



AValiação DE MIMETISMO ENTRE TRÊS ESPÉCIES SINCRONOPÁTRICAS POLINIZADAS POR ABELHAS NA RESTINGA DO SUDESTE DO BRASIL.

V.L.G. Brito¹

L.C.N. Fonseca¹

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

Telefone: 19 3521 6170- viniciusduartina@gmail.com

INTRODUÇÃO

Plantas sincronopátricas com flores semelhantes e que possuem os mesmos polinizadores podem ter um aumento ou redução no sucesso reprodutivo ao ocorrerem em um mesmo agrupamento (Brown & Kodric - Brown 1979, Dafni 1984, Cozzolino *et al.*, 2005). Caso a proximidade destas espécies atraia um número maior de visitantes, as flores podem ter um maior fluxo de pólen e, conseqüentemente, maior sucesso reprodutivo (Dafni 1984, Johnson *et al.*, 2003). Porém, as plantas podem competir pelos polinizadores e, neste caso, espécies diferentes tendem a ter menor sucesso reprodutivo juntas do que quando ocorrem isoladas (Moragues & Traveset 2005). Em alguns casos, uma destas espécies não apresenta recurso para os visitantes florais e, portanto, espera - se que ela tenha maior sucesso reprodutivo quando ocorre próxima de espécies que oferecem recursos (Dafni 1984, Dafni & Calder 1986, Johnson 1994).

O mimetismo Batesiano em flores ocorre quando uma espécie (modelo) não obtém vantagens e a outra (mímica) aumenta o seu sucesso reprodutivo através do engano do polinizador. Algumas das características necessárias para que ocorra este tipo de mimetismo são: sobreposição da distribuição geográfica das espécies; produção de recursos pela espécie modelo e não pela mímica; sobreposição dos períodos de floração, geralmente com o período de floração da mímica iniciando depois e terminando antes da floração da modelo; as plantas devem possuir as mesmas espécies de polinizadores e os mesmos indivíduos devem forragear em ambas; e o sucesso reprodutivo da mímica deve ser maior na presença da modelo (Dafni 1984, Johnson 1994, Roy & Widmer 1999).

A família Orchidaceae possui um grande número de espécies que não apresentam recursos e diversos trabalhos sugerem a ocorrência de mimetismo Batesiano envolvendo orquídeas (Dafni & Calder 1986, Cozzolino & Widmer 2005). Entretanto, poucos trabalhos realizaram experimentos que comprovam esta idéia (Roy & Widmer 1999).

Um estudo realizado sobre a biologia reprodutiva da

orquídea *Cyrtopodium polyphyllum* sugeriu a ocorrência de mimetismo Batesiano, sendo esta a espécie mímica, e as espécies *Stigmaphyllon arenicola* (Malpighiaceae) e *Crotalaria vitellina* (Fabaceae) os modelos (Pansarin *et al.*, 2008a). Segundo este estudo, *C. polyphyllum* ocorre com frequência junto às outras espécies (nas mesmas moitas), as três possuem flores amarelas e com tamanhos semelhantes e o período de floração de *C. polyphyllum* começa depois e termina antes das florações das outras duas espécies. As observações realizadas verificaram que as três espécies são visitadas por abelhas Centridini, que coletam óleo e néctar em flores de *S. arenicola* e *C. vitellina*, respectivamente. As visitas às flores de *C. polyphyllum* eram raras e rápidas, já que as abelhas pousavam na flor, procuravam o recurso e, como não o encontravam, saíam logo. Nenhuma abelha foi observada visitando indivíduos de *C. polyphyllum* isolados (Pansarin *et al.*, 2008a).

OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo avaliar este caso proposto de mimetismo Batesiano detalhando aspectos da fenologia e biologia floral destas espécies, além de testar as seguintes hipóteses: 1) o mesmo polinizador visita a planta modelo e a mímica e 2) os indivíduos de *C. polyphyllum* apresentam maior sucesso reprodutivo quando ocorrem próximos de indivíduos de *S. arenicola* ou *C. vitellina*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: local e caracterização

O estudo foi realizado em áreas de restinga, na Praia da Fazenda, Parque Estadual da Serra do Mar, e na Praia da Fortaleza, no município de Ubatuba, SP. A restinga é uma formação vegetal associada à Floresta Atlântica (Scarano 2002) que tem sido rapidamente destruída, principalmente devido à especulação imobiliária (Sá 2002). O clima na

área é tropical úmido com pluviosidade anual de até 2600 mm e temperatura anual média de 21°C (Pansarin *et al.*, 2008a,b).

Fenologia e Biologia Floral

Visitamos as áreas de estudo durante o ano de 2008, mas de forma intensa durante os meses de dezembro de 2008 e janeiro de 2009, época em que as três espécies estão floridas. Estabelecemos o padrão da florada de acordo com os padrões fenológicos definidos por Newstrom *et al.*, (1994). Definimos a intensidade da florada contando o número de flores abertas em uma mancha em que *C. polyphyllum* co-ocorre com *S. arenicola* no dia 14 de dezembro de 2008.

Determinamos a seqüência, duração da antese e presença de odor diretamente no campo (Dafni 1992), durante o período de floração. O tamanho das flores foi obtido medindo o diâmetro (largura) da corola para *C. polyphyllum* e *S. arenicola* e do estandarte para *C. vitellina* com ajuda de paquímetro e comparando através de teste ANOVA, depois de comprovada a normalidade pelo teste Shapiro - Wilk.

Visitas florais (hipótese 1)

Para avaliar se um mesmo polinizador visita flores da planta modelo e da mímica usamos pigmentos fluorescentes em dois tipos de experimentos: 1) natural-depositamos pigmentos de uma única cor em flores *S. arenicola* (n=10) e de outra cor em *C. vitellina* (n=10) e, ao final do dia, coletamos as flores de *C. polyphyllum* próximas (dentro de um raio de 10 metros) a estes experimentos; 2) artificial-depositamos pigmento em flores de *S. arenicola* (n=22 - 30) ou *C. vitellina* (n=11), colamos flores de *C. polyphyllum* nestas inflorescências (n=8 para os experimentos com *S. arenicola* e n=11 para os experimentos com *C. vitellina*), e ao final do dia coletamos estas inflorescências e as flores de *C. polyphyllum*. No mesmo dia analisamos as flores provenientes de ambos os experimentos quanto à presença ou ausência e a cor do pigmento com ajuda de lupa. Repetimos o experimento artificial para o conjunto *S. arenicola* e *C. polyphyllum* em dois dias diferentes.

Sucesso Reprodutivo (hipótese 2)

Para avaliar se os indivíduos de *C. polyphyllum* apresentam maior sucesso reprodutivo quando ocorrem próximos de indivíduos de *S. arenicola* ou de *C. vitellina*, comparamos a taxa de frutificação (número de frutos/número de cicatrizes de flores) de indivíduos próximos (dentro de um raio de 10 metros) ou distantes (fora de um raio de 10 metros) das plantas tidas como modelo. Para isso usamos um teste de Kruskal Wallis, depois de refutada a normalidade pelo teste Shapiro - Wilk.

RESULTADOS

Encontramos indivíduos de *C. polyphyllum* co-ocorrendo com indivíduos de *S. arenicola* em ambiente rupícola na praia da Fortaleza e com indivíduos de *C. vitellina* em ambiente terrícola na praia da Fazenda. Não encontramos as três espécies co-ocorrendo em um mesmo local. As espécies *C. polyphyllum* e *S. arenicola* apresentam um padrão anual de florada (Newstrom *et al.*, 1994) e florescem durante os meses de novembro e janeiro, sendo que *C. polyphyllum* inicia a florada depois e termina antes de *S. arenicola*

(Pansarin *et al.*, 2008a). Isto confirma um dos pressupostos para a ocorrência de mimetismo Batesiano, porém, na praia da Fortaleza, a intensidade de florada (quantidade de flores abertas em um dia) da orquídea é maior. Num mesmo dia contamos 763 flores da orquídea e apenas 42 flores de *S. arenicola*. Segundo Dafni (1984) a baixa frequência do mímico é um critério crucial para a ocorrência do mimetismo Batesiano. A espécie *C. vitellina* apresenta um padrão contínuo de florada (Newstrom *et al.*, 1994) com flores durante o ano todo, mas com maior intensidade durante a estação úmida. Esta espécie ocorre em grandes manchas e seu número de flores supera o número de flores de *C. polyphyllum* numa mesma região. O padrão fenológico e a alta frequência do modelo na área de co-ocorrência reforçam a idéia do mimetismo entre *C. vitellina* e *C. polyphyllum*.

Cyrtopodium polyphyllum possui flores dispostas em uma única inflorescência tipo panícula (ca. 100cm) e podem produzir até 190 flores trímeras persistentes. O cálice é verde amarelado, a corola é amarela e nela se destaca o labelo de cor amarela intensa. Suas flores têm 30,0mm de diâmetro, são ressupinadas, ou seja, o labelo está na parte inferior da flor, e este possui uma mancha vermelha na base, onde emite um odor adocicado. Os indivíduos de *S. arenicola* são lianas que possuem até 6 inflorescências corimbiformes com cerca de 8 - 12 flores pentâmeras com 27,6mm de diâmetro. O cálice é marrom e a corola unguiculada apresenta cor amarelo claro. Estas flores não emitem odor e duram cerca de dois dias. Sua principal pétala, o estandarte, localizado na parte superior da flor, é reconhecida pelas abelhas e as direciona no momento da visita (Sazima & Sazima 1989). Os indivíduos de *C. vitellina* possuem cerca de 4 inflorescências do tipo racemo (ca. 15cm) que podem produzir até 15 flores sem cheiro, mas apenas 2 estão abertas por dia. O cálice é verde e a corola papilionóide é de cor amarelo - gema. Sua principal pétala, o estandarte, possui 11,0mm de diâmetro e também está posicionado na parte superior da flor e funciona como guia para as abelhas visitantes (Jacobi 2005). Segundo Bell (1985), o display floral influencia a atração e visita dos polinizadores. Desta forma, plantas como *C. polyphyllum*, com grande display floral e presença de odor, podem atrair visitantes inexperientes sem a necessidade de um modelo. Além disso, parâmetros florais como cor, estrutura, tamanho e padrões de cores também podem ser distinguidos e influenciar fortemente a atração, bem como o comportamento de pouso e a orientação dos polinizadores (Waser 1983). As flores de *C. polyphyllum* possuem cor semelhante a *S. arenicola* e *C. vitellina*, porém, as características florais estruturais, como número de pétalas e posição da pétala principal, são diferentes. O diâmetro da flor também é significativamente diferente ($F_{2,85}=1070,9$; $p < 0,001$). A mancha vermelha nas flores de *C. polyphyllum* também podem ser um diferencial, uma vez que *S. arenicola* e *C. vitellina* não as apresentam e que abelhas, como as dos gêneros *Apis* e *Bombus*, podem distinguir e possuem uma preferência inata por flores que apresentam mais de uma cor (Hempel de Ibarra *et al.*, 2001, Heuschen *et al.*, 2005).

De fato, nossos experimentos de visitas florais indicam que as mesmas abelhas não visitam plantas diferentes. Em condições naturais, ao final dos experimentos, nenhum pig-

mento de *S. arenicola* ou *C. vitellina* foi encontrado em flores próximas de *C. polyphyllum*. Isso indica que as abelhas que visitaram as flores de *S. arenicola* ou *C. vitellina* não se deslocaram para as flores da orquídea. Nos experimentos artificiais envolvendo *S. arenicola* e *C. polyphyllum*, houve transferência de pigmento para 61% (37/61) das flores disponíveis de *S. arenicola* e para nenhuma (0/16) das flores de *C. polyphyllum* coladas nas inflorescências. Da mesma forma, houve transferência de pigmento para 32% (8/25) das flores de *C. vitellina* disponíveis e para nenhuma (0/11) das flores de *C. polyphyllum*.

Os experimentos de sucesso reprodutivo também mostram que *C. polyphyllum* não tem taxa de frutificação maior quando próximo de *S. arenicola* e *C. vitellina* ($H=0,3563$; g.l.=2; $p > 0,05$). Este resultado contradiz os requisitos de Roy & Widmer (1999) para confirmar mimetismo: a similaridade entre flores de espécies diferentes deve ser adaptativa e aumentar a aptidão do mímico.

C. polyphyllum é uma espécie que produz frutos por polinização cruzada e auto - polinização por ação da chuva (Pansarin *et al.*, 2008a,b). Neste ano, a taxa de frutificação em condições naturais de *C. polyphyllum* foi de 1,5% (26/1862) na praia da Fazenda e 0,9% na praia da Fortaleza (46/5098), números menores do que os encontrados por Pansarin *et al.*, (2008a,b) em condições naturais e por polinização por ação da chuva. Assim, propomos que estes frutos formados por *C. polyphyllum* devem - se mais à ação da chuva do que de polinizadores.

CONCLUSÃO

Para se afirmar a ocorrência de mimetismo entre flores de diferentes espécies, vários pressupostos devem ser investigados (Dafni 1984, Roy & Widmer 1999). O presente trabalho mostrou que alguns destes, como a sobreposição fenológica e a cor das flores, são verdadeiros para o mimetismo proposto entre *C. polyphyllum* (mímico), *S. arenicola* (modelo) e *C. vitellina* (modelo). Porém, aspectos como a densidade da florada e a estrutura, tamanho e padrão de coloração das flores parecem não confirmar esta idéia. Além disso, as hipóteses de compartilhamento dos mesmos indivíduos polinizadores e de maior sucesso reprodutivo do mímico quando próximo dos modelos foram refutadas em nossos experimentos. As visitas a *C. polyphyllum* parecem mais um caso de atração de abelhas inexperientes do que polinização por engano envolvendo mimetismo Batesiano, uma vez que a taxa de frutificação em condições naturais foi menor que a taxa de frutificação por ação da chuva nos anos anteriores. (Agradecemos ao projeto Biota Gradiente Funcional (Processo Fapesp 03/12595 - 7) pelo apoio financeiro, a D. Célia e M. Pereira pela ajuda em campo.)

REFERÊNCIAS

Bell, G. The function of flowers. *Proceedings of the Royal Society London Series B* 224, 223–265. 1985.
Brown, J.H., Kodric - Brown, A. Convergence, competition, and mimicry in a temperate community of hummingbird - pollinated flowers. *Ecology* 60:1022 - 1035. 1979.

Cozzolino, S., Schiestl, F.P., Müller, A., De Castro, O., Nardella, A.M., Widmer, A. Evidence for pollinator sharing in Mediterranean néctar - mimic orchids: absence of pre-mating barriers? *Proceedings of the Royal Society* 272: 1271 - 1278. 2005.

Cozzolino, S. & Widmer, A. 2005. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception? *Trends in Ecology and Evolution* 20 (9): 487 - 494. 2005.

Dafni, A. *Pollination Ecology - A practical approach*. Oxford University Press, Oxford. 1992.

Dafni, A. Mimicry and deception in pollination. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 15:259 - 278. 1984.

Dafni, A., Calder, D.M. Pollination by deceit and floral mimesis in *Thelymitra antennifera* (Orchidaceae). *Plant Systematics and Evolution* 158:11 - 22. 1986.

Hempel de Ibarra N., Giurfa, M., Vorobyev, M. Detection of coloured patterns by honeybees through chromatic and achromatic cues. *Journal of Comparative Physiology A* 187:215–224. 2001.

Heuschen, B., Gumbert, A., Lunau, K. A generalised mimicry system involving angiosperm flower colour, pollen and bumblebees' innate colour preferences. *Plant Systematic and Evolution* 252:121–137. 2005.

Jacobi, M.C., Ramalho M., Silva M. Pollination Biology of the Exotic Rattleweed *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) in NE Brazil. *Biotropica* 37(3): 357–363. 2005.

Johnson, S.D. Evidence for Batesian mimicry in a butterfly - pollinated orchid. *Biological Journal of the Linnean Society* 53:91 - 104. 1994.

Johnson, S.D., Peter, C.I., Nilsson, A., Agren, J. Pollination success in a deceptive orchid is enhanced by co - occurring rewarding magnet plants. *Ecology* 84:2919 - 2927. 2003.

Moragues, E., Traveset, A. Effect of *Carpobrotus* spp. on the pollination success of native plant species of the Balearic Islands. *Biological Conservation* 122:611 - 619. 2005.

Newstrom, L.E., Frankie, G.W., Baker, H.G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141 - 159. 1994.

Pansarin, L.M., Pansarin, E.R., Sazima, M. Reproductive biology of *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae): a *Cyrtopodiinae* pollinated by deceit. *Plant Biology* 10:650 - 659. 2008a.

Pansarin, L.M., Pansarin, E.R., Sazima, M. Facultative autogamy in *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae) through a rain - assisted pollination mechanism. *Australian Journal of Botany* 56: 363–367. 2008b.

Roy, B.A., Widmer, A. Floral mimicry: a fascinating yet poorly understood phenomenon. *Trends in Plant Science* 4:325 - 330. 1999.

Sá, C.F.C. 2002. Regeneração de um trecho de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, Estado do Rio de Janeiro: II - Estrato arbustivo. *Rodriguésia* 53:5 - 23.

Sazima, M., Sazima, I. Oil - gathering bees visit flowers of glandular morphs of the oil - producing Malpighiaceae. *Acta Botanica Brasilica* 102: 106 - 111. 1989.

Scarano, F.R. Structure, function and floristic relationships of plants communities in stressful habitats marginal

to Brazilian Atlantic Rainforest. *Annals of Botany* 90: 517
- 524. 2002.
Waser, N.M. The adaptive nature of floral traits: ideas and

evidence. In Real, L. (ed.) *Pollination Biology*. Academic
Press, Orlando, 1983, pp.242–285.