



TAXA DE VISITAÇÃO E ABUNDÂNCIA RELATIVA DE *EUGLOSSA DECORATA* EM POPULAÇÕES DE *MONOTAGMA SPICATUM* (J.B. AUBLET) MACBRIDE (MARANTACEAE) NA AMAZÔNIA CENTRAL

L.N.T. Melo¹

A.C. Webber²; F.R.C. Costa³; T.N. de Moura⁴; F.F. Almeida⁴

1 - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Pós - graduação em Botânica (nível mestrado). Av. André Araújo, 2936, Aleixo. Caixa Postal 478, 69060 - 001, Manaus, Amazonas, Brasil. 2 - Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Biologia, Instituto de Ciências Biológicas. Av. General Rodrigo Octavio, 3000, Coroado I, 69077 - 000, Manaus, Amazonas, Brasil. 3 - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Departamento de Ecologia. Caixa Postal 478, 69011 - 970, Manaus, Amazonas, Brasil. 4 - Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Natureza e Cultura. Estrada 1o de Maio, s/n, Colônia, 69630 - 000, Benjamin Constant, Amazonas, Brasil. email do autor para contato: lntmelo@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os estudos de interações planta - polinizador são de primordial importância para o entendimento dos mecanismos envolvidos na evolução de traços florais, condição que pode contribuir para diversificação de muitas angiospermas (Stebbins, 1970).

Os polinizadores podem diferir em relação ao espaço, variando entre locais, e ao tempo, variando entre os anos ou entre as estações do ano (Horvitz & Schemske, 1990; Herrera, 1995; Herrera *et al.*, 006; Schemske & Horvitz, 1989). Essa variação pode reduzir a probabilidade de animais exercerem pressões seletivas nos traços das plantas, impedindo a especialização da planta a um polinizador particular (Gómez & Zamora, 2006; Schemske & Horvitz, 1984).

Em relação à variação espacial, a composição dos polinizadores, assim como a porcentagem de flores visitadas ou polinizadas pode variar entre indivíduos dentro de uma população, dependendo da localização da planta (Kennedy, 1983; Kunin, 1997), como também entre populações (Herrera, 1988). Estas diferenças podem ser ocasionadas por fatores intrínsecos à planta, características fenotípicas da flor, e/ou extrínsecos, características ambientais (Bosh & Waser, 1999; Caruso, 2000; Herrera, 1995; Herrera *et al.*, 006; Sánchez - Laflente *et al.*, 005; Thompson, 2001; Zhao *et al.*, 007).

Estudar a polinização entre populações de uma espécie de planta, em uma mesma área geográfica ou entre diferentes áreas, é importante para o entendimento do processo evolutivo envolvido em sistemas de especialização entre planta - polinizador (Herrera, 2005). Entretanto, abordagens ecológicas entre populações têm sido pouco abordadas (Herrera *et al.*, 006).

OBJETIVOS

Assim, este estudo aborda a polinização em populações de *Monotagma spicatum* (J.B. Aublet) Macbride (Marantaceae), uma herbácea que ocorre em sub - bosque na Amazônia Central, objetivando responder as seguintes perguntas: (1) Quem são os polinizadores de *Monotagma spicatum*?; (2) Entre populações de *Monotagma spicatum*, ocorre variação na composição, taxa de visitas e abundância relativa dos polinizadores?; (3) Se ocorre, é devido a fatores intrínsecos e/ou extrínsecos à planta?.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Áreas de estudo e delineamento amostral

O estudo foi realizado entre fevereiro de 2007 a fevereiro de 2008 na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas - UFAM e na Reserva Florestal Adolpho Ducke - INPA. Ambas são florestas tropicais úmidas de terra - firme e se distanciam em aproximadamente 50 km.

Na Fazenda Experimental da UFAM (área 1), um conjunto de trilhas localizadas no interior da mata contínua foi utilizado para amostragem dos indivíduos. Esses indivíduos foram considerados como a população 1. Também foram selecionados indivíduos situados na borda, considerados como a população 2. As populações 1 e 2 se distanciavam, em aproximadamente, 2000 m. Na Reserva Adolpho Ducke (área 2), foram utilizados somente indivíduos localizados em mata contínua, distribuídos ao longo de um sistema de trilhas, considerados como a população 3.

2.2 - Visitantes florais, variação espacial, fatores intrínsecos, extrínsecos.

Informações dos visitantes florais foram obtidas por observações diretas no campo. Para analisar se havia diferenças na composição, taxa de visitas e abundância relativa dos polinizadores entre as populações, foram realizados um total de 30 censos distribuídos igualmente entre as populações 1, 2 e 3, ou seja, foram selecionados 10 indivíduos por população. Cada censo foi conduzido em um único indivíduo por dia, num período de três horas, entre 7h00 e 10h00, horário correspondente a maior atividade dos polinizadores nas flores. Esses censos foram alternados entre as populações 1, 2 e 3 devido as possíveis variações fenológicas ocorridas durante o período total das análises.

A taxa de visitas foi determinada de acordo com Herrera (1989), como o número de flores visitadas na inflorescência por unidade de tempo (NF/TT). onde NF o número de flores visitadas e desengatilhadas durante o período de observação do censo e TT o tempo total de observação do polinizador, que inclui o tempo de visita às flores mais o tempo de voo entre flores consecutivas. A abundância relativa do polinizador foi considerada como o número de vezes que o polinizador visitou a planta durante a duração do censo.

Foram considerados intrínsecos o número de flores abertas ao dia, volume de néctar, porcentagem de açúcares no néctar, diâmetro floral, comprimento do estaminódio externo, comprimento do tubo floral e altura da inflorescência, ou seja, distância dessa ao chão. O volume e concentração de néctar foram medidos com microseringa e refratômetro de bolso, respectivamente. A medição das estruturas florais foi feita com auxílio de paquímetro e régua.

Em relação aos fatores extrínsecos, foram levadas em consideração a luminosidade e a densidade populacional. A luminosidade foi medida com um sensor de intensidade luminosa acoplado a um "data logger", programado de 7h00 as 13h00, sobre cada indivíduo analisado no censo. A densidade populacional foi estimada como o número de indivíduos de *Monotagma spicatum* localizados em um raio de 10 metros ao redor do indivíduo utilizado no censo. A estimativa do número de indivíduos foi feita em três categorias: 1) 0 - 6 indivíduos, 2) 7 - 30 indivíduos e 3) acima de 30 indivíduos.

2.3 - Análise dos dados

Para determinar se havia diferenças na taxa de visitas e na abundância relativa do polinizador, assim como nos fatores intrínsecos e extrínsecos, entre as populações, primeiro foi feita uma análise comparando as populações 1 e 2 e depois foi feita uma comparação dessas duas populações juntas (área 1) com a população 3 (área 2). Para essas comparações, usou - se o teste não paramétrico de Kruskal Wallis.

Para avaliar se os fatores intrínsecos e extrínsecos influenciavam na variação da taxa de visitas entre as populações, foi elaborado um modelo aplicando - se uma análise multivariada do tipo General Linear Model (GLM), onde foram utilizadas somente as variáveis intrínsecas e extrínsecas que deram diferenças significativas entre as populações em estudo. Em relação à variação na abundância relativa do polinizador, também foi elaborado um modelo aplicando - se a análise do tipo GLM, utilizando - se as mesmas variáveis usadas no modelo da taxa de visitas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Systat 7.0. O nível de significância utilizado em todos os testes foi de 0,05.

RESULTADOS

Euglossa decorata (Apidae) foi o único polinizador de *Monotagma spicatum*. Ou seja, não houve variação na composição dos polinizadores entre as populações analisadas durante o período de estudo.

Embora esse resultado tenha sido comparado entre as populações de somente duas áreas distanciadas, em média, por 50 quilômetros, a variação espacial no grupo de polinizadores pode ocorrer em escalas muito pequenas dentro de uma mesma área em estudo (Gómez & Zamora, 2006; Herrera, 1995; Horvitz & Schemske, 1990). A diferença na composição dos polinizadores poderia estar relacionada a variações em algum fator fenotípico da planta ou mesmo ambiental. Os polinizadores poderiam estar associados, por exemplo, a diferentes regimes de luminosidade, dependendo da localização da planta (Herrera, 1995). No entanto, nenhuma dessas associações foi observada em polinizadores de *Monotagma spicatum*.

O princípio do polinizador mais efetivo, descrito por Stebbins (1970), assegura que a seleção pode favorecer traços das plantas que mantêm somente os visitantes que fornecem o melhor serviço da polinização. Contudo, a variação na composição dos polinizadores impede a planta se especializar a um determinado polinizador (Herrera, 1988, 1995). Como *Monotagma spicatum* é visitada por uma única espécie de abelha, os resultados sugerem uma especialização da planta a este particular polinizador nas três populações estudadas. É importante salientar que as sugestões sobre a especialização de *Monotagma spicatum* a *Euglossa decorata* são válidas se a espécie polinizadora não variar temporalmente, entre anos e/ou entre estações, pois tal variação diluiria as pressões seletivas dos polinizadores às plantas, limitando assim a especialização (Gómez & Zamora, 2006).

Comparando primeiramente a população 1, situada na mata contínua, e a população 2, situada na borda (área 1), não houve diferença significativa na taxa de visitas ($U = 47.5000$, $p = 0,8360$), como também na abundância relativa de *Euglossa decorata* ($U = 46.5000$, $p = 0,7840$). Além disso, nesses dois tipos de habitats, não houve diferenças significativas nas variáveis fenotípicas da planta nem nas do ambiente.

A ausência de variação na taxa de visitas e na abundância relativa do polinizador entre estas duas populações pode ser justamente devida à ausência de diferenças entre os fatores intrínsecos e extrínsecos mensurados. Esperava - se que a luminosidade pudesse ser um fator que causasse variações na taxa de visitas e na abundância de *Euglossa decorata*, já que as populações de *Monotagma spicatum* estavam situadas em mata contínua e em borda, entretanto a luminosidade não apresentou diferenças significativas ($p = 0,4963$).

Como não houve diferença na taxa de visitas e abundância relativa entre as populações 1 e 2, assim como em todos os fatores intrínsecos e extrínsecos mensurados, considerou - se os dez indivíduos da população 1 e os dez da população 2 (área 1) como uma única população e comparou - se com os

dez indivíduos da população 3 (área 2). Nesta comparação houve diferenças na taxa de visitas ($U = 43.5000$, $p = 0,0102$) e na abundância relativa de *Euglossa decorata* ($U = 32.0000$, $p = 0,0024$), sendo, ambas, maiores na população 3.

Em relação aos fatores intrínsecos, o volume de néctar, porcentagem de açúcares no mesmo e altura da inflorescência foram os únicos que apresentaram diferenças significativas entre as populações 1 e 2 juntas quando comparadas com a população 3. O volume médio de néctar nas populações 1 e 2 foi $2,0 (\pm 0,36) \mu\text{L}$ e a porcentagem de açúcares foi, em média, $21,9\% (\pm 5,86)$. Na população 3, o volume médio de néctar foi $3,4 (\pm 0,62) \mu\text{L}$ e a porcentagem de açúcares foi, em média, $16,2\% (\pm 1,39)$. Já a altura da inflorescência nas populações 1 e 2 foi cerca de $39,6 (\pm 8,13)$ mm e na população 3 cerca de $50,9 (\pm 8,11)$ mm.

Com relação aos fatores extrínsecos, a luminosidade ($p = 0,0464$) e a densidade populacional diferiram entre as populações. Na população 3 havia muito mais indivíduos de *Monotagma spicatum* aglomerados ao redor dos indivíduos selecionados para os censos comparados com as populações 1 e 2. As categorias que foram utilizadas para população 3 foram a 2 (7 - 30 indivíduos) e a 3 (acima de 30 indivíduos), já para as populações 1 e 2, a categoria usada foi a 1 (0 - 6 indivíduos). Foram observados muitos indivíduos de *Monotagma spicatum* não somente em volta dos indivíduos selecionados para os censos, e sim em toda a área de estudo. É importante mencionar que, tanto na Fazenda Experimental como na Reserva Adolpho Ducke, não havia outras herbáceas com flores em um raio de 10 metros dos indivíduos analisados nos censos.

Nenhum dos fatores intrínsecos e extrínsecos à planta, que apresentaram diferenças significativas entre as populações, foi responsável pelas variações observadas nas taxas de visitas dos polinizadores.

Em relação à diferença observada na abundância relativa do polinizador entre as populações, os fatores intrínsecos também não exerceram influência. Mas, em relação aos fatores extrínsecos, a densidade populacional foi significativa ($p = 0,0001$), influenciando, assim, na atratividade de polinizadores às plantas.

Segundo Thompson (2001), a abundância do polinizador pode aumentar com o número de flores abertas em uma população. Como a taxa de visitas e a abundância relativa da abelha estão correlacionados ($p = 0,0027$), quanto maior a quantidade de indivíduos com flores em *Monotagma spicatum* numa unidade de área, maior a atração de indivíduos da abelha polinizadora e assim, maior a taxa de visitas. A densidade populacional é desta forma, um fator extrínseco que influencia indiretamente a taxa de visitação do polinizador.

De acordo com Kennedy (1978), espécies de Marantaceae, em geral, recebem visita de poucos polinizadores e a ocorrência de dois ou mais polinizadores visitando a mesma espécie está quase sempre correlacionada com a ocorrência da alta densidade populacional da planta. Ainda, segundo a mesma autora (1983), o percentual de flores polinizadas varia consideravelmente dependendo da localização da planta na população.

CONCLUSÃO

A ausência de variação espacial na composição dos polinizadores em *Monotagma spicatum*, sendo polinizada por uma única espécie de abelha, sugere uma especialização na interação planta - polinizador nas populações estudadas.

A variação na abundância relativa do polinizador entre as populações de *Monotagma spicatum* é devida a um fator extrínseco à planta, ou seja, a densidade populacional, e não a fatores intrínsecos. Um grande número de indivíduos de *M. spicatum* numa área aumenta a abundância de *Euglossa decorata*, que, por sua vez, influencia a taxa de visitas às flores. Assim, o fator crucial para um maior sucesso na polinização das populações de *M. spicatum* estudadas é quão densas elas são e não como elas são.

Agradecimentos

Ao Dr. Márcio Oliveira (INPA) pela identificação da abelha. Ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Bosch, M. & Waser, N.M. Effects of local density on pollination and reproduction in *Delphinium nuttallianum* and *Aconitum columbianum* (Ranunculaceae). *American Journal of Botany*, 86: 871 - 879, 1999.
- Caruso, C.M. Competition for pollination influences selection on floral traits of *Ipomopsis aggregata*. *Evolution*, 54: 1546 - 1557, 2000.
- Gómez, J.M. & Zamora, R. Ecological factors that promote the evolution of generalization in pollination systems. In: Waser, N.M. & Ollerton, J., (eds.). *Plant - pollinator interactions-from specialization to generalization*. The University of Chicago Press, 2006, p.145 - 166.
- Herrera, C.M. Variation in mutualism: the spatio-temporal mosaic of a pollinator assemblage. *Biological Journal of the Linnean Society*, 35: 95 - 125, 1988.
- Herrera, C.M. Pollinator abundance, morphology, and flower visitation rate: analysis of the "quantity" component in a plant - pollinator system. *Oecologia*, 80: 241 - 248, 1989.
- Herrera, C.M. Microclimate and individual variation in pollinators: flowering plants are more than their flowers. *Ecology*, 76: 1516 - 1524, 1995.
- Herrera, C.M. Plant generalization on pollinators: species property or local phenomenon? *American Journal of Botany*, 92: 13 - 20, 2005.
- Herrera, C.M., Castellanos, M.C. & Medrano, M. Geographical context of floral evolution: towards an improved research programme in floral diversification. In: Harder, L.D. & Barrett, S.C. (eds.). *Ecology and evolution of flowers*. Oxford University Press, 2006, p.278 - 294.
- Horvitz, C.C. & Schemske, D.W. Spatiotemporal variation in insect mutualists of a neotropical herb. *Ecology*, 71: 1085 - 1097, 1990.
- Kennedy, H. Systematic and pollination of the "closed-flowered" species of *Calathea* (Marantaceae). *University of California Publication in Botany*, 71: 1 - 90, 1978.
- Kennedy, H. *Calathea insignis*. (Hoja Negra, Hoja de Sal., Bijagua, Rattlesnake Plant). In: Janzen, D.H. (ed.).

Costa Rican Natural History. University of Chicago Press, Chicago, 1983, p.204 - 206.

Kunin, W.E. Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. *Journal of Ecology*, 85: 225 - 234, 1997.

Sánchez - Lafuente, A.M., Guitián, J., Medrano, M., Herrera, C.M., Rey, P.J. & Cerdá, X. Plant traits, environmental factors, and pollinator visitation in winter - flowering *Helleborus foetidus* (Ranunculaceae). *Annals of Botany*, 96: 845 - 852, 2005.

Schemske, D.W. & Horvitz, C.C. Variation among floral visitors in pollination ability: a precondition for mutualism

specialization. *Science*, 225: 519 - 521, 1984.

Schemske, D.W. & Horvitz, C.C. Temporal variation in selection on a floral character. *Evolution*, 43: 461 - 465, 1989.

Stebbins, G.L. Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms, I: pollination mechanisms. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1: 307 - 326, 1970.

Thompson, J.D. How do visitation patterns vary among pollinators in relation to floral display and floral design in generalist pollination system? *Oecologia*, 126: 386 - 394, 2001.

Zhao, Z., He, Y., Wang, M. & Du, G. Variation of flower size and reproductive traits in self - incompatible *Thalictrum ranunculoides* (Ranunculaceae) among local habitats at Alpine Meadow. *Plant Ecology*, 193: 241 - 251, 2007.