



# A CONTRIBUIÇÃO DA ABUNDÂNCIA PARA A ESTRUTURA DE INTERAÇÃO ENTRE LIANAS E ÁRVORES

J.C. Sfair <sup>1</sup>

A.L.C. Rochelle <sup>2</sup>, J.van Melis <sup>2</sup>, A.A. Rezende <sup>3</sup>, V. de L.Weiser <sup>4</sup>, F.R. Martins <sup>5</sup>

1-Programa de Pós - Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083 - 970 Campinas, SP, Brasil. e - mail: juliacaram@gmail.com

2-Programa de Pós - Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083 - 970 Campinas, SP, Brasil

3-Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário Rio Preto - UNIRP, 15025 - 400 São José do Rio Preto, SP, Brasil

4-Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Avenida: Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube 14 - 01, 17033 - 360 Bauru, SP, Brasil

5 - Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083 - 970 Campinas, SP, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Lianas são trepadeiras lenhosas, que apresentam contato permanente com o solo e que utilizam, em algum estágio da sua vida, uma planta como suporte chamado de forófito, para poderem crescer em altura (Moffett 2000). Sfair *et al.*, (2009) observaram que a estrutura de interação entre as espécies de lianas e de forófitos é do tipo aninhada, independentemente da composição florística e da estrutura da vegetação. O aninhamento indica haver um núcleo de espécies generalistas que interagem entre si e espécies especialistas que interagem com essas espécies generalistas (Bascompte & Jordano 2007). Neste contexto, espécies com menos interações constituem subconjuntos de espécies com mais interações, formando um gradiente no número de interações de cada conjunto de pontos em uma rede bipartida (Bascompte & Jordano 2007).

Dessa maneira, há espécies com muitas, espécies com poucas e espécies sem interações (Sfair *et al.*, 2009). O aninhamento pode ser consequência de dois fatores, que podem ou não agir em conjunto. O primeiro fator são os caracteres das espécies, como duração da fenofase em redes de polinização (Olesen *et al.*, 2008). O segundo fator é a abundância das espécies, como observado em redes de parasitismo (Vázquez *et al.*, 2005a) e de polinização (Stang *et al.*, 2007, Bosch *et al.*, 2009). Uma espécie abundante seria aquela com muitas ligações justamente porque esta espécie seria mais facilmente encontrada. Apesar de ser um raciocínio simples, a abundância é eficiente em explicar a estrutura da rede de interação (Dupont *et al.*, 2003).

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é associar a abundância com o grau entre espécies de lianas e árvores. Esperamos que espécies mais abundantes tenham um maior número de ligações (maior grau). Se esta relação for encontrada, esperamos que a abundância explique o número de ligações das espécies de lianas e de árvores.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Áreas amostradas

A área de Floresta Tropical Atlântica localiza - se no município de Ubatuba, estado de São Paulo ( 23<sup>o</sup>21'54" - 59" S e 45<sup>o</sup>05'02" - 04" W, 348 - 394 m de altitude). Foram amostradas todas as árvores com PAP (perímetro à altura do peito) > 15 cm (Rochelle *et al.*, não publ.) e todas as lianas com DAP > 1 cm (van Melis & Martins não publ.). A Estação Ecológica Paulo de Faria está localizada às margens do Rio Grande, na divisa entre os estados de São Paulo e de Minas Gerais (19<sup>o</sup>55' - 58" S e 49<sup>o</sup>31' - 32" W, 400 a 495 m de altitude). Foram amostrados indivíduos arbóreos com DAP ≥ 3 cm e trepadeiras lenhosas DAP ≥ 1 cm (Rezende *et al.*, 2007a).

A área amostrada em Bauru pertence ao Jardim Botânico Municipal de Bauru (de 22<sup>o</sup>19'41" - 21'06" S e 48<sup>o</sup>59'49" - 01'12" W, 519 - 603 m de altitude). Foram amostradas todas as árvores e arbustos com DAP ≥ 0,1 cm e lianas com DAS ≥ 0,1 cm (Weiser 2007). Para simplificar a leitura ao longo do texto, adotaremos "árvore" como uma palavra que engloba árvores e arbustos.

### Análise de dados

A abundância das espécies de árvores foi relacionada com seu respectivo grau (número de espécies de lianas que se conectam a determinada espécie de árvore) por meio de análise de regressão. Empregamos a transformação dos dados em logaritmo decimal ( $\log_{10}(x + 1)$ ) para o melhor ajuste do modelo linear. Como também incluímos as espécies sem grau, somamos à abundância e ao grau o valor um, de modo que a transformação logarítmica possa ser feita.

Para entender se a abundância explica o grau das espécies da matriz original, criamos uma matriz cuja probabilidade de ocupação da célula é proporcional à abundância relativa das linhas e das colunas. Dessa maneira, quando uma célula de uma matriz é resultado do cruzamento de uma espécie abundante de liana e de uma espécie abundante de árvore, a probabilidade de a célula ser preenchida é maior. Ou seja, espécies abundantes possuem maior probabilidade de se conectarem do que espécies menos abundantes. O número de ligações consideradas foi igual ao da matriz original. Dessa maneira obtivemos o grau de cada espécie de liana e de árvore esperado a partir da matriz gerada por meio da proporcionalidade da abundância. O valor do grau esperado foi relacionado com a abundância da espécie por meio da análise de regressão, com as mesmas transformações feitas para a análise de regressão entre abundância e o grau observado das espécies. Obtivemos, portanto, duas retas de regressão com a mesma variável independente (abundância), permitindo que as retas pudessem ser comparadas. Para a análise de igualdade do coeficiente de regressão (inclinação da reta de regressão), utilizamos o Teste - t, em que se compara o valor do coeficiente e seu respectivo erro padrão, conforme especificado por Zar (1999).

Em todas as análises desconsideramos alguns outliers. Em Ubatuba, *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) é uma palmeira com 180 indivíduos, mas apenas duas ligações com espécies de lianas. Em Bauru, foram consideradas outliers as espécies de árvores *Psychotria capitata* Ruiz & Pav. (Rubiaceae) e *Actinostemon conceptionis* (Chodat & Hassl.) Hochr. (Euphorbiaceae), com 330 e 325 indivíduos e graus 10 e 8, respectivamente. Por considerarmos estas espécies outliers, elas foram retiradas da análise de ajustamento de curvas.

## RESULTADOS

Nossa hipótese de que o valor do grau entre espécies de lianas e de árvores está relacionado com sua respectiva abundância foi confirmada. Ou seja, quanto maior a abundância das espécies de árvores, mais lianas se conectam a elas e mais árvores estão disponíveis para serem conectadas a lianas. O grau das espécies de árvores foi relacionado positivamente com a abundância nas três localidades. Em Ubatuba, o coeficiente de determinação foi de 0,570 ( $F = 296,97$ ;  $p < 0,0001$ ). Em Paulo de Faria o coeficiente de determinação apresentou um valor parecido ( $F = 125,11$ ;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,595$ ). Em Bauru, a relação entre abundância e grau das espécies de árvores também foi positiva ( $F = 742,11$ ;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,845$ ). A relação entre abundância e grau também foi positiva e apresentou coeficientes de determinação com valores maiores para as

lianas. Em Ubatuba, o coeficiente de determinação foi de 0,937 ( $F = 945,22$ ;  $p < 0,0001$ ). Encontramos resultado semelhante para Paulo de Faria ( $F = 520,24$ ;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,924$ ). A relação entre abundância e grau também foi positiva em Bauru ( $F = 701,625$ ;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,950$ ). Poucos são os trabalhos que relacionaram o grau com a abundância (Dupont *et al.*, 2003), pois a maioria dos trabalhos enfatiza a frequência de associação. Segundo Vázquez *et al.*, 2005b), a frequência de associação é um substituto para o efeito da interação. No caso da polinização, o efeito de interação pode ser o sucesso da dispersão de sementes (Vázquez *et al.*, 005b). Apesar de não termos usado frequência de interação, nossos resultados corroboram os encontrados por Dupont *et al.*, (2003); Vázquez & Aizen (2003); Vázquez & Aizen (2004); Vázquez (2005); Stang *et al.*, (2007); Bosch *et al.*, (2009). A existência de espécies generalistas pode ser explicada pelo fato de estas espécies serem mais abundantes e, por este motivo, serem mais facilmente encontradas (Vázquez & Aizen 2003).

Na análise da regressão entre o grau e a abundância notamos que, em Bauru e Paulo de Faria, as espécies de maior abundância tinham valores de grau que tendiam a aumentar numa taxa menor que o das espécies de menor abundância, ou seja, as espécies mais abundantes tinham valores similares do grau. Em Ubatuba, observamos essa estabilização no grau apenas para as árvores, ao passo que para as lianas a taxa de aumento do grau das espécies mais abundantes seguiu a mesma tendência das espécies menos abundantes. Por exemplo, em Ubatuba *Bathysa mendoncae* K.Schum. apresentou uma abundância (147 indivíduos) 2,4 vezes maior que a terceira espécie mais abundante (*Eriotheca pentaphylla* (Vell.) A.Robyns com 62 indivíduos), mas possuía apenas duas ligações a mais (23 vs. 21 ligações). A semelhança dos valores do grau das espécies mais abundantes pode indicar que a variação da abundância não é a única variável controlando o valor do grau.

A inclinação das retas de regressão entre os valores observados do grau e a abundância das espécies foi diferente da inclinação das retas com os valores esperados de grau segundo o modelo de proporcionalidade de abundância. Para as árvores, a inclinação das retas observada e esperada foi diferente em Ubatuba ( $t = 4,393$ ; g.l. = 448;  $p < 0,001$ ), em Paulo de Faria ( $t = 2,563$ ; g.l. = 170) e em Bauru ( $t = 6,377$ ; g.l. = 272;  $p < 0,001$ ). Encontramos resultado similar para as lianas em Ubatuba ( $t = 10,669$ ; g.l. = 128;  $p < 0,001$ ), em Paulo de Faria ( $t = 6,323$ ; g.l. = 86;  $p < 0,001$ ) e em Bauru ( $t = 4,690$ ; g.l. = 74;  $p < 0,001$ ). Se a abundância explicasse totalmente o grau, a inclinação da reta de regressão observada deveria ter sido estatisticamente igual à da reta esperada. Entretanto, nas três localidades estudadas, tanto para as lianas quanto para as árvores, o padrão encontrado ao sobrepormos as retas esperada e observada foi o mesmo: abaixo do ponto de intersecção das duas retas, o número observado de ligações foi maior e acima da intersecção foi menor que o esperado, caso apenas a abundância regesse o número de ligações entre espécies de árvores e de lianas.

Nosso trabalho demonstra que apenas a abundância não explica o número de ligações que uma espécie de árvore ou liana pode apresentar. Sugerimos que entre as espécies mais abundantes de árvores ocorreria maior frequência de

caracteres que inibem a ocupação por lianas. Por outro lado, caracteres inibidores de lianas seriam menos frequentes nas espécies pouco abundantes de árvores. Esses caracteres podem ser: presença de espinhos no caule (Maier 1982), crescimento rápido (Campanello *et al.*, 2007), presença de formigas simbiotes (Janzen 1969), caules flexíveis (Hegarty 1991), casca mais macia ou esfoliante (Campanello *et al.*, 2007).

A relação entre caracteres inibidores de lianas e abundância explicaria a presença das espécies que consideramos como outliers neste trabalho. Em Ubatuba, *Euterpe edulis* é uma palmeira abundante que se ligou a apenas duas espécies de lianas. A arquitetura de palmeiras permite que folhas novas emergindo do meristema apical cresçam verticalmente para então se abrir, recurvar - se e cair (Putz 1980). Por este motivo, em uma floresta estacional semidecídua na Argentina, Campanello *et al.*, (2007) observaram que palmeiras eram 69,5% menos infestadas por trepadeiras. Em Bauru, *Psychotria capitata* e *Actinostemon conceptionis* tiveram graus menores que os esperados. Essas espécies arbustivas que atingem em média 1,38 ( ± 0,007 de erro padrão) e 3,14 ( ± 0,05 de erro padrão) m de altura, respectivamente. Sua baixa altura média poderia explicar o pequeno número de lianas que se ligam a elas. Segundo Chittibabu & Parthasarathy (2001), a infestação de lianas seria mais frequente em árvores com 4 a 6 m de altura. Árvores maiores possuem maior capacidade de suportar maior carga (Clark & Clark 1990), riqueza (Nesheim & Økland 2007) e abundância de lianas (Reddy & Parthasarathy 2006). A maior infestação por lianas observada em árvores grandes, que são geralmente mais velhas que árvores pequenas indicaria que o tempo de exposição de uma árvore é uma variável importante na sua colonização por lianas (Nesheim & Økland 2007).

Em outros sistemas, a abundância também não explicou totalmente a estrutura de interação. Por exemplo, em redes de polinização apenas a abundância não explicou a assimetria encontrada (Stang *et al.*, 2007). Caracteres da flor, como o tamanho do tubo floral, e do animal visitante, como o comprimento do seu aparelho bucal, complementam a assimetria na rede (Jordano *et al.*, 2003; Stang *et al.*, 2007). Variações geográficas, como altitude e região biogeográfica (Guimarães *et al.*, 2006, Olesen & Jordano 2002), e complementaridade fenotípica entre as espécies (Rezende *et al.*, 2007b) podem afetar o valor do aninhamento da rede. Portanto, pode haver redes em que o aninhamento é melhor explicado por outros fatores que não a abundância. Em uma rede de polinização na Groenlândia, Olesen *et al.*, (2008) encontraram que a abundância explicou apenas 12% do número de ligações das plantas, ao passo que a duração da floração explicou de 51 a 69% da variação.

## CONCLUSÃO

O número de ligações que as espécies podem estabelecer depende parcialmente de sua abundância, isto é, apenas a abundância não explica toda a variação do grau nas diferentes espécies de lianas e de árvores. Nas espécies de menor abundância, a menor frequência de caracteres inibidores de

lianas levaria a um número de ligações maior que o esperado. Nas espécies de maior abundância, a maior frequência de caracteres inibidores de lianas levaria a um número de ligações menor que o esperado. Assim como acontece em outros sistemas, os caracteres das espécies de árvores poderiam explicar a diferença na inclinação das retas de regressão.

(Agradecemos ao Paulo Roberto Guimarães Jr. pela ajuda nas análises de dados. O projeto é financiado pela Fapesp (processo número 07/01649 - 0), com bolsa fornecida à primeira autora).

## REFERÊNCIAS

- Bascompte, J. & Jordano, P. 2007. Plant - Animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* 38:567 - 593.
- Bosch, J., González, A.M.M., Rodrigo, A. & Navarro, D. 2009. Plant - pollinator networks: adding the pollinator's perspective. *Ecology Letters* 12:409 - 419.
- Campanello, P.I., Garibaldi, J.F., Gatti, M.G. & Goldstein, G. 2007. Lianas in a subtropical Atlantic Forest: host preference and tree growth. *Forest Ecology Management* 242:250 - 259.
- Chittibabu, C.V. & Parthasarathy, N. 2001. Liana diversity and host relationships in a tropical evergreen forest in the Indian Eastern Ghats. *Ecological Research* 16: 519 - 529.
- Clark, D.B. & Clark, D.A. 1990. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a Costa Rican Tropical Wet Forest. *Journal of Tropical Ecology* 6: 321 - 331.
- Dupont, Y.L., Hansen, D.M. & Olesen, J.M. 2003. Structure of a plant - flower - visitor network in the high - altitude sub - alpine of Tenerife, Canary Islands. *Ecography* 26: 301 - 310.
- Guimarães, P.R.Jr., Ric - Gray, V., Reis, S.F. & Thompson, J.N. 2006. Asymmetries in specialization in ant - plant mutualistic networks. *Proceedings of Royal Society of London: Series B* 273:2041 - 2047.
- Hegarty, E.E. 1991. Vine - host interactions. In: Putz, F.E. & Mooney, H.A. (eds.) *The biology of vines*, pp. 357 - 375. Cambridge University Press. New York.
- Janzen, D.H. 1969. Allelopathy by myrmecophytes: the ant Azteca as an allelopathic agent of Cecropia. *Ecology* 50:147 - 153.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen, J.M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant - animal interactions. *Ecology Letters* 6:69 - 81.
- Maier, F.E. 1982. Effects of physical defenses on vine and epiphyte growth in palms. *Tropical Ecology* 23:212 - 217.
- Moffett, M.W. 2000. What's "Up"? A critical look at the basic terms of canopy biology. *Biotropica* 32:569 - 596.
- Nesheim, I. & Økland, R.H. 2007. Do vine species in neotropical forests see the forest or the trees? *Journal of Vegetation Science* 18:395 - 404.
- Olesen, J.M. & Jordano, P. 2002. Geographic patterns in plant - pollinator mutualistic networks. *Ecology* 83:2416 - 2424.

- Olesen, J.M., Bascompte, J., Elberling, H. & Jordano, P. 2008. Temporal dynamics in a pollination network. *Ecology* 89: 1573 - 1582.
- Putz, F.E. 1980. Lianas vs. trees. *Biotropica* 12:224 - 225
- Reddy, M.S. & Parthasarathy, N. 2006. Liana diversity and distribution on host trees in four inland tropical dry evergreen forests of peninsular India. *Tropical Ecology* 47:109 - 123.
- Rezende, A.A., Ranga, N.T. & Pereira, R.A.S. 2007a. Lianas de uma floresta estacional semidecidual, Município de Paulo de Faria, Norte do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 451 - 461.
- Rezende, E.L., Jordano, P., Bascompte, J. 2007b. Effects of phenotypic complementarity and phylogeny on the nested structure of mutualistic networks. *Oikos* 116:1919 - 1929.
- Rochelle, A.L., Cielo - Filho, R. & Martins, F.R. Environmental heterogeneity, diversity, and tree community assembly in a stand of the Brazilian Atlantic rainforest. Unpubl.
- Sfair, J.C., Rochelle, A.L.C., Rezende, A.A., van Melis, J., Weiser, V.L. & Martins, F.R.. 2009. Non - randomness of the liana - tree network: evidence of nestedness in three distinct vegetation formations. Unpubl.
- Stang, M., Klinkhamer, P.G.L. & van der Meijden, E. 2007. Asymmetric specialization and extinction risk in plant - flower visitor webs: a matter of morphology or abundance? *Oecologia*. 151:442 - 453.
- Van Melis, J. & Martins, F.R. Relationship between richness and biomass in a stand of Tropical Forest: the inclusion of lianas alters a monotonic relationship? Unpubl.
- Vázquez, D.P. 2005 Degree distribution in plant - animal mutualistic networks: forbidden links or random interactions? *Oikos* 108(2): 421 - 426
- Vázquez, DP & Aizen, MA. 2003. Null model analyses of specialization in plant - pollinator interactions. *Ecology* 84: 2493 - 2501
- Vázquez, D.P. & Aizen, MA. 2004. Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant - pollinator interactions. *Ecology* 85:1251-1257
- Vázquez, D.P., Poulin, R., Krasnov, B.R. & Shenhrot, G.I. 2005a. Species abundance and the distribution of specialization in host - parasite interaction networks. *Journal of Animal Ecology* 74:946-955.
- Vázquez, D.P., Morris, W.F. & Jordano, P. 2005b. Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecology Letters* 8: 1088 - 1094.
- Weiser, V. de L. 2007. Árvores, arbustos e trepadeiras do cerrado do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP. Thesis, Universidade Estadual de Campinas.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, USA.