 2000. Utilizable water in leaves of 8 arid species as derived from pressure-volume curves and chlorophyll fluorescence. *Physiologia Plantarum*, 110:64-71.
- Larcher, W. 1986. *Ecofisiologia vegetal*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo.
- Negri, D.D.B.; I.A.S. Narciso; J.P. Fadil; K. Costa & R.H. Quesada. 2013. Altura das plantas influencia o conteúdo de água foliar em ambiente de restinga. Em: Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica" (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.M.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Raven, P.H.; R.F. Evert & S.E. Eichhorn. 2007. *Biologia vegetal*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Rosado, B.H.P. & E.A. de Mattos. 2007. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21:741-762.
- Rosado, B.H.P. & E.A. de Mattos. 2010. Interspecific variation of functional traits in a CAM-tree dominated sandy coastal plain. *Journal of Vegetation Science*, 21:43-54.
- Vendramini, F.; S. Díaz; D.E. Gurevich; P.J. Gurevich; P.J. Wilson; K. Thompson & J.G. Hodgson. 2002. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. *New Phytologist*, 154:147-157.