

Efeito da altura da ornitocoria sobre o padrão de distribuição espacial de plantas lenhosas em áreas de cerrado

FLÁVIA M. D. MARQUITTI¹, LARISSA S. PEREIRA², LUCAS A. KAMINSKI¹, PAULA M. OMENA¹
e RODOLFO C. R. DE ABREU³

RESUMO – (Efeito da altura da ornitocoria sobre o padrão de distribuição espacial de plantas lenhosas em áreas de cerrado). A dispersão de sementes é um processo importante na estruturação populacional e da comunidade de plantas. Dentre os dispersores, as aves se destacam como um dos principais dispersores de sementes pela habilidade de se deslocarem a grandes distâncias e, por utilizarem poleiros em árvores que podem funcionar como núcleos de acúmulo de sementes. Neste trabalho, investigamos indiretamente se as aves utilizam árvores mais altas da comunidade e/ou plantas com síndrome de dispersão ornitocórica como poleiros preferenciais. As árvores mais altas seriam visualizadas mais facilmente na paisagem e as ornitocóricas atrairiam as aves pela presença de alimento, funcionando assim, como núcleos de acúmulo de sementes ornitocóricas à sua volta. Trabalhamos em três áreas de Cerrado utilizando o método ponto-quadrante, registrando as alturas de plantas com PAS ≥ 9 cm mais próximas do ponto em cada quadrante. Usamos 1188 pontos e observamos que as plantas mais altas não possuíam mais vizinhos ornitocóricos do que o esperado ao acaso. No entanto, plantas não-ornitocóricas possuíam mais vizinhos não-ornitocóricos e plantas ornitocóricas possuíam mais vizinhos ornitocóricos. A altura das árvores parece não ser uma característica utilizada ou discriminada pelas aves para a escolha de poleiros. A co-ocorrência de árvores não-ornitocóricas pode ser resultado da existência de micro-sítios favoráveis ao estabelecimento dos diásporos. Por exemplo, diásporos de plantas anemocóricas poderiam chegar aos micro-sítios formando um padrão de distribuição em manchas das espécies. Já a co-ocorrência de árvores ornitocóricas pode ser resultado da escolha preferencial das aves por plantas que provêem alimento para o empoleiramento.

Palavras-chave - Cerrado *sensu stricto*, poleiros, síndrome de dispersão, distribuição espacial

¹ PPG-Ecologia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 13083-970, Campinas, SP.

² PPG-Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 13083-970, Campinas, SP.

³ PPG-Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 13566-590, São Carlos, SP.

Autor para correspondência: flamarquitti@gmail.com

Introdução

A dispersão de sementes é um processo crucial na vida de uma planta, ligando sucessivas gerações, afetando as taxas de fluxo gênico, e influenciando a estrutura genética das populações (Fuentes 2000). A forma como o diásporo chega até um sítio favorável para a germinação varia, podendo ser dependente de fatores abióticos ou de um agente dispersor biótico (Van der Pijl 1982). Os diferentes tipos de dispersão são geralmente classificados em categorias de acordo o agente predominante, por exemplo, anemocórica pelo vento, autocórica por mecanismos intrínsecos da planta, e zoocórica por animais. Por sua vez, atributos dos diásporos, como tamanho, formato e massa, determinam o tipo de dispersor, a distância dispersada, bem como o destino do diásporo (Van der Pijl 1982).

As aves são consideradas um dos mais eficientes agentes dispersores pela habilidade de voar e grande mobilidade. Como consequência, uma variedade de plantas possui frutos atrativos e primariamente dispersos por aves (ornitocóricas). A ornitocoria parece estar diretamente relacionada com a complexidade estrutural da vegetação. Árvores isoladas ou proeminentes podem ser focos de recrutamento de sementes, porque funcionam como pontos de pouso de animais frugívoros (i.e., poleiro), principalmente aves e morcegos (Melo 1997, Arteaga *et al.* 2006). Assim, tais árvores podem funcionar como núcleos de deposição de sementes permitindo a continuidade do processo de sucessão vegetal (Guevara *et al.* 1986). Como resultado da utilização de poleiros, pelo menos inicialmente, as plantas ornitocóricas teriam distribuição espacial agregada.

Informações disponíveis para plantas do Cerrado sugerem padrões de distribuição espacial agrupada que pode variar entre espécies e localidades (Nakajima & Monteiro 1987, Hay *et al.* 2000). O Cerrado é a mais extensa formação savânica da América do Sul, sendo composta por um mosaico de diferentes fitofisionomias que variam quanto à importância do estrato arbóreo em relação ao arbustivo e herbáceo (Oliveira-Filho & Ratter 2002). Apesar da síndrome zoocórica ser predominante no Cerrado (e.g. Mantovani & Martins 1993), a relação entre distribuição espacial das plantas e o tipo de dispersor

tem sido pouco abordado nos estudos de dispersão no Cerrado. Nesse sentido, investigamos indiretamente duas questões relacionadas à distribuição espacial e ao empoleiramento por aves: 1) plantas mais altas possuem mais vizinhos ornitocóricas? 2) plantas ornitocóricas possuem mais vizinhos ornitocóricas em relação às não-ornitocóricas? Se árvores altas são utilizadas como poleiros mais frequentemente por serem mais conspícuas na paisagem, esperaríamos encontrar um maior número de árvores ornitocóricas próximas as plantas mais altas. No entanto, se a escolha dos poleiros estiver relacionada à disponibilidade de alimento, esperaríamos encontrar um maior número de plantas ornitocóricas próximas a plantas também ornitocóricas.

Material e métodos

Área de Estudo – Realizamos o trabalho em três fragmentos representantes da vegetação savânica do domínio Cerrado (Coutinho 2006). O fragmento denominado Estação Ecológica (22°13'15" S e 47°54'31"O) está inserido na Unidade de Conservação de Proteção Integral de Itirapina (UCI), cuja vegetação herbáceo-arbustiva, com pequenas e escassas árvores, representa a formação campo sujo. Os outros dois fragmentos, denominados Graúna (22°15'53"S e 47°47'59"O) e Estrela (22°12'04" S e 47°48'43"O), estão localizados em propriedades particulares e compõem a formação cerrado *strictu sensu* caracterizada por vegetação com árvores e arbustos (Ribeiro & Walter 1998).

O clima da região é do tipo Cwa (Köppen 1948) mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso (Prado 1997). Geomorfologicamente a região insere-se na "Província de Cuestas Basálticas" no Planalto de São Carlos em localidade próxima aos limites das escarpas da depressão periférica, ou seja, no reverso das Cuestas (Ponçano *et al.* 1981). Topograficamente predominam áreas relativamente planas com discretas depressões onde há afloramento do lençol freático, sendo que nestes locais o solo é essencialmente orgânico. Em toda a área predominam solos do tipo "Areia quartzosa álica A moderado", sendo muito permeável e de baixo potencial nutricional (Tannus & Assis 2004).

Coleta de Dados – Utilizamos o método de ponto-quadrante (Cottam & Curtis 1956) para coleta dos dados. Em cada quadrante, definimos a árvore mais próxima ao ponto central com perímetro mínimo de 9 cm na altura do solo e estimamos a altura da planta. Analisamos 99 pontos (396 indivíduos) na Estação Ecológica, 98 (392 indivíduos) no fragmento Estrela e 100 pontos (400 indivíduos) no fragmento Graúna, totalizando 297 pontos e 1188 árvores amostradas.

Após a identificação das espécies, classificamos as espécies quanto à síndrome de dispersão em anemocóricas, autocóricas e zoocóricas. Subdividimos as espécies zoocóricas em ornitocóricas, mastocóricas e saurocóricas (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006). Para a realização das análises consideramos as espécies preferencialmente ornitocóricas (O) e não-ornitocóricas (NO).

Análises – Para cada área, definimos as plantas mais altas de cada ponto e as classificamos em ordem decrescente. Para responder a pergunta se indivíduos altos possuem mais indivíduos O à sua volta, utilizamos a primeira metade dos pontos da ordem decrescente que continham as plantas mais altas das três áreas. Comparamos as quantidades de plantas O e NO em torno das plantas mais altas utilizando o teste de qui-quadrado.

Para testar se plantas O possuem maior número de indivíduos vizinhos O, comparamos as quantidades de vizinhos O em torno das plantas O e das plantas NO. Utilizamos todos os pontos referentes às três áreas e para cada quadrante determinamos o número de vizinhos O (0, 1, 2 ou 3 vizinhos O). A previsão de indivíduos com vizinhos O é: $p_i = C_{3,i} P_O^i P_{NO}^{3-i}$, sendo a probabilidade p de o indivíduo ter i vizinhos ornitocóricos com $0 \leq i \leq 3$; $C_{3,i}$ a combinação de 3, i a i ; P_O a proporção de o indivíduo ser O e P_{NO} a proporção de o indivíduo ser NO.

Calculamos as proporções de ornitocóricos (P_O) e de não-ornitocóricos (P_{NO}) de duas formas diferentes conforme a categoria (O ou NO) do indivíduo selecionado. Nos casos em que o indivíduo era O, calculamos as proporções P_O e P_{NO} a partir do número de indivíduos de todos os pontos, exceto aqueles compostos somente por plantas NO. Nos casos em que o indivíduo era NO, calculamos as proporções P_O e P_{NO} a partir do número de indivíduos de

todos os pontos, exceto aqueles compostos somente por plantas O. Comparamos as quantidades de plantas O vizinhas às plantas O e NO utilizando o teste de qui-quadrado com valor de $\alpha = 0,05$.

Resultados

Encontramos 73 espécies de plantas diferentes entre os três fragmentos, sendo 65% delas não-ornitocóricas e 35% ornitocóricas com 10 pontos compostos por quadrantes exclusivamente O e 89 pontos compostos exclusivamente NO (tabela 1).

Plantas altas não possuíam maior número indivíduos O em sua volta do que o esperado pela proporção de indivíduos O e NO na comunidade ($\chi^2 = 0,19$; $p = 0,66$; $gl = 1$; figura 1). Plantas NO possuíam mais vizinhos exclusivamente NO e menos vizinhos O ($\chi^2 = 793,42$; $p < 0,001$; $gl = 3$; figura 2a). Encontramos plantas O com dois e três vizinhos O em maior quantidade do que se espera ao acaso, e plantas ornitocóricas com zero vizinhos O e um vizinho O em menor quantidade do que se espera ao acaso ($\chi^2 = 115,55$; $p < 0,001$; $gl = 3$; figura 2b).

Discussão

Nós encontramos que as plantas mais altas do estrato arbustivo-arbóreo não possuem um maior número de indivíduos ornitocóricos vizinhos. Este resultado sugere que a altura das árvores não é uma característica utilizada ou discriminada pelas aves para a escolha de poleiros em áreas de cerrado. A proposta de poleiros como focos de recrutamento de sementes parece se aplicar a áreas compostas por mosaico de vegetação campo/floresta em que a presença de poleiros funciona como núcleos de expansão da floresta (e.g. Duarte *et al.* 2006). Com base nessa idéia, a utilização de poleiros artificiais tem sido proposta com fins de facilitar a restauração e manejo de áreas degradadas, onde inexistem poleiros para aves (Guevara *et al.* 1986). Para as nossas áreas de estudo, que são compostas basicamente por fitofisionomias de cerrado *strictu sensu* e campo sujo, a idéia de empoleiramento em árvores mais altas talvez não se aplique devido a uma menor diferença relativa entre o estrato arbustivo e arbóreo. Outra explicação plausível é que poleiros mais evidentes (i.e. árvores altas) na vegetação poderiam conferir maior exposição

e suscetibilidade aos predadores em um ambiente tipo savana (Silva *et al.* 2008).

Em contrapartida, o tipo de síndrome de dispersão parece ser um fator importante na geração dos padrões de distribuição espacial de plantas no cerrado. Plantas não-ornitocóricas apresentaram maior co-ocorrência nos pontos compostos por três ou quatro indivíduos não-ornitocóricas. Ou seja, parece existir um padrão de distribuição agregada mediada de alguma forma pelo tipo de dispersão envolvido. O fato da maioria das espécies não-ornitocóricas encontradas dentro de um mesmo ponto (52%) pertencer a espécies diferentes sugere que a autocoria ou propagação vegetativa não sejam os fatores preponderantes no padrão de co-ocorrência encontrado. Neste aspecto, nosso estudo sugere que as plantas não-ornitocóricas que co-ocorrem devem possuir sistemas de dispersão eficientes. Dentre estas, mais de 90% são anemocóricas ou eram dispersas pela megafauna extinta no Pleistoceno e atualmente podem ser dispersas secundariamente por formigas (Christianini *et al.* 2007, Guimarães *et al.* 2008).

Nos casos das plantas ornitocóricas, a seleção de poleiros provavelmente está relacionada à obtenção de recurso alimentar, evidenciado indiretamente pelo maior número de indivíduos ornitocóricos com vizinhos ornitocóricos. A co-ocorrência espacial de plantas com mesma síndrome pode ser resultante da atividade de forrageamento preferencial em plantas com oferta de recursos para aves frugívoras e da consequente deposição de diásporos nas proximidades dos poleiros. Desta forma, as árvores que provém alimentos às aves podem funcionar como núcleos de deposição de sementes de diferentes espécies de plantas ornitocóricas (Guevara *et al.* 1986). Assim como observado para as plantas não-ornitocóricas, o padrão de co-ocorrência espacial pode ser explicado pela estratégia de dispersão, pois existe uma maior frequência (61%) de espécies diferentes co-ocorrendo em classes de pontos com três ou quatro espécies de plantas ornitocóricas. Uma hipótese alternativa para explicar esse padrão de co-ocorrência espacial pode ser a dispersão secundária por formigas que muitas vezes podem fazer dispersão direcionada para sítios favoráveis à germinação (Christianini & Oliveira 2009).

Diversos fatores podem estar relacionados à produção dos padrões de distribuição espacial em uma comunidade vegetal, e plantas com diferentes idades podem apresentar diferentes padrões de distribuição (Hutchings 1986). Por exemplo, indivíduos maiores tendem a se distribuir mais agrupados espacialmente como uma consequência da seleção em sítios favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento, enquanto que plântulas se distribuem mais espalhadas por ainda não terem sofrido mortalidade. Tal padrão tem sido observado no cerrado (Hay *et al.* 2000, Christianini *et al.* 2004). Nesse sentido, estudos que considerem plantas de diferentes idades podem ajudar a identificar com maior precisão os processos envolvidos nos padrões encontrados nesse trabalho. Uma vez que a maioria das plantas no cerrado apresenta padrão de distribuição agregado (Hay *et al.* 2000), estudos que relacionem síndrome de dispersão e padrão de distribuição espacial podem ser úteis no entendimento da dinâmica da vegetação do cerrado.

Referências bibliográficas

- ARTEAGA, L.L., AGUIRRE L.F. & MOYA M.I. 2006. Seed rain produced by bats and birds in forest islands in a Neotropical savanna. *Biotropica* 38: 718-724.
- COTTAM, G. & CURTIS, J.T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37: 451-460.
- COUTINHO, L.M. 2006. O conceito bioma. *Acta Botanica Brasilica* 20: 1-11.
- CHRISTIANINI, A.V., ANTONELLI, A., RODRIGUES, G.B. & VIANI, R.A.G. 2004. Síndromes de dispersão e distribuição espacial de indivíduos de sete espécies lenhosas do cerrado. *In: Relatórios da disciplina NE211 – PPG-Ecologia.* (F.A.M. Santos, F.R. Martins, J.Y. Tamashiro, coords.). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CHRISTIANINI, A.V., MAYHÉ-NUNES, A.J. & OLIVEIRA, P.S. 2007. The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a Neotropical savanna. *Journal of Tropical Ecology* 23: 343-351.
- CHRISTIANINI, A.V., & OLIVEIRA, P.S. 2009. The relevance of ants as seed

- rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. *Oecologia* 160: 735-745.
- DUARTE, L.S., DOS-SANTOS, M.G., HARTZ, S.M. & PILLAR, V.P. 2006. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. *Austral Ecology* 31: 520-528.
- FUENTES, M. 2000. Frugivory, seed dispersal and plant community ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 12: 487-488.
- GOTTSBERGER G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. Life in the cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. Vol. II. Pollination and seed dispersion. Ulm, Reta Verlag.
- GUEVARA, S., PURATA, S.E., VAN DER MAAREL, E. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* 66: 77-84.
- GUIMARÃES JR. P.R., GALETTI, M. & JORDANO P. 2008. Seed dispersal Anachronisms: Rethinking the fruits extinct megafauna ate. *PLoS ONE* 3: e1745.
- HAY, J.D., BIZERRIL, M.X., CALOURO, A.M., COSTA, E.M.N., FERREIRA, A.A., GASTAL, M.L.A., GOES JR., C.D., MANZAN, D.J. MARTINS, C.R., MONTEIRO, J.M.G., OLIVEIRA S.A., RODRIGUES M.C.M., SEYFFARTH, J.A.S. & WALTER, B.M.T. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 341-347.
- HUTCHINGS M.J. 1986. The structure of plant populations. *In*: Plant Ecology. (M.J. Crawley, coord.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. Fondo de Cultura Económica, México.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1993. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu. *Acta Botanica Brasileira* 7: 33-60.
- MELO, V. A. 1997. Poleiros artificiais e dispersão de sementes por aves em uma área de reflorestamento, no Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- NAKAKIMA, J.M. & MONTEIRO, R. 1987. Padrões de distribuição espacial de espécies de *Styrax* (Styracaceae) de Cerrados. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 30: 419-430.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., AND J.A. RATTER. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In* The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, pp. 91-120.
- PONÇANO, W.L., CARNEIRO, C.D.R., BRITICHI, C.A., ALMEIDA, F.F.M. & PRANDINI, F.L. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. v.1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.
- PRADO, H. 1997. Os solos do Estado de São Paulo: mapas pedológicos. Editora Hélio do Prado, Piracicaba.
- RIBEIRO, JF. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Embrapa/CPAC, Brasília. p. 89-166.
- SILVA, I.A., FIGUEIREDO, R.A. & MATOS D.M.S. 2008. Feeding visit time of fruit-eating birds in cerrado plants: revisiting the predation risk model. *Revista Brasileira de Zoologia* 25: 682-688.
- TANNUS, J.L.S. & ASSIS, M.A. 2004. Composição de espécies de campos em área de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 489-506.
- VAN DER PIJL, L. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer, Berlin.

Tabela 1. Número de espécies, variação da altura das plantas maiores por ponto, porcentagem de plantas não-ornitocóricas (NO) e ornitocóricas (O) em três áreas de cerrado em Itirapina, São Paulo, Brasil.

Local	Espécies (N)	Altura das plantas mais altas (m)	Plantas NO (%)	Plantas O (%)
Graúna	49	1,6 - 12	50,25	49,75
Estação Ecológica	41	0,6 - 6	64,28	35,72
Estrela	49	0,8 - 14	80,10	19,90

Figura 1. Porcentagem de plantas ornitocóricas e não-ornitocóricas próximas a plantas mais altas de um ponto quadrante e em relação à comunidade de plantas lenhosas (PAS > 9 cm) em três áreas de cerrado em Itirapina, São Paulo, Brasil.

Figura 2. Porcentagem de plantas ornitocóricas e não-ornitocóricas em quatro possibilidades de número de vizinhos ornitocóricos (0, 1, 2 e 3) de um ponto quadrante para comunidade de plantas lenhosas (PAS > 9 cm) em três áreas de cerrado em Itirapina, São Paulo, Brasil.