

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Fenologia de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) e sua polinização por abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) na região de São Carlos-SP, Brasil

Alessandro Wagner Coelho Ferreira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais

São Carlos – SP

2005

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F383fc

Ferreira, Alessandro Wagner Coelho.
Fenologia de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl.
(Catasetinae, Orchidaceae) e sua polinização por abelhas
Euglossini (Hymenoptera, Apidae) na região de São Carlos-
SP, Brasil / Alessandro Wagner Coelho Ferreira. -- São
Carlos : UFSCar, 2005.
92 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2005.

1. Ecologia. 2. Fenologia. 3. Polinização. 4. Abelha. 5.
Euglossini. 6. Orquídea. 7. *Catasetum fimbriatum*. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

Dedicatória:

“Há mais mistérios entre o céu e a terra do que sonha a nossa vã filosofia”.

William Shakespeare.

Ao investigarmos a natureza percebemos que há padrões, tendências e até leis que fazem parte da “idiossincrasia universal”. Desde as formas de vida menos sinapomórficas percebemos tremenda complexidade. No livro “A Caixa Preta de Darwin”, Michael Behe comenta sobre tal complexidade e diz que cada vez mais se nota uma espécie de ação na arquitetura universal.

O que Jacques Monod chamou de acaso, na verdade tem uma explicação que vai além das potencialidades científicas. A probabilidade nos informa a chance de um evento ocorrer. Dizer que algo ocorre ao acaso deve ser encarado do ponto de vista da dificuldade de previsão deste evento. Quando se trata da vida e de suas propriedades emergentes estas previsões se tornam ainda mais difíceis.

Enfim, a ciência tem as suas limitações e se continuar investigando a natureza de modo reducionista, ou seja, baseada apenas na pura racionalidade cartesiana-comtiana, vai deixar de lado justamente o Autor dos seus temas de pesquisa. Ninguém melhor do que Ele para orientar o estudo e a conservação da natureza.

Somos capazes de dizer se uma ilha isolada e desconhecida é habitada pela simples observação de um desenho na areia, mas relutamos em aceitar que há um Criador que deixa tantas leis e outros “desenhos” no universo.

O ser humano com seus conhecimentos científicos já chegou até na Lua, mas apesar de toda esta beleza intelectual, continuamos vivendo num mundo cada vez mais desigual. Está faltando olhar um pouco mais para o alto, não só com a razão, mas também com o coração. Afinal, como já disse o poeta, “o coração tem razões que a própria razão desconhece”.

Portanto, em reconhecimento ao Grande Arquiteto do universo, agradeço e dedico esta simples tentativa de entender um pouco mais sobre a Sua obra. Louvado seja o Deus das sagradas escrituras bíblicas.

Agradecimentos:

Agradeço pela paciência e carinho da Bete e do Arthur, devido às minhas ausências.

Gostaria também de agradecer aos meus familiares pelo apoio e incentivos moral, afetivo e financeiro, sobretudo de meu avô José Coelho Filho (*in memoriam*) e de meu padrinho Edgar Pereira Lins (*in memoriam*), e de suas viúvas. Agradecimento especial para minha mãe, que acreditou no meu potencial e disse um dia que eu chegaria até a Universidade.

À minha orientadora, professora Maria Inês Salgueiro de Lima, que não mediu esforços para fornecer as condições fundamentais para a realização desta pesquisa.

Ao meu co-orientador professor Marco Antônio Del Lama, pelas valiosas sugestões e ajuda quanto à pesquisa das abelhas Euglossini.

Ao Sr Egel Perazolli de Rio Claro, SP, que merece um título *honoris causa* devido ao fato de cultivar tão bem as catassetíneas, e de tão boa vontade, juntamente com sua esposa Da. Maria Helena, fornecer informações valiosas.

Ao professor José Eduardo dos Santos e aos funcionários do P.P.G.E.R.N. da UFSCar.

Também agradeço aos demais, a seguir, pelo apoio fundamental para a realização deste trabalho: Professores Manoel Martins Dias Filho, Marcos Arduin, João Juarez Soares, George F. Carr e Kébler Garcia de Lacerda Júnior; aos técnicos Carlos Casali e Ademir De Paula; aos orquidófilos Osvaldo Rigon e José Luís Teixeira; às famílias Tavolaro e Schimidt (Brotas) e aos proprietários do sítio Serra da Grama (Ribeirão Bonito); à Divanir Ribeiro Ferreira e Érica Shirozu, do Orquidário Continental de Ibiúna, SP; a José Carlos Serrano e Margarita Maria Lopes-Uribe; aos funcionários da UFSCar e ao contribuinte brasileiro; ao CNPq pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

	Página
I. Fenologia de <i>Catasetum fimbriatum</i> (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) e sua polinização por abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) na região de São Carlos-SP, Brasil	
Resumo	01
Introdução geral	02
II. Capítulo 1. Polinização de <i>Catasetum fimbriatum</i> (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) por abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) na região de São Carlos-SP, Brasil	12
Resumo	13
Introdução	14
Materiais e Métodos	18
Resultados e Discussão	21
Bibliografia	35
Tabelas e figuras	41
III. Capítulo 2. Fenologia de <i>Catasetum fimbriatum</i> (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) na região de São Carlos-SP, Brasil	47
Resumo	48
Introdução	49
Materiais e Métodos	53
Resultados e Discussão	56
Bibliografia	74
Tabelas e figuras	78
IV. Considerações finais	86
Bibliografia referente à introdução geral e considerações finais	88

ABSTRACT

Catasetum fimbriatum is an epiphyte plant with a strong sexual dimorphism, which can have inflorescences with male flowers, female flowers or mixed inflorescences. It can have also hermaphrodite flowers. In this work we studied twelve phenological events of this species, its main herbivores, visitors and the pollinator species. We used orchid populations of five locations at the central region of São Paulo state (Brazil), around São Carlos municipality. For the study of visitors/pollinator bees we used blooming plants and vanillin, eugenol and cineol traps. We trapped and stamped the bees with automotive color brilliant ink. The pollinator of *C. fimbriatum* is *Eufriesea violascens*. This orchid is also visited by *E. truncata* and *E. cordata*. *E. violascens* has the most specific interaction with the orchid, since, we met it in the field only when the major number of orchids were bloomed, otherwise, *Euglossa* spp. could be seen for more time. *C. fimbriatum* has his development affected by the herbivores action, mainly by the larva of *Riechia acraeoides* (Lepidoptera). We registered 14 host species, the main are: *Acrocomia aculeata*, *Cedrela fissilis*, *Gochnatia polymorpha* e *Anadenanthera falcata*. A statistics analysis shows linear correlation to the following factors: pseudobulb diameter and male flowers number, pseudobulb diameter and plant larger height, plant larger height and male flowers number, male flowers number and fruits number, female flowers number and fruits number.

RESUMO

Catasetum fimbriatum é uma orquídea epífita que apresenta forte dimorfismo sexual, podendo apresentar inflorescências com flores masculinas, femininas ou mistas. Apresenta ainda com menor frequência flores hermafroditas. Neste trabalho, estudamos doze fenofases desta espécie, os seus principais herbívoros, visitantes e a espécie polinizadora. Utilizamos para isto populações de orquídeas de cinco locais na região central do Estado de São Paulo, nos arredores do Município de São Carlos. Para o estudo das abelhas visitantes/polinizadora utilizamos plantas floridas e garrafas-armadilha contendo eugenol, vanilina e cineol. Capturamos e marcamos as abelhas com tinta automotiva de brilho metálico. O polinizador de *C. fimbriatum* é *Eufriesea violascens*. Além disto esta orquídea é visitada por *E. truncata* e *E. cordata*. Para *Eufriesea violascens* a especificidade da interação é maior do que para *Euglossa* spp., pois, aquela foi observada no campo apenas quando a maior parte dos indivíduos desta orquídea estavam floridos, enquanto que estas últimas foram observadas quando a primeira já não era mais encontrada no campo. *C. fimbriatum* tem seu desenvolvimento afetado pela ação de herbívoros, principalmente, pela larva de *Riechia acraeoides* (Lepidoptera). Foram registradas 14 espécies hospedeiras, sendo as principais: *Acrocomia aculeata*, *Cedrela fissilis*, *Gochnatia polymorpha* e *Anadenanthera falcata*. Nas análises estatísticas os seguintes fatores apresentaram correlação linear: diâmetro do pseudobulbo e número de flores masculinas, diâmetro do pseudobulbo e tamanho máximo da planta, tamanho máximo da planta e número de flores masculinas, número de flores masculinas e número de frutos formados, número de flores femininas e número de frutos formados.

INTRODUÇÃO GERAL

A família Orchidaceae é considerada a mais numerosa do reino vegetal, possuindo cerca de 800 gêneros e, aproximadamente, 35.000 espécies, além de outros milhares de híbridos naturais ou criados pelo ser humano (Holst 1999). A maior parte das espécies encontra-se nos trópicos, porém há orquídeas também em regiões frias (tundras, Patagônia, altitudes por volta de 4.500 m) e até em oásis (Pabst & Dungs 1975).

Quanto ao hábito, as orquídeas podem ser epífitas, terrestres, rupícolas e saprófitas (muito raras) (Ruschi 1986).

O gênero *Catasetum* pertence à tribo Cymbidieae, subtribo Catasetinae. Esta tribo possui muitos gêneros, distribuídos no Antigo e Novo Mundos. Porém, a subtribo Catasetinae é totalmente dispersa na região Neotropical (do México ao norte da Argentina). A maior parte de suas espécies encontra-se na América do Sul e o Brasil é o centro de dispersão do gênero *Catasetum* (Lacerda Jr. 1993).

As catasetíneas têm hábitos epifíticos ou terrestres (Lacerda Jr. 1993) e algumas vezes pode-se encontrar espécies nascendo sobre rochas que acumulam algum detrito orgânico e fornecem umidade regularmente. Também é comum encontrar tais orquídeas em árvores ou partes delas em decomposição. Esse fato faz com que as catasetíneas sejam chamadas por alguns observadores da natureza de “orquídeas suicidas” pois, quando a árvore ou os ramos apodrecidos caem, dentro de no máximo dois anos elas acabam morrendo (Silva & Silva 1998).

Ao contrário da maior parte das espécies da família Orchidaceae, as catasetíneas apresentam espécies diclinas. Podem apresentar flores masculinas, femininas e mais

raramente hermafroditas (monoclinas). Às vezes, na mesma haste floral podemos encontrar os três tipos de flores (Lacerda Jr. 1993). Essa singularidade fez com que até o final do século XIX fossem encontradas grandes dificuldades na taxonomia dessas plantas.

Lacerda Jr. (1993) apresenta o seguinte histórico sobre o gênero *Catasetum*: John Lindley em 1831 descreveu os gêneros *Myanthus* e *Monachanthus*. Porém, foi observada em uma mesma planta a presença de flores desses dois gêneros. Charles Darwin em 1862 percebeu que *Monachanthus viridis* representava as flores femininas, *Myanthus barbatum* as flores hermafroditas e *Catasetum tridentatum* as flores masculinas (todas de uma mesma espécie). Então *Myanthus* e *Monachanthus* foram reduzidos ao sinônimo mais antigo: *Catasetum* descrito por Kunth em 1822 (Hoehne 1942; Lacerda Jr. 1993).

Posteriormente, Rolfe em 1891, dividiu o gênero *Catasetum* em quatro seções: *Catasetum* (10 espécies), *Myanthus* (15 espécies), *Ecirrhosae* (08 espécies) e *Pseudocatasetum* (03 espécies). Mas, em 1932, Mansfeld revisou o gênero *Catasetum* e propôs dividi-lo em dois subgêneros: *Clowesia* (flores hermafroditas e monomórficas, correspondendo à seção *Ecirrhosae* de Rolfe) e *Orthocatasetum* (flores unissexuais, dimórficas ou raramente trimórficas). Depois, o gênero foi novamente dividido em *Pseudocatasetum* (flores masculinas desprovidas de antenas ou cerdas) e *Meixocatasetum* (flores masculinas com antenas ou cerdas) (Lacerda Jr. 1993, Silva & Silva 1998).

Finalmente, em 1975, Dodson (*apud* Lacerda Jr. 1993) propôs o sistema taxonômico vigente até os dias atuais. Transferiu as espécies de *Pseudocatasetum* para um novo gênero, *Dressleria* e elevou *Clowesia* ao nível de gênero.

Portanto, a subtribo *Catasetinae* possui cinco gêneros: *Dressleria* Dodson (homenagem a Robert L. Dressler) com flores monoclinas; *Clowesia* Lindley (homenagem à John Clowes) com flores monoclinas; *Mormodes* Lindley (do grego *morno* = fantasma +

eides = semelhante) com flores diclinas; *Catasetum* Kunth (do grego *kata* = para baixo + latim *seta* = cerda, antena) com flores diclinas, raramente monoclinas e *Cycnoches* Lindley (do grego *kyknos* = cisne + *auchen* = pescoço) com flores unissexuadas (Laceda Jr. 1993).

O gênero *Catasetum* é filogeneticamente derivado na família Orchidaceae (Romero 1990). Geralmente encontram-se nele espécies com as flores masculinas contendo um par de prolongamentos derivados do pseudoestigma, denominados cerdas ou antenas. Esse par de antenas, em sua porção inicial, apóia uma parte do polinário da orquídea. O polinário é constituído pelas políneas (duas no caso do gênero *Catasetum*, mas pode variar até doze políneas em outros gêneros de orquídeas) ceróides, pelo caudículo ou estípete (prolongamento a partir das políneas) e pelo viscidium ou disco adesivo. É justamente o disco adesivo que fica apoiado pela base das antenas. Basta um leve toque em uma ou ambas antenas para que o polinário inteiro seja arremessado como que por uma catapulta, chegando a deslocar-se a mais de dois metros de distância. Se o disco adesivo se fixar ao dorso de uma abelha Euglossini, e ela permitir o contato entre as políneas e o estigma viscoso de uma flor feminina de *Catasetum*, poderá ocorrer a polinização (Lacerda Jr. 1993).

Estudos de polinização

Um dos primeiros cientistas a investigar a polinização das orquídeas foi Charles Darwin, em 1862. Ele chegou também a observar em 1877 abelhas euglossinas em *Catasetum* (apud Braga 1976).

As abelhas euglossinas não produzem mel como as abelhas altamente sociais, ou seja, a européia *Apis mellifera* e as indígenas sem ferrão. Das cerca de 20.000 espécies de

abelhas descritas, 85% são solitárias, 10% cleptoparasitas (que utilizam células com néctar e pólen de outras abelhas, geralmente solitárias também, para realizarem postura) e 5% apresentam algum grau de socialidade. As abelhas euglossinas fazem parte da ordem Hymenoptera, superfamília Apoidea, família Apidae, subfamília Bombinae, tribo Euglossini (Roubik 1989).

Em relação às abelhas euglossinas pode-se ainda dizer que: i) possuem populações distribuídas no continente americano entre as áreas dos paralelos 29° N e 32° S, ou seja, do extremo sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina (Búrquez 1997); ii) constituem uma fauna quase que exclusivamente neotropical (Pearson e Dressler 1985); iii) raramente uma fêmea é capturada em armadilhas com aromas sintéticos e, segundo Moure (1969), a proporção é de uma fêmea para cada 600 machos; iv) a percepção das fragrâncias é realizada pelas antenas (Moure 1969). Esta tribo é constituída pelos gêneros *Euglossa* (mais de 100 espécies, de cores azul, verde ou bronze metálico e brilhante), *Eulaema* (cerca de 20 espécies, marrons ou pretas listradas) e *Eufriesea* (mais de 50 espécies, metálicas ou marrons ou pretas e peludas). Outros dois gêneros são parasitas de ninhos de *Eulaema* e *Eufriesea*: *Aglae* (monotípico e azul-metálico) e *Exaerete* (com cerca de cinco espécies, verde-metálicas) (Williams & Whitten 1983).

Muitas espécies de orquídeas não fornecem néctar ou pólen e só são visitadas pelos machos para a coleta de fragrâncias florais. A maior parte das espécies de Euglossini é solitária, comunal ou semi-social. As fêmeas coletam alimento – pólen e néctar – de muitas plantas, e ainda, resinas vegetais, lama e barro, e outros materiais para construção de seus ninhos. Os machos deixam os ninhos antes das fêmeas, não retornando mais aos mesmos, e se alimentam de néctar e pólen em algumas das plantas também utilizadas pelas fêmeas; os

machos podem levar uma vida errante ou viver em uma área geral por longos períodos de tempo (Williams & Whitten 1983).

Ambientes de floresta úmida, em geral, apresentam maior diversidade de Euglossini, ainda que algumas espécies ocorram em savanas (cerrados) e em florestas ciliares (Dressler 1982); quanto mais intenso o efeito das estações do ano (sazonalidade), menor o número de espécies (diversidade). Ao longo do ano, o número de indivíduos das populações de Euglossini varia. Por exemplo, pode-se citar que, no Sul e Sudeste do Brasil, a maior frequência dessas abelhas é na primavera e no verão e a menor frequência nos meses frios e secos do final do outono e inverno (Rebêlo & Garófalo 1991).

Após Darwin, os estudos relativos às abelhas euglossinas e suas interações com as orquídeas tiveram continuidade com Cruger (1865) e Ducke (1901 – 1902) *apud* Moure (1969). Em 1933, Hoehne também descreveu a polinização de *C. cernuum* por euglossinas. Mas, foi a partir de 1950 que o interesse por tal interação ganhou impulso com os trabalhos de Allen (1950 – 54) e Porsch (1955) *apud* Moure (1969).

Ducke, Allen e Porsch observaram que somente os machos das abelhas euglossinas visitavam as flores, mas pensaram que os mesmos alimentavam-se das peças florais, dilacerando-as com as mandíbulas (Moure *op. cit.*).

Dodson e Frymire (1961) foram os primeiros a notar que tais abelhas não dilaceravam as flores, mas sim passavam os tufos tarsais do primeiro par de pernas sobre a superfície das peças florais (especialmente o labelo) para coletar algumas substâncias.

O comportamento para coleta do óleo essencial pelos Euglossini é bem descrito na literatura (Dodson & Frymire 1961, Vogel 1963, Cruz-Landim *et al.* 1965, Dressler 1968, 1982, Dodson *et al.* 1969, Williams 1982, Williams & Whitten 1983). Segundo esses autores, os machos de Euglossini são atraídos pelas fragrâncias florais aproximando-se das

flores com movimentos de zigue-zague e vai e vem. Após essa fase de reconhecimento da flor, pousam no labelo e com o primeiro par de pernas, que possui um tufo pequeno de pêlos na porção final, raspam o óleo essencial liberado pelos osmóforos. Em seguida levantam vôo e transferem o óleo acumulado no par de tufos para o segundo par de pernas, e depois, para o terceiro par de pernas infladas armazenando-o na fenda do órgão tibial, levando de um a três segundos neste processo. Depois retornam à flor e repetem esta operação por várias vezes.

Vogel (1963), pesquisando na Colômbia as orquídeas dos gêneros *Catasetum* e *Stanhopea*, observou que as abelhas transferiam as substâncias coletadas nas flores para uma fenda tibial do último par de pernas. Estudando a estrutura da região da fenda tibial, este autor propôs ainda que as substâncias coletadas na orquídea seriam absorvidas por capilaridade através de um orifício no fundo da fenda tibial. Nesse mesmo trabalho, ele aventou a hipótese de que o cheiro das orquídeas fosse semelhante ao das abelhas euglossinas fêmeas. Porém, pesquisas posteriores descartaram tal idéia (Moure 1969; Williams & Whitten 1983).

Cruz-Landin *et al.* (1965) também estudaram a referida fenda tibial com o auxílio de microscopia óptica e eletrônica. Verificaram também que nos machos de abelhas euglossinas as tíbias do par posterior de pernas são muito desenvolvidas e que a fenda possui duas fileiras de pelos voltadas umas para as outras e permanentemente úmidas.

Assim como Vogel (1963), Cruz – Landin *et al.* (1965) ao retirarem a quitina da tíbia da abelha euglossina macho, observaram uma estrutura oca, de formato elíptico, às vezes contendo ar, de consistência esponjosa e relacionada com a fenda pilosa. Estes últimos pesquisadores denominaram tal estrutura, órgão tibial, descrevendo três zonas morfológica e histologicamente distintas. Lançaram também a hipótese de que as

substâncias retiradas das flores seriam metabolizadas neste órgão tibial e posteriormente utilizadas como atrativo sexual.

Dodson *et al.* (1969) propuseram, além da hipótese do atrativo sexual, duas outras: i) o uso da fragrância floral pelos machos de Euglossini prolonga suas vidas; ii) a fragrância floral é coletada para atrair outros machos e a agregação de tais machos chamaria a atenção das fêmeas. Porém, Kimsey (1980) não observou fatos que corroborassem essa última hipótese em seu estudo sobre comportamento de abelhas euglossinas macho.

Um outro grande avanço no estudo das abelhas das orquídeas foi dado quando começaram estudos sobre a análise das fragrâncias florais das orquídeas por métodos de cromatografia gasosa e espectrometria de massa. Com base nesses estudos foram identificados cerca de 60 compostos, a maioria terpenóides e ácidos aromáticos. Alguns deles foram sintetizados em laboratório e ainda hoje são utilizados em estudos sobre diversidade de abelhas euglossinas macho (Williams & Whitten 1983).

A proporção de um ou mais odores, isolados ou em combinação, poderá provocar a atração de uma ou de várias espécies de abelhas. Esta especificidade tem grande influência nos mecanismos de isolamento, especiação e até de hibridação natural em orquídeas (Williams & Dodson 1971). Embora a maior parte das coletas de fragrâncias florais seja realizada em espécies da família Orchidaceae, os machos de Euglossini também o fazem em algumas espécies de outras famílias (Araceae, Solanaceae) e até em fontes não florais (fungos, casca de árvore) (Dressler 1982; Williams 1982; Whitten *et al.* 1993; Rebêlo & Garófalo 1991).

Janzen (1971) e Williams e Dodson (1971) descobriram que as abelhas Euglossini podem voar em um único dia cerca de 23 km em suas rotas pela floresta. Este é outro

aspecto importante para a família Orchidaceae, pois plantas mesmo isoladas podem ter uma dispersão eficaz de genes.

Na região de São Carlos SP, um exemplo da interação de abelhas Euglossini com orquídeas pode ser encontrado em *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl.

Catasetum fimbriatum (Morren) Lindl. é encontrada no norte da Argentina, leste do Paraguai, Bolívia, sul da Venezuela, oeste dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, noroeste do Paraná, interior de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e sul do Pará (Hoehne 1942, Pabst e Dungs 1975). Porém ainda há dúvidas quanto aos limites de sua distribuição geográfica (Perazolli 2003, comunicação pessoal).

Essa espécie apresenta variedades morfológicas, tais como *fissum*, *morrenianum*, *inconstans*, *ornithorrhynchum*. Porém no interior do Estado de São Paulo, a variedade *fissum* é considerada a mais comum (Hoehne 1942).

Hills *et al.* (1972) estudaram fragrâncias florais produzidas em 30 espécies do gênero *Catasetum*. Determinaram a existência de 39 compostos diferentes e conseguiram identificar 14. Verificaram que as especificidades dos componentes e das proporções dos mesmos nas espécies estudadas são barreiras primárias para a hibridação entre espécies que quando cruzadas artificialmente são viáveis. Consideraram espécies diferentes as plantas que produziram fragrâncias distintas e atraíram polinizadores também distintos. Com esse critério, observaram que orquídeas de uma mesma espécie, porém em localidades diferentes, atraíram polinizadores distintos: a composição da fragrância floral era diferente para a mesma espécie conforme a localidade. Concluíram sugerindo então, cinco tipos de mecanismos de isolamento para o gênero *Catasetum*: geográfico, mecânico, etológico, sazonal e ecológico.

Quanto a *Catasetum fimbriatum*, estes mesmos autores, a consideraram uma espécie pobre em termos de produção de fragrâncias florais. Observaram três compostos diferentes e identificaram apenas um deles: pico 21 = linalool (10%), pico 33 = substância desconhecida (6,8%) e pico 39 = substância desconhecida (83%). Também citaram que o polinizador dessa espécie é a abelha euglossina *Euplusia auriceps* Friese (hoje denominada *Eufriesea violacens* Mocsary).

Dodson (1962) (*apud* Schlee & Ebel 1983) cita que *Euplusia auriceps* (sin. *Eufriesea violacens*) é, na maioria das vezes, a espécie que visita e poliniza *Catasetum fimbriatum*.

Com base nessa última afirmação, consideramos interessante pesquisar se havia na região de São Carlos SP, outra abelha euglossina polinizadora, além de *Eufriesea violacens*, uma vez que tinha sido observada por nós, a presença de abelhas do gênero *Euglossa* visitando *Catasetum fimbriatum*. Seriam tais espécies polinizadoras dessa orquídea?

A maior parte dos estudos sobre abelhas euglossinas limita-se ao levantamento de espécies com o auxílio de iscas odoríferas em garrafas armadilha. Os demais aspectos sobre a biologia das mesmas são pouco estudados (Peruquetti & Campos 1997).

Estudos fenológicos

Fenologia é o estudo das fases ou atividades do ciclo de vida das plantas ou animais e sua ocorrência temporal ao longo do ano (Morellato & Leitão Filho 1991). Em outras palavras, é o estudo dos eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência, em relação às forças bióticas e abióticas e da inter-relação entre a mesma ou entre espécies distintas (Mathes 1980). Há pesquisadores que estudam os vários fatores fenológicos

independentemente (Mulkey *et al.* 1996). O estudo fenológico pode ser dividido em fitofenologia e zoofenologia (Quer 1989).

A fenologia de espécies tropicais e subtropicais, embora apresente padrões, pode variar ao longo dos anos, o que torna difícil determinar o período fenológico em questão. Nesses ambientes complexos, a dinâmica de cada espécie é diferente e há distintas adaptações. Os fatores ambientais relacionados à sazonalidade podem ser agrupados em quatro grandes classes: umidade, disponibilidade de luz e de nutrientes, e interações bióticas (Ferreira 2000).

Portanto, as análises fenológicas devem ser muito criteriosas devido à complexidade dos fatores envolvidos (Janzen 1980).

Os objetivos básicos desse trabalho resumiram-se a estudar o grau de especificidade entre *C. fimbriatum* e as Euglossini que o visitam e verificar outros fatores bióticos e abióticos que determinam a biologia dessa orquídea.

**Polinização de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl.
(Catasetinae, Orchidaceae) por abelhas Euglossini (Hymenoptera,
Apidae) na Região de São Carlos, São Paulo, Brasil ¹**

ALESSANDRO W. C. FERREIRA², MARIA INÊS S. LIMA ^{2,3} e MARCO A. DEL LAMA⁴

-
1. Parte da Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos.
 2. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil.
 3. Autor para correspondência: ines@power.ufscar.br
 4. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Genética e Evolução, Caixa Postal 676, 13565-905. São Carlos, SP, Brasil.

ABSTRACT – (Pollination of *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) for Euglossini bees (Hymenoptera, Apidae) in region of São Carlos, São Paulo state, Brazil). *C. fimbriatum* is an orchid species that shows sexually dimorphic flowers. They could present inflorescences with male flowers, with female flowers or mixed inflorescences. This work studied Euglossini bees as visitors or pollinators of this orchid, looking for time of visitation and synchronism between flower time and the diversity and disponibility of the bees on country. We studied also the relationship between floral stalks number with male flowers and female flowers and the variation of them in distinct luminosity ambients. The study of Euglossini diversity was made using traps and the observation and demarcation with automotive paint and pollinariuns, when flowers were visited. The flowering of *C. fimbriatum* occurred from November to June and the main flowering in January and February. *Eufriesea violascens* is the pollinator species. *Euglossa truncata* and *Euglossa cordata* also visits the orchid, but when it receives the pollinarium, because this bees are smaller than *E. violascens*, it can be fixed in the wings, so the bees dies. The blooming top of the orchids has a coincidence with the major number of *E. violascens* and *Euglossa* spp. bees on country. The population curve of *E. violascens* is next of the blooming curve than *Euglossa* spp. curve. Only one individuals of *E.violascens* was trapped in vanillina traps at the end of February. Other bees of this species were not trapped at study time.

Key words - *Catasetum fimbriatum*, Euglossini bees, pollination

RESUMO – (Polinização de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) por abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) na região de São Carlos, São Paulo, Brasil). *C. fimbriatum* é uma espécie de orquídea que apresenta forte dimorfismo sexual, podendo apresentar inflorescências com flores masculinas, femininas ou inflorescências mistas. Neste trabalho procurou-se estudar as interações entre as abelhas Euglossini visitantes ou polinizadoras dessa orquídea, verificando o período de visitação a sincronia entre época de floração dessa planta e a diversidade e disponibilidade das abelhas no campo. Foi estudada também a relação entre o número de hastes com flores masculinas e femininas e a variação destas em ambientes com diferentes luminosidades. O estudo das populações de Euglossini foi feito através de garrafas-armadilha e de observação e marcação das abelhas com tinta automotiva e polinários, quando estas visitavam as flores. A floração de *C. fimbriatum* se estendeu de novembro a junho, sendo o pico de floração nos meses de janeiro e fevereiro. As plantas expostas à maior luminosidade apresentaram uma maior proporção de flores femininas e aquelas mantidas em ambiente mais sombreado maior proporção de flores masculinas. *Eufriesea violascens* é a espécie polinizadora. *Euglossa truncata* e *Euglossa cordata* visitam a orquídea, mas quando recebem o polinário nas asas morrem, pois são menores do que *E. violascens*. O pico de floração dessas orquídeas coincide com o maior número de abelhas *E. violascens* e *Euglossa* spp. no campo, sendo a curva populacional de *E. violascens* mais próxima à curva de floração do que a curva populacional de *Euglossa* spp. Somente um indivíduo de *E.violascens* foi coletado em garrafa-armadilha contendo vanilina, no final de fevereiro. Nenhuma outra abelha desta espécie foi coletada nas armadilhas durante o período de estudo.

Palavras-chave - *Catasetum fimbriatum*, abelhas Euglossini, polinização.

Introdução

As orquídeas da subtribo *Catasetinae* estão distribuídas na região neotropical, do México ao norte da Argentina (Lacerda Jr. 1993). Ao contrário da maior parte das espécies da família *Orchidaceae*, as *catasetíneas* apresentam espécies unissexuadas. O gênero *Catasetum* possui flores díclinas e mais raramente, hermafroditas. Às vezes, na mesma haste floral podemos encontrar os três tipos de flores. Essa singularidade fez com que até o final do século XIX fossem encontradas grandes dificuldades na taxonomia dessas plantas. As flores masculinas são as mais utilizadas para a identificação das espécies, pois as flores femininas são similares em todas as espécies (Lacerda Jr. 1993).

O gênero *Catasetum* L.C. Richard possui plantas geralmente epífitas, mas também terrestres e litofíticas. Das raízes grossas principais derivam-se raízes secundárias ou aéreas (ageotrópicas) formando um tufo denso. Os pseudobulbos variam de ovóides a fusiformes e são envolvidos por bainhas foliares quando jovens. As folhas são membranáceas, decíduas, plicadas, de elíptico-lanceoladas a oblongo-lanceoladas, acuminadas. Inflorescências racemosas eretas, arqueadas ou pendentes, nascidas dos nós basais dos pseudobulbos. O ovário é ínfero (Menezes 2004). Há um par de políneas cerosas, amarelas, achatadas e dobradas sobre si, com viscídio (disco adesivo) e um estípete (caudículo) elástico; os três elementos em conjunto constituem o polinário (Lacerda Jr. 1993).

Na maior parte das espécies de *Catasetum* as flores masculinas podem conter um par de prolongamentos derivados do pseudoestigma, denominados cerdas ou antenas, e daí deriva-se o nome: prefixo grego *katá* (de cima para baixo), mais o sufixo latino *seta* (cerda) (Lacerda Jr. 1993, Raposo 1999). *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. é assim chamado

por possuir nas flores masculinas, fimbrias de diversos tamanhos na orla do labelo, o que caracteriza algumas variedades morfológicas (Hoehne 1942, Pabst & Dungs 1975, Raposo 1999). A coloração básica é o esverdeado no perianto, com pintas e pequenas máculas castanho avermelhadas distribuídas nas peças florais. É encontrado no norte da Argentina, Paraguai, leste da Bolívia e do Peru, sul da Venezuela, oeste do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, noroeste do Paraná, interior de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás (Tocantins), e sul do Pará (Hoehne 1942, Pabst & Dungs 1975).

As abelhas da tribo Euglossini são distribuídas no Continente Americano entre as áreas dos paralelos 29° N e 32° S (Búrquez 1997), sendo quase que exclusivamente neotropicais (Pearson & Dressler 1985). A maior parte das espécies é solitária, comunal ou semi-social (Williams e Whitten 1983). Florestas úmidas, em geral, apresentam maior diversidade dessas abelhas, mas algumas espécies podem ser encontradas em cerrados e em matas ripícolas (Dressler 1982). Os machos de Euglossini nascem antes das fêmeas e tendem à vida nômade, permanecendo pouco tempo numa área. Já as fêmeas, estabelecem territórios devido à atividade de nidificação (Williams & Whitten 1983).

Tanto machos como fêmeas podem se alimentar de néctar e pólen, geralmente nas mesmas espécies de plantas, principalmente aquelas com corolas gamopétalas e tubulares (Dodson 1966; Williams 1982; Williams & Whitten 1983). Os machos podem obter compostos aromáticos de outras famílias de plantas (Williams 1982) e até de fontes extraflorais (Whitten *et al.* 1993), o que leva alguns pesquisadores a acreditar que essas abelhas até poderiam sobreviver sem as orquídeas (Ackerman 1983; Feinsinger 1983; Roubik & Ackerman 1987).

Ainda é incerto o que os machos fazem com tais substâncias, mas a hipótese mais aceita é a da utilização dos mesmos como precursores de feromônios sexuais (Williams &

Whitten 1983). Sabemos que geralmente há uma só espécie de inseto polinizadora para cada espécie de orquídea (Dressler 1968; Tremblay 1992). A resposta está no fato de que é a combinação proporcional das diversas substâncias aromáticas torna a atração altamente seletiva, especialmente no caso Euglossini-Orchidaceae (Williams 1982).

Muitas orquídeas americanas, inclusive as *Catasetinae*, não fornecem néctar ou pólen e só são visitadas pelas abelhas euglossinas macho para a coleta de compostos florais, o que Dressler (1968, 1982), denomina síndrome Euglossini de polinização.

Autores como Dressler (1982), e Roubik & Ackerman (1987) afirmam que as abelhas Euglossini são muito sensíveis às mudanças climáticas, principalmente as do gênero *Eufriesea*.

Janzen (1971) e Williams & Dodson (1972) descobriram que as abelhas Euglossini podem voar em um único dia, cerca de 23 km em suas rotas pela floresta. Este é outro aspecto importante para a família Orchidaceae, pois as plantas podem ter uma dispersão eficaz de genes, mesmo isoladas.

As abelhas euglossinas macho, ao coletarem o óleo essencial no labelo de *Catasetum*, podem esbarrar em uma ou ambas antenas e disparar o polinário. Tal polinário possui um disco adesivo (viscídido) de natureza glicoproteica (Schlee & Ebel 1983), que se fixa ao dorso do tórax. Se este mesmo inseto ao recuar para sair do labelo da flor feminina que não é ressupinada (não possui o labelo voltado para baixo), encaixar a polínea na fenda do estigma, ocorre a fecundação (Dressler 1968, Williams 1982). O óleo essencial é produzido principalmente nas calosidades do labelo, em glândulas denominadas osmóforos (Vogel 1963, Williams 1982, Matias *et al.* 1996).

Eufriesea violascens Mocsary 1898, que é considerada a polinizadora mais comum de *C. fimbriatum* (Hills *et al.* 1972), tem sido observado na região de Ribeirão Preto, SP,

apenas entre os meses de novembro e março, quando há flores de *C. fimbriatum* no campo (Rebêlo 1993), e as fêmeas nidificam nos meses de fevereiro e março (Garófalo *et al.* 1993). A atração dessa espécie por fragrâncias sintéticas em garrafas-armadilha é muito rara, o que torna difícil um estudo da sua população, sendo aconselhável a obtenção de informações complementares nas flores, nos ninhos e em outros locais (Rebêlo & Garófalo 1997).

Dodson (1967) cita que Dressler lhe informara ser *Eufriesia combinata* Mocsary 1897 (sin. *Euplusia combinata* Moure) a espécie que poliniza *C. fimbriatum*. Porém, essa abelha só é encontrada na Argentina e Bolívia (<http://www.ufv.br>). Observamos além de *E. violascens*, a presença de abelhas *Euglossa* spp. visitando *C. fimbriatum*, na região de São Carlos, e decidimos então verificar o seu papel como possíveis polinizadoras. A maior parte dos estudos sobre abelhas euglossinas se limita ao levantamento de espécies com o auxílio de garrafas-armadilha. Os demais aspectos sobre a biologia das mesmas são pouco estudados (Peruquetti & Campos 1997; Cameron 2004). Este fato também justifica esta pesquisa.

Os objetivos do presente trabalho foram: coletar dados, na região de São Carlos, relacionados à biologia da floração de *Catasetum fimbriatum* bem como sobre as abelhas Euglossini visitantes e/ou polinizadoras do mesmo, e, procurar estabelecer alguns padrões comportamentais destes insetos. Obtivemos as informações necessárias para tanto procurando responder às seguintes questões: 1 - Quando se dá, ao longo do ano, a floração de *C. fimbriatum*? 2 - Quais são as abelhas visitantes e/ou polinizadoras das flores de *C. fimbriatum*? 3 - A marcação das abelhas euglossinas com tinta automotiva de brilho metálico permitirá estudar os seus padrões de visitação em *C. fimbriatum*? Quanto tempo o polinário fica aderido ao tórax da abelha? 4 - As abelhas euglossinas macho mais velhas e

experientes preferem as flores femininas de *C. fimbriatum*, uma vez que estas não possuem polinário ejetável e apresentam fragrâncias necessárias à sua reprodução? 5 - O pico do período de floração de *C. fimbriatum* coincide com o cume populacional das abelhas euglossinas? 6 - Qual a diversidade de abelhas euglossinas? Qual(is) dela(s) está(ão) associadas ao *C. fimbriatum*?

Materiais e Métodos

A localização das áreas de estudo foi estabelecida com o auxílio do G. P. S. (*Geographic Position System*). As áreas de coleta foram os municípios de Ribeirão Bonito, SP, no sítio Serra da Grama (borda de mata ripícola com cerca de cinco hectares) (22° 02' 33,1''- S; 48° 09' 34,8''- W); Brotas, SP, entre as propriedades das fazendas Tavolaro e Caimã, em pastos que conservaram palmeiras macaúba *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. (Arecaceae), porém com poucos fragmentos ao redor contento *C. fimbriatum* (22°16'05,3''- S; 48°14'21,2''- W); e São Carlos, SP, em dois pontos de estudo: fazenda próxima à PROMINAS no bairro Cruzeiro do Sul, com cerca de 120 hectares (22°03'28,1''- S; 47°52'48,1''- W) e em fragmento de mata ripária no Jardim Acapulco (por volta de cinco hectares) (21°59'39, 4''- S; 47°54'42,8''- W). Além desses locais observamos uma população de *C. fimbriatum* habitando exemplares de *A. aculeata* ao longo do primeiro quilômetro da estrada que liga Ribeirão Bonito à Brotas, possuindo ainda alguns fragmentos circunvizinhos com *C. fimbriatum* (ponto médio georeferenciado: 22°05'50,2''- S; 48°11'7,9''- W).

Coletamos exemplares adultos de *C. fimbriatum* (que tivessem florescido pelo menos uma vez), na área próxima à PROMINAS (alto impacto antrópico),

preferencialmente aqueles encontrados em árvores ou partes destas, que apresentavam apodrecimento. Cultivamos 50 indivíduos no bairro Jardim Acapulco, em casa de vegetação coberta por tela sombrite 60%, plantados em vasos plásticos com capacidade para 500 ml, com dois furos nas laterais, xaxim desfibrado e pedaços apodrecidos de árvores. Realizamos a adubação com seis gramas de Osmocote (NPK 15-10-10) entre o xaxim e o dreno de cacos de telha colocado na terça parte inferior de cada vaso (adaptação do método utilizado pelo orquidófilo Egel Perazolli (2003), comunicação pessoal). Colocamos as plantas sobre bancadas rústicas, feitas com tijolos, madeira e telado metálico.

Em cada uma das demais localidades mais 50 plantas foram monitoradas.

Fizemos viagens ao campo de julho de 2003 a outubro de 2004 (mensalmente) para a coleta de dados sobre a fenologia. Observamos, em 50 indivíduos por localidade, o número de: hastes florais, flores masculinas e femininas, e frutos formados.

Na fazenda nos arredores da PROMINAS, realizamos os experimentos de estudo de diversidade de Euglossini utilizando fragrâncias (método utilizado por Rebêlo & Garófalo 1991, Rebêlo & Garófalo 1997 - adaptado). Neste local, pelo período de um ano (setembro/03 a setembro/04), utilizamos três fragrâncias atrativas contidas em: duas garrafas-armadilha com cineol, duas com vanilina, e duas com eugenol. As garrafas ficaram distanciadas cerca de 40 metros, e suspensas em ramos a uma altura de um metro e setenta.

Neste mesmo local iniciamos a observação e marcação de Euglossini em *C. fimbriatum*, de dezembro/2003 a janeiro/2004 (primeira quinzena), e finalizamos na mata ripária do Jardim Acapulco de janeiro/2004 (segunda quinzena) a março/2004. Realizamos esta mudança para verificar se os indivíduos marcados no primeiro local de estudo seriam recapturados no segundo local, aproximadamente sete quilômetros adiante, em linha reta.

Somente de dezembro/2003 a março/2004 pudemos utilizar duas plantas masculinas e duas femininas, separadas alternadamente pelo espaço de um metro, para coleta e marcação das abelhas com tinta automotiva de brilho metálico nas cores: branca (primeiro dia), vermelha clara (segundo dia), e azul clara (terceiro dia). Nos meses de novembro, abril, maio e junho só foi possível utilizar uma inflorescência feminina, devido a ausência de masculinas. O número de flores masculinas e femininas, bem como a idade das hastes florais, foram padronizados em cada experimento: 18 masculinas e 6 femininas, e flores que exalassessem o perfume (para a atração ser semelhante). As marcações foram feitas a cada duas semanas aproximadamente, durante três dias consecutivos, das 8:00 às 17:00 h., totalizando oito períodos.

Capturamos as abelhas que pousavam nas flores, com o auxílio de uma rede entomológica. Nas flores masculinas tomamos o cuidado de evitar esbarrar nas cerdas ejetoras de polinário. Em seguida, transferimos as abelhas para o interior de pequenos frascos com tampa e os colocamos em um recipiente de isopor, contendo gelo, pelo período de três minutos para ficarem adormecidas. Marcamos-nas na porção dorsal do tórax, deixando-as em repouso, recuperando-se do efeito da baixa temperatura, por cerca de cinco minutos, tempo suficiente para que a tinta secasse.

Além disso, colocamos polinários no tórax de *Eufriesia violascens* (ao lado das marcas de tinta), retirado-os das flores masculinas de *C. fimbriatum* que ficaram protegidas das abelhas por tela sombrite. Verificamos a eficácia desse método de marcação, soltando e observando o comportamento das mesmas. Ao mesmo tempo, registramos os dados relativos ao desgaste alar (Rebêlo e Garófalo 1991 – modificado). Consideramos as abelhas cujas asas não possuíam desgastes em suas bordas, como jovens, e, as que possuíam algum

desgaste, como mais velhas. Para a identificação das espécies de *Euglossa* coletamos dois indivíduos por dia nos 24 dias de experimento.

Os dados sobre as abelhas e suas visitas às flores da orquídea foram separados em três fatores. O fator um representou a espécie da abelha e subdividiu-se em *Eufriesea violascens* e *Euglossa* spp.; o fator dois indicou o sexo da flor e foi dividido em flores masculinas e femininas de *C. fimbriatum*; o fator três relacionou-se à idade das abelhas e foi subdividido em abelhas com e sem desgaste alar. Verificamos se estatisticamente havia diferença significativa entre esses fatores, utilizando o teste ANOVA com valor crítico de $F(0,05\% ; 1,188) = 3,89$. Em seguida, analisamos se as subdivisões desses fatores seriam significativas com base no teste de Duncan (95%) para intervalo de confiança múltiplo (Montgomery 1976).

Resultados e Discussão

Realizamos as coletas com o auxílio de garrafas-armadilha que revelaram a existência de poucas espécies de Euglossini na fazenda próxima à PROMINAS. As mais comuns foram: *Eulaema nigrita* Lepelletier 1841, *Exaerete smaradigna* Guérin 1845, *Euglossa securigera* Dressler 1982, *Euglossa fimbriata* Rebêlo & Moure 1995, *Euglossa melanotricha* Moure 1967. As menos comuns: *Euglossa pleosticta* Dressler 1982, *Euglossa leucotricha* Rebêlo & Moure 1995, *Euglossa cordata* L. 1758 e *Eufriesea violascens* Mocsary 1898. Desta última foi coletado apenas um indivíduo no final de fevereiro de 2004, em vanilina, quando *C. fimbriatum* ainda estava florido no campo. As abelhas coletadas foram depositadas na coleção do departamento de Genética e Evolução da Universidade Federal de São Carlos.

No restante do ano, *E. violascens* não foi recapturada em garrafas armadilha. Esses dados indicam que essa espécie pode ser univoltina. Após as atividades de reprodução, os indivíduos morrem. A próxima geração será formada por abelhas jovens, emergidas de larvas com longa diapausa. A análise do desgaste alar reforçou essa idéia, pois todos os indivíduos observados no início de dezembro de 2003 eram jovens (devem ter nascido no começo da primavera, ou seja, final de setembro e em outubro de 2003).

Durante as observações em *C. fimbriatum*, registramos as seguintes abelhas Euglossini: *Eufriesea violascens*, *Euglossa truncata* Rebêlo & Moure 1995, *Euglossa cordata*, e *Exaerete smaradigna* (visitante muito raro).

Apesar de observarmos *Euglossa truncata*, *Euglossa cordata* e *Eufriesea violascens* com as políneas aderidas (figura 1 B), apenas a última poliniza *C. fimbriatum*, pois possui de 1,8 a 2,1 cm de comprimento e de 0,8 a 1,0 cm³ de volume torácico. A área do disco adesivo do polinário é de 3,0 mm² e se fixa a uma distância entre 0,6 e 0,9 cm à frente, aderindo ao dorso do tórax. Por esse motivo, *E. truncata* e *E. cordata* que são menores que *E. violascens*, (possuem de 1,1 a 1,4 cm de comprimento e entre 0,5 e 0,7 cm³ de volume torácico), recebem o polinário nas asas, sendo isto letal, pois impede o vôo. São consideradas, portanto, abelhas visitantes. Mesmo que algum indivíduo de *Euglossa* spp. receba o polinário no local adequado, a distância entre o seu dorso e a fenda estigmática ainda é menor do que o necessário para ocorrer polinização, devido ao seu pequeno volume torácico. Em *E. violascens* tal distância é ideal. Neste local de estudo *C. fimbriatum* possui apenas uma abelha Euglossini polinizadora e, portanto, tal inseto é vital para esta orquídea.

Concordamos com Williams (1982), quando menciona que nem todas as abelhas que visitam a orquídea são polinizadoras da mesma.

O sucesso na fixação do polinário ao local adequado (dorso do tórax), neste caso, está relacionado: ao tamanho da abelha e seu posicionamento (alinhado ao par de antenas ejetoras); à especificidade de atração do óleo essencial produzido e ao tamanho e formato da flor. Segundo Romero & Nelson (1986), *Euglossa modestior* Dressler 1982 e *Euglossa gairanii* Dressler 1982 conseguem polinizar *Catasetum ochraceum* Lindl. 1844 que possui flores menores e morfologicamente distintas das de *C. fimbriatum*. Ebel *et al.* (1974) afirmam que a velocidade de disparo do polinário em *C. fimbriatum* é 323 mm.s^{-1} .

As *Euglossa* spp. permanecem de cinco a 30 minutos nas flores masculinas e de 15 a 45 minutos nas flores femininas e *E. violascens* de cinco a 40 minutos nas flores masculinas e de 15 a 60 minutos nas femininas.

A polinização só aconteceu quando a abelha recuou dependurada de cabeça para baixo ao sair do labelo não ressupinado da flor feminina, e encaixou uma das duas políneas na fenda estigmática (figura 2 D). Isto foi facilitado pela capacidade de movimento dobradiço do estípite na altura do disco adesivo. Tal fenda possui uma substância viscosa (viscina) que prende a polínea. A abelha ao tentar sair da flor precisou se debater, e então, deixou essa polínea e levou consigo o restante do polinário. A adesão das políneas ao polinário é frágil, enquanto que o disco adesivo se prende fortemente ao inseto.

Também percebemos que tanto *Euglossa* spp. como *E. violascens* preferiam as flores masculinas e femininas com labelos amarelo intenso (maior produção de óleo essencial).

O polinário recém ejetado apresenta sete mm de largura, considerando-se o tamanho das duas políneas e a abertura entre elas; esta largura diminui para medidas entre quatro a cinco mm após uma semana, devido à desidratação. O comprimento do polinário, recém ejetado, do estípite até o ápice da polínea é de dez mm; após uma semana esta medida é

reduzida para oito mm. A fenda do estigma possui por volta de dois mm de largura e seis mm de comprimento, com um pequeno desnível (cerca de dois mm) entre suas bordas; estas são lisas e afuniladas, o que facilita o encaixe das políneas. Essas medidas nos levaram a concluir que é favorecido o encaixe de uma polínea de cada vez, quando o polinário foi recém-ejetado (figura 3-A e B). Também reforçou essa idéia, o fato de que em nenhuma ocasião foi observado o encaixe das duas políneas ao mesmo tempo. Essa adaptação contribui para o aumento da eficiência no processo de polinização, pois um só polinário pode fecundar até duas plantas diferentes, e também aumenta o número de frutos formados (um só polinário forma até dois frutos). Após uma semana as medidas indicaram que há possibilidade do encaixe simultâneo do par de políneas (figura 3-B). Chegamos à conclusão de que este fato é viável quando testamos a resistência destas em polinários aderidos à 10 abelhas. Eles foram simultaneamente removidos manualmente, com facilidade, e o viscidio continuou preso.

Segundo Morgan (2000) as adaptações entre as plantas e seus polinizadores aumentam a eficiência do processo de polinização se estas levarem a um aumento no rendimento e à uma diminuição dos custos envolvidos na interação.

A fenda estigmática se fecha completamente de seis a oito horas após receber a polínea (que se intumescce), e de 12 a 24 horas, depois disso, a flor feminina deixa de exalar o perfume, pois investirá energia na formação do fruto. A maturação dos frutos levou, em média, 225 dias.

Após perder o polinário, a flor masculina continuou sendo visitada por Euglossini por até dois dias. No terceiro dia a flor praticamente não exalava mais a fragrância e começava a senescer.

O comportamento para coleta do óleo essencial pelos Euglossini é bem conhecido pela literatura (Dodson & Frymire 1961, Vogel 1963, Cruz-Landim *et al.* 1965, Dressler

1968, 1982, Dodson *et al.* 1969, Evoy & Jones 1971, Williams 1982, Williams & Whitten 1983). Segundo esses últimos autores, os machos de Euglossini são atraídos pelas fragrâncias florais aproximando-se das flores com movimentos de zigue-zague e vai e vem. Após essa fase de reconhecimento da flor, pousam no labelo e com o primeiro par de pernas, que possui um tufo pequeno de pêlos na porção final, raspam o óleo essencial liberado pelos osmóforos. Em seguida levantam vôo e transferem o óleo acumulado no par de tufos para o segundo par de pernas, e depois, para o terceiro par de pernas infladas armazenando-o na fenda do órgão tibial, levando de um a três segundos neste processo. Em seguida retornam à flor e repetem esta operação por várias vezes.

Observamos que em algumas ocasiões essas abelhas ao sair das flores prendiam-se pelas mandíbulas na borda de folhas e ficavam esfregando o corpo com as pernas (figura 1-G). Também vimos tais abelhas contraindo e expandindo rapidamente o abdômen durante o vôo e a coleta dos óleos essenciais. Algumas vezes, quando as abelhas levantavam vôo para transferir tais óleos para a fenda tibial, emitiam gotículas pela porção final do abdômen.

Quando o polinário não adere ao dorso do tórax, fica mais fácil para *E. violascens* retirá-lo. A eficiência de fixação do polinário foi observada em 100 ejeções: 37 atingiram o dorso do tórax sendo que 31 permaneceram e seis foram removidos; 20 não atingiram as abelhas; 43 atingiram outros pontos da abelha, tais como pernas, abdômen, cabeça e em dois casos as asas. Estes últimos foram todos removidos. Em *Euglossa* spp. oito flores de *C. fimbriatum* dispararam o polinário, sendo que apenas três destes aderiram às abelhas na altura da asa, dois em *E. cordata* e um em *E. truncata*.

A floração de *C. fimbriatum* na região de São Carlos se estendeu de novembro de 2003 a junho de 2004, sendo encontrado apenas um indivíduo florido no mês inicial e no mês final da floração. A maior parte dos indivíduos floresceu nos meses de janeiro e

fevereiro de 2004 (figura 4). Nas regiões de Ribeirão Preto (Rebêlo 1993) e Piracicaba (Moraes 2002) vários *C. fimbriatum* florescem a partir de novembro e o pico de floração ocorre entre dezembro e janeiro. Essas variações são provavelmente devidas às diferenças climáticas e de altitude, já que Ribeirão Preto e Piracicaba apresentam altitudes menores e temperaturas médias maiores, em relação ao Município de São Carlos.

Os resultados fenológicos obtidos em 50 indivíduos de *C. fimbriatum* em cada um dos quatro locais de estudo estão condensados na tabela 1.

Os indivíduos com hastes florais masculinas, em média, produzem mais flores do que os com hastes femininas (tabela 1). Podemos interpretar estas diferenças pelo ponto de vista do investimento energético. Os indivíduos com hastes femininas investem energia para a produção de flores, óleo essencial e possíveis frutos, enquanto que os indivíduos com hastes masculinas investem energia apenas para a produção do óleo e do pólen. Além disso, a oferta de um maior número de flores masculinas aumenta as chances de polinização.

Na figura 4 consideramos a floração de 97 indivíduos (50 em cultivo e 47 de Ribeirão Bonito (da amostra inicial de 100 indivíduos, três não floresceram devido à ação de brocas de Lepidoptera).

Nos *C. fimbriatum*, a maioria dos indivíduos tem inflorescências com flores monoclinas masculinas ou femininas. Alguns possuem inflorescências com flores monoclinas masculinas e femininas ou ainda inflorescências com flores poligâmicas. Do ponto de vista evolutivo, os indivíduos incluídos na primeira categoria apresentam, necessariamente, fecundação cruzada, enquanto na segunda e terceira categorias pode haver troca gênica entre flores do mesmo indivíduo.

Em inflorescências com flores poligâmicas as femininas são encontradas na base das inflorescências, acima delas podem existir flores hermafroditas e no ápice flores

masculinas, que apresentam maior número que as duas anteriores. A ântese ocorre da base da inflorescência para o ápice, sendo que as flores femininas possuem durabilidade três vezes maior (28 a 30 dias) que as flores masculinas (aproximadamente 11 dias). Sendo assim, é possível que uma flor masculina forneça a polínea para uma flor feminina da mesma inflorescência. Porém, o fato da flor feminina abrir antes da masculina favorece a polinização cruzada. Ainda, segundo Hoehne (1938), nas flores hermafroditas não há autofecundação, pois, se as políneas estiverem viáveis o estigma não o estará e vice-versa.

O fato das flores femininas durarem três vezes mais, do que as masculinas, pode contribuir para os machos preferirem as primeiras, uma vez que podem interagir com elas por maior tempo (a secreção do óleo essencial e conseqüentemente a emissão das fragrâncias florais é maior nas flores femininas).

As flores masculinas começaram a emitir o perfume, na maioria das vezes (90%), no terceiro dia após a ântese, e a ejeção do polinário foi sincronizada com este fato. Do quarto ao sexto dias, o polinário apresenta maior facilidade de fixação nas abelhas Euglossini. Já as flores femininas, em 90% dos casos, começam a emitir o perfume entre o 5º e 6º dias após a ântese. Entre o 7º e o 23º dias, verificamos que tais flores têm maior chance de serem fecundadas. Em períodos mais quentes, diminui em cerca de 24 horas o tempo para a emissão do perfume dessas flores.

O grande número de hastes com flores femininas nos exemplares de *C. fimbriatum* hospedeiros de macaúbas (tabela 1), favoreceu o aumento do número de frutos formados. No entanto, se nos fragmentos ao redor de tais pastos não houver abundantes floradas masculinas, o número de frutos formados será baixo. Foi o que verificamos em Brotas, onde apesar de existirem muitas palmeiras com *C. fimbriatum* a produção de frutos foi menor do que entre Ribeirão Bonito e Brotas (tabela 1). Esta última localidade possui

fragmentos nas proximidades com vários indivíduos de *C. fimbriatum* contendo inflorescências masculinas.

Nos experimentos de marcação onde utilizamos plantas com flores masculinas e femininas de *C. fimbriatum*, obtivemos 205 indivíduos de *E. violascens* e 209 de *Euglossa* spp. (Tabela 2). Na figura 4, nota-se que *E. violascens* não aparece mais de abril a junho mesmo com algumas flores femininas ainda no campo, enquanto que *Euglossa* spp. continuam aparecendo, mas em número cada vez menor devido à chegada do outono.

Em cada um dos 24 dias de marcação das abelhas *Euglossa* spp., coletamos dois indivíduos para posterior identificação, totalizando 48, dos quais 18 (37,5%) pertenciam à *Euglossa truncata* e 30 (62,5%) à *Euglossa cordata*.

Baseados nas coletas verificamos que 70% das abelhas *E. violascens* e *Euglossa* spp. apresentavam o período de maior atividade entre 9:00 e 12:00 horas. Dos 205 indivíduos de *E. violascens* observamos que 53 (26%) deles já possuíam polinário obtido em flores masculinas, sendo tais indivíduos marcados apenas com tinta, um pouco mais na lateral do tórax, conforme o posicionamento deste polinário. Os 53 indivíduos citados acima se distribuíram da seguinte forma: oito (dez./03), 20 (jan./04), 19 (fev./04) e seis (mar./04). Dos 209 indivíduos de *Euglossa* spp. marcados, 47 (22,5%) retornaram no mesmo dia, 16 (7,5%) no dia subsequente, e dois (1%) dois dias depois. Já para os 205 indivíduos de *E. violascens*, 45 (22%) retornaram no mesmo dia, 15 (7%) no dia subsequente e um (0,5%) dois dias depois. Em todos esses casos, podem ter ocorrido repetidas visitas do mesmo indivíduo, o que alteraria as porcentagens anteriores.

De acordo com os dados acima podemos dizer que o retorno das abelhas se dá majoritariamente nos dois primeiros dias. Dos indivíduos de *E. violascens* marcados com tinta branca e polinário, na fazenda nos arredores da PROMINAS, apenas um indivíduo

reapareceu no Jardim Acapulco, dia quatro de fevereiro de 2004, portanto, 15 a 65 dias, considerando-se que a marcação com tinta branca foi realizada em dois períodos (Tab.1), ainda apresentando o polinário com uma das políneas. Após efetuar a segunda polinização, foi recapturada e ficou somente com o disco adesivo e o estípete (figura 1-A).

Na região de São Carlos, o desmatamento fragmentou muito a paisagem (Soares *et al.* 2003), diminuindo os recursos para o forrageio. A área rural ao redor da cidade de São Carlos é formada principalmente por canaviais que seriam pouco atrativos para essas abelhas.

É provável que machos de *E. violascens* possam permanecer em lugares que ofereçam mais recursos (como é o caso da área da PROMINAS), pernoitando neles. Supondo que as abelhas permaneçam por mais de dois dias nesse fragmento (ver dados sobre marcação e recaptura), podemos pensar que durante o dia poderiam explorar e memorizar, num raio de vários quilômetros, outros locais até mais pobres em recursos naturais, mas com algum atrativo, como floradas de *C. fimbriatum* em casas e em pequenos fragmentos (como ocorre no Jardim Acapulco, onde registramos dois exemplares dessa orquídea). Nas áreas urbanas podem ser encontradas plantas para alimentação em jardins ou ainda, áreas de construções que possam servir para as fêmeas nidificarem, como foi observado por Sakagami (1965) *apud* Ramírez *et al.* (2002).

Murren (2002), aponta nesse sentido, citando que as abelhas euglossinas tendem a ficar a maior parte do tempo em florestas contínuas, e evitam permanecer em fragmentos menores. Nossos resultados sobre marcação e recaptura também confirmam essa idéia, pois 85% das abelhas estudadas tiveram seus retornos no fragmento maior (PROMINAS). Portanto, a sobrevivência da maior parte das abelhas da população pode estar ligada à

preservação de áreas florestadas grandes. Com base nas observações citadas, podemos dizer que o raio de ação de *E. violascens* abrange pelo menos sete quilômetros.

Para as variáveis abelhas *E. violascens* e *Euglossa* spp. com ou sem desgaste alar conjuntamente com as flores masculinas e femininas de *C. fimbriatum* (tabela 2), constatamos com 95% de confiança pelo teste ANOVA (valor crítico de $F(0,05\%, 1,188) = 3,89$), que o fator espécie da abelha não é significativo (ambas possuem o mesmo comportamento em relação à visitação das flores masculinas e femininas de *C. fimbriatum*), enquanto que os fatores sexo da flor e idade das abelhas foram significativos (há preferência das abelhas de ambas espécies pelas flores femininas de *C. fimbriatum*, independentemente da idade). Com o teste de Duncan, a 95% de confiança, também confirmamos esses resultados: a maior média, 5,79 foi para as flores femininas e abelhas sem desgaste alar (as abelhas preferem as flores femininas, mesmo sendo jovens); já a média de valor 2,41 foi para flores masculinas e abelhas jovens (as abelhas visitam menos as flores masculinas, mesmo sendo jovens); e os valores 0,37 e 0,12 foram as médias para, respectivamente, plantas femininas e abelhas velhas e plantas masculinas e abelhas velhas, os quais estatisticamente não forneceram diferença significativa.

Quando *E. truncata* e *E. cordata* recebem o polinário nas asas morrem e, portanto, não existe aprendizado. De acordo com os testes estatísticos para *E. violascens*, que é a espécie polinizadora, o aprendizado no sentido de evitar as flores masculinas é inexistente, pois desde cedo preferem as flores femininas. Mas quando *E. violascens* recebe o polinário fora do tórax dorsal, pode retirá-lo, e então é possível que haja aprendizado, pois segundo os dados da tabela 2, elas ainda preferem as flores femininas quando já apresentam desgaste alar. Romero & Nelson (1986) citam que abelhas do gênero *Euglossa* aprendem a evitar as flores masculinas de algumas orquídeas que disparam polinários, quando elas sobrevivem.

Apesar dos valores das médias 0,37 e 0,12 não serem estatisticamente significativos, 0,37 é maior do que 0,12, e portanto é possível que haja alguma aprendizagem por parte das *E. violascens* mais velhas (devido ao fato de poderem estar recebendo a mais tempo os incômodos polinários e associando-os às flores masculinas).

Talvez as abelhas ainda jovens prefiram as flores femininas pelo fato delas oferecerem maior quantidade de óleo, como pudemos observar através da extração clorofórmica de 20 flores masculinas e 20 femininas coletadas no mesmo dia e horário. Além disso, Forim *et al.* (2004) através da análise dos compostos voláteis exalados pelas flores de *C. fimbriatum*, pelo método do “Headspace” acoplado à cromatografia gasosa e espectrometria de massa, encontraram 19 compostos para a flor feminina e 33 para a masculina, sendo que 13 destes são comuns para ambas. Este fato justifica a atração das abelhas masculinas para os dois tipos de flores.

A existência de uma química de voláteis mais complexa na flor masculina poderia “compensar” o efeito negativo que a fixação do polinário possa causar ou ainda, o sucesso reprodutivo da orquídea pode estar relacionado ao fato da abelha precisar coletar óleos essenciais nas flores masculinas e femininas. Ou seja, o sinergismo das distintas substâncias existentes nestas flores seria necessário para os machos metabolizarem um feromônio sexual que atrai as fêmeas, ou, para atrair outros machos co-específicos (hipótese da agregação defendida por Peruquetti (2000)).

As abelhas estudadas dividiam o seu território sempre que havia inflorescências em abundância. Assim, quando *E. violascens* e *Euglossa* spp. estavam presentes no mesmo local e no mesmo horário, as populações se dividiam em inflorescências de diferentes indivíduos. Observamos que no caso de existir apenas uma inflorescência, a competição pelo recurso escasso obrigou-as a compartilhar a mesma haste floral, mas em flores

distintas. Ainda em relação à escassez de recursos, notamos que no começo de abril de 2004, um indivíduo de *Exaerete smaradigna* coletou por cerca de um minuto o óleo essencial de um exemplar de *C. fimbriatum*. Normalmente isso não ocorre, mas no começo do outono já há menos fontes de óleos essenciais. Ou seja, quando há opções as abelhas buscam o recurso preferido; caso contrário, buscam recursos alternativos.

Talvez seja o que ocorre na ilha de São Luís, MA, onde abelhas *E. violascens*, provavelmente devido à destruição do meio natural, foram capturadas com cineol em garrafas armadilha (Rebêlo & Silva 1999). No restante do Estado, onde a destruição ambiental foi proporcionalmente menor, esta espécie não foi capturada nas garrafas armadilha. Resta saber se há *C. fimbriatum* nesse Estado, e em que abundância, ou ainda, se há outras plantas e fontes extraflorais que sejam utilizadas por essa abelha.

Sabemos que na maioria das ilhas da América Central não há abelhas Euglossini e, conseqüentemente, não há orquídeas polinizadas por elas (Janzen 1980). Na Jamaica só existe uma espécie de abelha Euglossini: *Euglossa jamaicensis* Moure 1968 (Dressler 1982, Cameron 2004). De acordo com Gloudon & Tobisch (1995), nesta mesma ilha encontram-se três gêneros de orquídeas, que segundo Dodson (1966) são polinizados por Euglossini: três espécies de *Dichaea*, duas espécies de *Bletia* e uma de *Lycaste* o que torna possível a interação entre essas e *E. jamaicensis* reforçando a idéia de que, pelo menos em alguns casos, a presença das orquídeas é fundamental para as abelhas. O fato de a maioria das outras ilhas da América Central não possuírem abelhas euglossinas (e conseqüentemente orquídeas polinizadas por elas), apesar de provavelmente existirem outras fontes de fragrâncias, é um indicativo forte dessa interação (Janzen 1980). Não há dúvidas sobre o fato de que a influência de tais abelhas na evolução das orquídeas é bem maior que o

contrário. Cerca de 2000 espécies de orquídeas neotropicais são polinizadas exclusivamente por abelhas Euglossini (Dodson 1962, Dodson 1975, Cameron 2004).

Embora as abelhas euglossinas possam coletar as substâncias em outras famílias de plantas (Williams 1982) e até em fontes extraflorais (Whitten *et al.* 1993), a família Orchidaceae parece ser fundamental no quesito oferta de fragrâncias florais (Ramírez *et al.* 2002), e a falta dessas plantas em um local, como nas ilhas caribenhas, poderia dificultar a reprodução dos Euglossini. Talvez essas abelhas precisem coletar óleos essenciais de diversas fontes para copularem, assim como as abelhas melíferas forrageiam várias plantas para fabricar o mel. É claro que há as plantas preferidas tanto pelas abelhas melíferas como pelas Euglossini. Essa preferência, em alguns casos abelha-orquídea, pode indicar ter ocorrido um processo de coevolução. No caso da interação *E. violascens* e *C. fimbriatum* observamos uma correlação entre a presença do maior número de flores em ântese e o maior número dessas abelhas, tendo o seu pico tanto para a floração quanto para a população de abelhas, no mês de janeiro (figura 4). Já em *Euglossa* spp., essa mesma correlação foi menor (figura 4). Ackerman (1983) corrobora essa constatação.

Os fatores ambientais têm papel fundamental na fenologia de *C. fimbriatum* e no ciclo de vida de *E. violascens*. A seleção natural agiu basicamente com as variáveis clima e presença de abelhas para *C. fimbriatum* e, clima e oferta de alimentos, fragrâncias, e materiais para nidificação em *E. violascens*. Com base nesses dados concluímos que nessa região, se esta abelha desaparecer, *C. fimbriatum* poderá ser extinta. Mas ainda faltam dados para afirmar o contrário, embora tudo nos leve a crer que pelo menos a fragrância de *C. fimbriatum* é a preferida por *E. violascens*.

As fêmeas de *E. violascens* nidificam na região de Ribeirão Preto nos meses de fevereiro e março (Garófalo *et al.* 1993). Como a região de São Carlos é próxima a

Ribeirão Preto, podemos supor que as fêmeas daquele local também estariam mais receptivas para a cópula no mês de janeiro, que é justamente o mês onde ocorre maior oferta de fragrâncias florais para os machos de *E. violascens* (figura 4). De novembro/03 a março/04, *E. violascens* e *C. fimbriatum* floridos coexistiram. Esta observação concorda com Rebêlo (1993). A partir do dia 22 de março/04 não foi mais observado nenhum indivíduo de *E. violascens* no campo, mesmo existindo ainda algumas orquídeas com flores femininas, pois as fêmeas dessa espécie estão no final do período de nidificação, e portanto, não mais receptivas aos machos. Além disso, a distribuição geográfica do *C. fimbriatum* (Hoehne 1942, Pabst & Dungs 1975) coincide com a de *E. violascens* existente, no Peru, Bolívia, Paraguai, Norte da Argentina e no Brasil (Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Pará (<http://www.ufv.br>), o que reforça a idéia do mutualismo. Segundo Rebêlo (1993), os dados sobre a distribuição de *E. violascens* ainda não são suficientes para se discutir com segurança o mutualismo desse sistema. Com exceção da visita à *Catasetum saccatum*, citada por Zucchi *et al.* 1969 (*apud* Ramirez *et al.* 2002), que pode ter sido um fato pouco comum, machos dessa abelha praticamente não foram observados visitando outras espécies de orquídeas ou de qualquer outra planta para a coleta de compostos. Diante dessas características, é razoável supor, que a especificidade desse sistema existe, embora possa ser um fenômeno local.

Agradecimentos – Os autores desejam agradecer a José Carlos Serrano do Depto. de Biologia da Universidade de São Paulo *campus* de Ribeirão Preto, SP, e a Margarita Maria Lopez–Uribe do Depto. de Genética e Evolução da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), SP, pela identificação das abelhas. A Ricardo Galante Coimbra do Depto de Estatística da UFSCar. A Egel Perazolli, de Rio Claro, SP, pelas sugestões quanto ao cultivo das orquídeas. Às famílias Schmidt e Tavolaro de Brotas, SP e aos proprietários

do sítio Serra da Grama em Ribeirão Bonito, SP, pelo acesso às suas propriedades, bem como a Divanir R. Ferreira e Érica Shirozu do orquidário Continental de Ibiúna, SP pelo fornecimento do material de cultivo das orquídeas. Ao CNPq pela bolsa concedida.

Referências bibliográficas

- Ackerman, J.D. 1983. Specificity and mutual dependency of the orchid-euglossine bee interaction. *Biological Journal of the Linnean Society* 20:301-314.
- Búrquez, A. 1997. Distributional limits of euglossine and meliponini bees (Hymenoptera: Apidae) in north Western Mexico. *Pan – Pacific Entomological* 73:137-140.
- Cameron, S.A. 2004. Phylogeny and biology of neotropical orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Entomology* 49:377-404.
- Cruz-Landim, C., Stort, A.C., Cruz, M. A.C. & Kitajima, E.W. 1965. Órgão tibial dos machos de Euglossini. Estudo ao microscópio óptico e eletrônico. *Revista Brasileira de Biologia* 25:323-341.
- Dodson, C.H. 1962. The importance of pollination in the evolution of the orchids of tropical America. *American Orchid Society Bulletin*.31:525-534, 641-649, 731-735.
- Dodson, C.H. 1966. Ethology of some bees of the tribe Euglossini (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 39: 607-629.
- Dodson, C.H. 1967. Relationships between pollinators and orchid flowers. *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*. 5:1-72.
- Dodson, C.H. 1975. Coevolution of orchids and bees. *In* Coevolution of animals and plants. (E.G. Lawrence & P.H. Raven ed.). Univ. of Texas Press, Austin and London, p.91-99.

- Dodson, C.H., Dressler, R.L., Hills, H.G., Adams, R.M. & Williams, N.H. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164:1243-1249.
- Dodson, C.H. & Frymire, G.P. 1961. Natural pollination of orchids. *Missouri Botanical Garden Bulletin* 49:133-152.
- Dressler, R.L. 1968. Pollination by Euglossine bees. *Evolution* 22:202-210.
- Dressler, R.L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:373-394.
- Ebel, F., Hagen, A., Puppe, K., Roth, H.J. & Roth, J. 1974. Beobachtungen über das Bewegungsverhalten des pollinariums von *Catasetum fimbriatum* Lindl. Während Abschuss, flug und landung. *Flora* 163: 342-356.
- Evoy, W.H. & Jones, B.P. 1971. Motor patterns of male euglossine bees evoked by floral fragrances. *Animal Behavior* 19:583-588.
- Feinsinger, P. 1983. Coevolution and pollination. In *Coevolution* (D.J. Futuyma & M. Slatkin coord.). Sinauer Assoc. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, p.283-310.
- Forim, M.R., Braga, P.A.C., Ferreira, A.W.C., Lima, M.I.S., Silva, M.F.G.F., Fernandes, J.B. & Vieira, P.C. 2004. Composição da fragrância floral de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) e seu papel na reprodução da abelha Euglossini *Eufriesea violascens* Mocsary (Hymenoptera, Apidae). XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares (RESEM), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, pág. 29.
- Garófalo, C.A., Camillo, E, Serrano, J.C. & Rebêlo, J.M.M. 1993. Utilization of trap nests by Euglossini species (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Biologia* 53:177-187.

- Gloudon, A. & Tobisch, C. 1995. Orchids of Jamaica. The Press University of West Indies. Kingston, Jamaica.
- Hills, H.G., Williams, N.H., & Dodson, C.H. 1972. Floral fragrances and isolating mechanisms in the genus *Catasetum* (Orchidaceae). *Biotropica* 4:61-76.
- Hoehne, F.C. 1938. As plantas ornamentais da flora brasílica. *Boletim da Agricultura* 1:247-273.
- Hoehne, F.C. 1942. Flora Brasílica, Volume XII, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.
- <http://www.ufv.br> - Euglossini – As abelhas das Orquídeas – 07/11/2004.
- Janzen, D.H. 1971. Euglossine bees as long distance pollinators of tropical plants. *Science* 171:203-205.
- Janzen, D.H. 1980. *Ecologia vegetal nos trópicos*. Ed. Universidade de São Paulo, S. Paulo.
- Lacerda Jr, K.G. de. 1993. Subtribo *Catasetinae* e seus gêneros – taxonomia e peculiaridades. *Boletim Coordenadoria das Associações Orquidófilas do Brasil* 5:3-14.
- Matias, L.Q., Braga, P.I.S. & Freire, A.G. 1996. Biologia reprodutiva de *Constantia cipoensis* Porto & Brade (Orchidaceae), endêmica da Serra do Cipó, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Botânica* 19:119-125.
- Menezes, L.C. 2004. *Orquídeas do planalto central brasileiro*. IBAMA. Brasília.
- Montgomery, D.C. 1976. *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons (ed.) New York.
- Moraes, C.P. 2002. Fenologia e anatomia dos órgãos reprodutivos de *Catasetum fimbriatum* Lindley cultivados sob diferentes intensidades luminosas. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo *campus* de Piracicaba (ESALQ), São Paulo.

- Morgan, M.T. 2000. Evolution of interactions between plants and their pollinators. *Plant Species Biology*. 15: 249-259.
- Murren, C.J. 2002. Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinators, pollinia viability and reproductive success. *Journal of Ecology* 90:100-107.
- Pabst, G.J.F. & Dungs, F. 1975. *Orchidaceae Brasilienses*. Brucke-Verlag. Kurt-Schmersow, Hildesheim.
- Pearson, D.L. & Dressler, R.L. 1985. Two-years study of male orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) attraction to chemical baits in lowland south – eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology* 1:37-54.
- Peruquetti, R.C. 2000. Function of fragrances collected by Euglossini males (Hymenoptera: Apidae). *Entomologia Generalis* 25:33-37.
- Peruquetti, R.C. & Campos, L.A. de O. 1997. Aspectos da biologia de *Euplusia violacea* (Blanchard) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Revista Brasileira de Zoologia* 14:91-97.
- Ramírez, S., Dressler, R.L. & Ospina, M. 2002. Abejas euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la región neotropical: listado de especies com notas sobre su biología. *Biota Colombiana* 3:7-118.
- Raposo, Pe J.G. 1999. *Dicionário Etimológico das orquídeas do Brasil. A etimologia a serviço dos orquidófilos*. Editora Ave Maria, 2^a. ed., São Paulo.
- Rebêlo, J.M.M. 1993. Dinâmica de populações de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) e considerações sobre sua sistemática, filogenia e biogeografia. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

- Rebêlo, J.M.M. & Garófalo, C.A. 1991. Diversidade e sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferência por iscas-odores em um fragmento de floresta no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 51:787-799.
- Rebêlo, J.M.M. & Garófalo, C.A. 1997. Comunidades de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em matas semidecíduas do nordeste do Estado de São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26:243-255.
- Rebêlo, J.M.M. & Silva, F.S. 1999. Distribuição das abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28:389-401.
- Romero, G.A. & Nelson, C.E. 1986. Sexual dimorphism in *Catasetum* orchids: forcible pollen emplacement and male flower competition. *Science* 232:1538-1540.
- Roubik, D.W. & Ackerman, D.J. 1987. Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia (Berlin)* 73:321-333.
- Schlee, D. & Ebel, F. 1983. Note on the chemical nature of the adhesive of viscid disc in *Catasetum fimbriatum* Lindl (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 70:872-876.
- Soares, J.J., Silva, D.W. & Lima, M.I.S. 2003. Current state and projection of the probable original vegetation of the São Carlos region of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 527-536.
- Tremblay, R.L. 1992. Trends in the pollination ecology of the Orchidaceae: evolution and systematics. *Canadian Journal of Botany* 70:642-650.
- Vogel, S. 1963. Das sexuelle anlockungsprinzip der Catasetinen-und Stanhopeen-blüter und die wahre function ihres sogenannten futtergewebes. *Oesterr. Bot. Z.* 110:308-337.
- Whitten, W.M. et al. 1993. Nonfloral sources of chemicals that attract male euglossine bees (Apidae; Euglossini). *Journal of chemical Ecology* 19:3017-3027.

- Williams, N.H. 1982. The biology of orchids and Euglossini bees. In *Orchid biology: Reviews and perspectives v. 2.* (J. Arditti ed.). Cornell Univ. Press, N. York. P.119-171.
- Williams, N.H. & Dodson, C. H. 1972. Selective attraction of male Euglossine bees to orchid floral fragrances and its importance in long distance pollen flow. *Evolution* 28:874-895.
- Williams, N.H. & Whitten, W. M. 1983. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biological Bulletin*, 164:355-395.

Tabela 1. Número de racemos florais e flores masculinas, femininas e frutos formados, bem como suas quantidades e porcentagens em *Catsetum fimbriatum* cultivado e vegetando nos hospedeiros *Cedrela fissilis* (árvore) e *Acrocomia aculeata* (palmeira) nos quatro locais de estudo.

Localidade.	São Carlos (cultivo)	Ribeirão Bonito (<i>Cedrela fissilis</i>)	Entre Ribeirão Bonito e Brotas (<i>Acrocomia aculeata</i>)	Brotas (<i>Acrocomia aculeata</i>)	Total
Nº de indivíduos monitorados	50	47*	50	50	197
Nº de racemos florais masculinas.	55	14	3	3	75
Nº de flores masculinas.	906	191	29	31	1157
Nº de racemos florais femininas.	22	38	60	58	8
Nº de flores femininas.	113	158	213	201	685
Soma das flores masculinas e femininas	1.019	349	242	232	1842
Porcentagem de flores masculinas	89	54,7	12	13,4	-----
Porcentagem de flores femininas	11	44	88	86,6	-----
Nº de racemos florais mistas (contendo flores masculinas e femininas).	1	0	0	0	1
Nº de flores masculinas (M) e femininas (F) nas hastes florais mistas.	13 M; 5 F	0	0	0	13 M; 5 F
Nº de frutos formados nas flores femininas.	26	31	120	59	236
Porcentagem entre frutos formados e flores femininas.	23	19,6	49,6	29,3	-----

* Observação: dos 50 indivíduos monitorados, três foram brocados por larvas de Lepidoptera e não floresceram.

Tabela 2. Número de abelhas *Eufriesea violascens*. e *Euglossa* spp. capturadas e marcadas em flores masculinas e femininas de *Catasetum fimbriatum* das 8:00 – 17:00 horas de 02/12/03 a 18/03/04, com as cores branca, vermelha clara e azul clara, alternadas a cada três dias.

Coletas	02.12	03.12	04.12	16.12	17.12	18.12	06.01	07.01	08.01	20.01	21.01	22.01	03.02	04.02	05.02	17.02	18.02	19.02	02.03	03.03	04.03	16.03	17.03	18.03	S	%	Totais
EufSDAFM	1	2	1	2	2	2	3	5	4	4	3	4	4	4	3	1	2	2	1	1	1	1	1	0	54	26,47	
EufCDAFM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	5	2,43	
EufSDAFF	3	3	2	4	6	5	10	10	8	10	10	8	8	11	8	6	5	6	3	4	4	1	1	1	137	66,82	
EufCDAFF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	1	1	0	1	9	4,39	205
EugSDAFM	3	2	2	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	4	1	2	3	1	0	1	58	27,75	
EugCDAFM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	1,43	
EugSDAFF	5	4	4	6	7	6	7	7	6	7	9	6	8	7	8	4	7	7	5	5	6	2	4	2	139	66,5	
EugCDAFF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	1	9	4,3	209

EufSDAFM - *Eufriesea violascens* sem desgaste alar em flores masculinas de *Catasetum fimbriatum*

EufCDAFM - *Eufriesea violascens* com desgaste alar em flores masculinas de *Catasetum fimbriatum*

EufSDAFF - *Eufriesea violascens* sem desgaste alar em flores femininas de *Catasetum fimbriatum*

EufCDAFF - *Eufriesea violascens* com desgaste alar em flores femininas de *Catasetum fimbriatum*

EugSDAFM - *Euglossa* spp. sem desgaste alar em flores masculinas de *Catasetum fimbriatum*

EugCDAFM - *Euglossa* spp. com desgaste alar em flores masculinas de *Catasetum fimbriatum*

EugSDAFF - *Euglossa* spp. sem desgaste alar em flores femininas de *Catasetum fimbriatum*

EugCDAFF - *Euglossa* spp. com desgaste alar em flores femininas de *Catasetum fimbriatum*

S – Somatória do número de indivíduos de *Eufriesea violascens* e *Euglossa* spp.

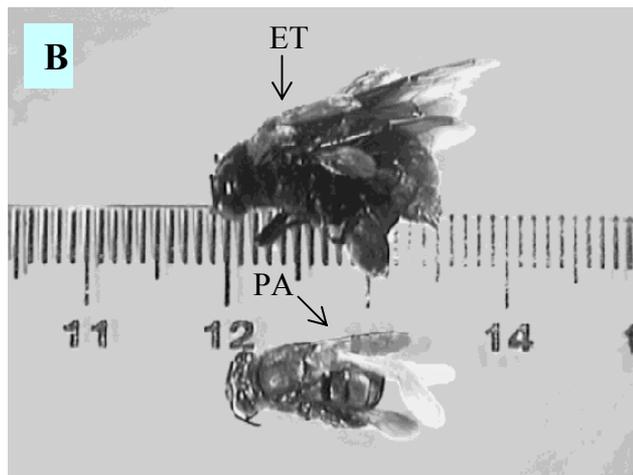
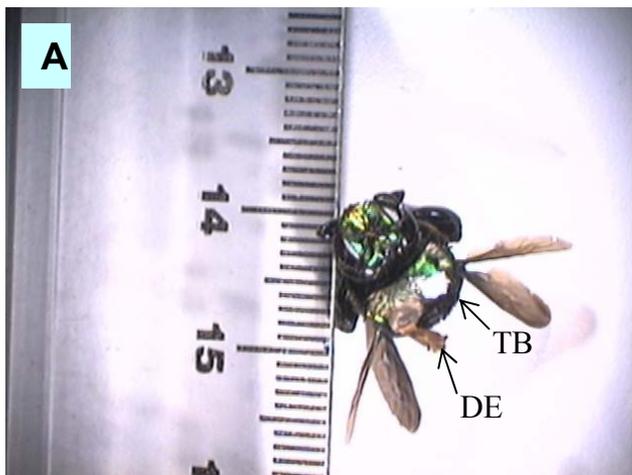


Figura 1 – A. *Eufriesea violascens* em vista frontal mostrando tórax dorsal com marca de tinta branca (TB) e ao lado disco adesivo e o estípete (DE) do polinário, sem o par de políneas; B. *Eufriesea violascens*, ET - Estípete no tórax dorsal e *Euglossa truncata* (abaixo - PA = polinário aderido à asa).

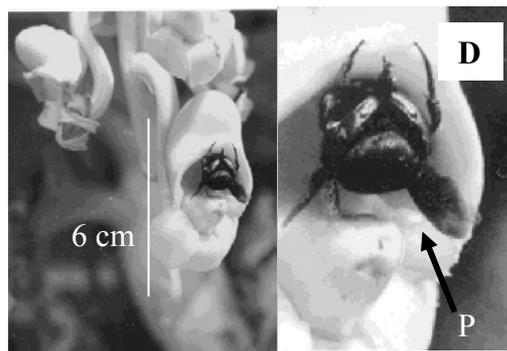


Figura 2. Polinização de *Catasetum fimbriatum* por *Eufriesea violascens* (A - G) - A. Planta monóica (à esquerda inflorescência feminina, à direita inflorescência masculina); B. Abelha com polinário e antera; C. Abelha livre da antera; D. Abelha na flor feminina no momento do encaixe de uma das políneas (P) na fenda estigmática, à esquerda aspecto geral, à direita detalhe; E. Abelha retirando-se da flor feminina e deixando uma das das políneas aderida à fenda estigmática; F. Abelha com uma única polínea no polinário; G. Abelha presa na borda da folha pela mandíbula; H. *Euglossa truncata* visitando flor feminina.

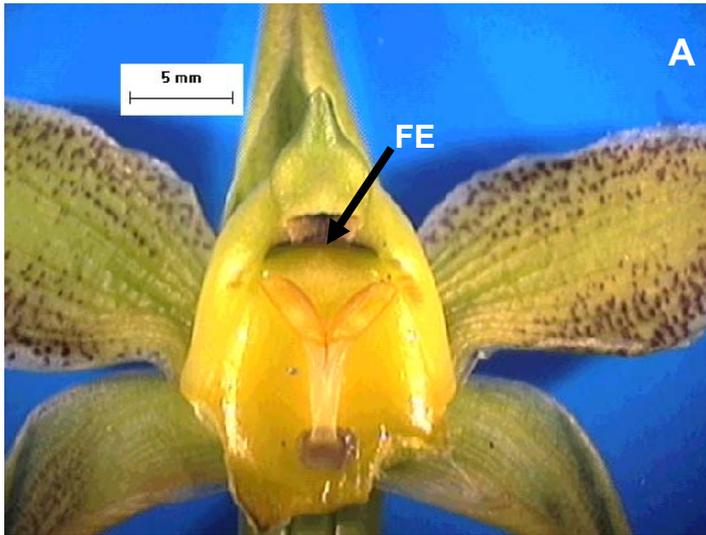


Figura 3. A – Flor feminina destacando a região da fenda estigmática (FE), que possui 0,6 cm de comprimento e 0,2 cm de espessura. Notar que, no polinário recém-ejetado, a abertura entre as políneas é um pouco maior (0,7 cm) do que a fenda estigmática. B – Comparação entre os tamanhos dos polinários, recém-ejetados (esquerda) e ejetado há uma semana (direita). Devido à desidratação ocorre uma redução no comprimento do polinário e também no ângulo de abertura das políneas.

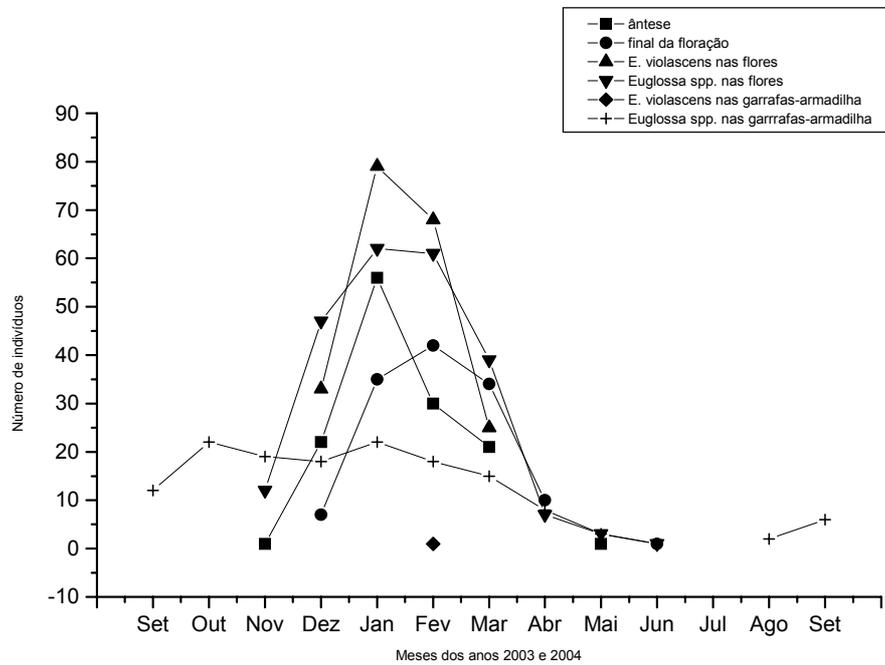


Figura 4. Períodos de ântese, final de floração, visitas das abelhas Euglossini nas flores de *C. fimbriatum* e captura em garrafas-armadilha.

**Fenologia de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl.
(Catasetinae, Orchidaceae) na região de São Carlos, São Paulo, Brasil¹**

ALESSANDRO W.C. FERREIRA², MARIA INÊS S. LIMA^{2,3} e RICARDO G. COIMBRA⁴.

-
1. Parte da Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos.
 2. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, Caixa Postal 676, 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.
 3. Autor para correspondência: ines@power.ufscar.br
 4. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Estatística.

ABSTRACT – (Phenology of *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) in São Carlos region, São Paulo state, Brazil). In this work we studied *Catasetum fimbriatum* growth and development following phenological events at two localities: greenhouse and field. Our main purposes were: determine the distinctions between cultivate and watched field plants, his orchid hosts, how the climatic condition affect this growth and development, the influence of the pollinator and herbivores in their phenofases. The results were analyzed by linear coefficient of correlation and by multivariate and univariate tests (MANOVA and ANOVA). We established for this species 12 phenofases: dormant new shoots, the beginning of sprout, “cone” stage, opening “cone”, blade distension, pseudobulb formation, the beginning of floral raceme, floral bud formation, anthesis, fruiting, leaf lost, fruit dehiscent. Each of them was analyzed by comparation of greenhouse and field. The main abiotic factors watched were rainfall, temperature and nutrient disponibility. The main biotic factors were the pollinator bee activity of *Eufriesia violascens*, the host trees and the herbivory provoked by *Riechia acraeoides* (Lepidoptera). We registered 14 host tree species, the main are: *Acrocomia aculeata*, *Cedrela fissilis*, *Gochnatia polymorpha* e *Anadenanthera falcata*. A statistics analysis shows linear correlation to the following factors: pseudobulb diameter and male flowers number, pseudobulb diameter and plant larger height, plant larger height and male flowers number, male flowers number and fruits number, female flowers number and fruits number.

Key words – Phenology, phenological events, *Catasetum fimbriatum*, *Eufriesea violascens*.

RESUMO – (Fenologia de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) na região de São Carlos, São Paulo, Brasil). Neste trabalho estudamos o crescimento e desenvolvimento de *C. fimbriatum* acompanhando as suas diversas fenofases em duas condições: em casa de vegetação e no campo. Nossos objetivos principais foram: determinar diferenças entre as plantas cultivadas e observadas no campo, quais os hospedeiros desta orquídea, o quanto as variáveis climáticas interferem no crescimento e desenvolvimento desta orquídea, a influência do polinizador e dos herbívoros em suas diversas fenofases. Os resultados foram analisados através do coeficiente de correlação linear e pelos testes de variância multivariado (MANOVA) e univariado (ANOVA). Nós estabelecemos para esta espécie 12 fenofases: gemas em dormência, início da brotação, fase de “cone”, início de abertura do “cone”, distensão do limbo, formação do pseudobulbo, início do racimo floral, formação dos botões florais, ântese, frutificação, perda da folha e deiscência do fruto. Cada uma delas foi analisada comparando-se as condições de cultivo e campo. Os principais fatores abióticos observados foram a pluviosidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes. Os principais fatores bióticos foram a atividade da abelha polinizadora *Eufriesea violascens*, as árvores hospedeiras e a herbivoria causada por uma larva de mariposa brocadora, *Riechia acraeoides*. Foram registradas 14 espécies de árvores hospedeiras, sendo as principais: *Acrocomia aculeata*, *Cedrela fissilis*, *Gochnatia polymorpha*, *Anadenanthera falcata*. Nas análises estatísticas os seguintes fatores apresentaram correlação linear: diâmetro do pseudobulbo e número de flores masculinas, diâmetro do pseudobulbo e tamanho máximo da planta, tamanho máximo da planta e número de flores masculinas, número de flores masculinas e número de frutos formados, número de flores femininas e número de frutos formados.

Palavras-chave – Fenologia, fenofases, *Catasetum fimbriatum*, *Eufriesea violascens*.

Introdução

O gênero *Catasetum* pertencente à subtribo Catasetinae (Orchidaceae) possui hábitos epifíticos, terrestres ou litofíticos (Lacerda Jr. 1993, Menezes 2004). É comum suas espécies vegetarem sobre rochas que acumulam algum detrito orgânico ou sobre ramos e troncos apodrecidos. Este fato faz com que sejam chamadas por alguns observadores da natureza de “orquídeas suicidas”, pois quando a árvore ou o ramo vão ao solo, dentro de no máximo dois anos essas orquídeas acabam morrendo (Silva & Silva 1998).

Ao contrário da maior parte das espécies da família Orchidaceae, as Catasetinae apresentam espécies diclinas. Podem apresentar flores masculinas, femininas e mais raramente hermafroditas (monoclinas). Às vezes, na mesma haste floral podemos encontrar os três tipos de flores (Lacerda Jr. 1993). Essa singularidade fez com que até o final do século XIX fossem encontradas grandes dificuldades na taxonomia dessas plantas. John Lindley em 1831 descreveu os gêneros *Myanthus* e *Monachanthus* (Hoehne 1942). Depois, em uma mesma planta observou-se a presença de flores desses dois gêneros. Segundo Lacerda Jr. (1993), Charles Darwin em 1862 percebeu que *Monachanthus viridis* representava as flores femininas, *Myanthus barbatum* as flores hermafroditas e *Catasetum tridentatum* as flores masculinas (todas de uma mesma espécie). Então *Myanthus* e *Monachanthus* foram reduzidos ao sinônimo mais antigo: *Catasetum* descrito por Kunth em 1822 (Hoehne 1942, Lacerda Jr. 1993).

Catasetum é considerado um gênero derivado na família Orchidaceae (Romero 1990). Das raízes grossas principais derivam-se raízes secundárias ou aéreas (ageotrópicas) formando um tufo denso. Os pseudobulbos variam de ovóides a fusiformes e são envolvidos por bainhas foliares quando jovens. As folhas são membranáceas, decíduas,

plicadas, de elíptico-lanceoladas a oblongo-lanceoladas, acuminadas. As inflorescências racemosas podem ser eretas, arqueadas ou pendentes, nascidas dos nós basais dos pseudobulbos. O ovário é ínfero e o fruto deiscente (Menezes 2004).

Geralmente se encontram neste gênero espécies com as flores masculinas contendo um par de prolongamentos derivados do pseudoestigma, denominados cerdas ou antenas, que originaram o nome deste gênero: prefixo grego *katá* = de cima para baixo, mais o sufixo latino *seta* = cerda, antena. O polinário é constituído pelas políneas cerosas (duas no caso do gênero *Catasetum*), pelo caudículo ou estípete (prolongamento a partir das políneas) e pelo viscidium ou disco adesivo. O disco adesivo encontra-se apoiado na base destas antenas. Um leve toque em uma ou ambas antenas faz com que o polinário inteiro seja arremessado como que por uma catapulta, chegando a se deslocar a mais de dois metros de distância. Se o disco adesivo com as políneas se fixar ao dorso do inseto (abelhas da tribo Euglossini), e for levado ao estigma viscoso de uma flor feminina, ocorrerá a polinização (Lacerda Jr. 1993).

Catasetum fimbriatum (Morren) Lindl. é encontrado no norte da Argentina, leste do Paraguai, Bolívia, sul da Venezuela, oeste dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, noroeste do Paraná, interior de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e sul do Pará (Hoehne 1942, Pabst e Dungs 1975). Porém ainda há dúvidas quanto aos limites de sua distribuição geográfica (Egel Perazolli 2003, comunicação pessoal).

Segundo Hoehne 1933, Hoehne 1938, Hoehne 1942, a espécie apresenta inflorescências arqueadas, possuindo entre uma e 28 flores masculinas ressupinadas e de uma a seis flores femininas não ressupinadas. A coloração básica da flor masculina é o esverdeado no perianto, com pintas e pequenas máculas castanho avermelhadas distribuídas

nas peças florais; o labelo possui fimbrias de diversos tamanhos em sua margem e também uma calosidade na porção central, onde se concentra a maior parte dos osmóforos (glândulas produtoras das fragrâncias florais). As flores hermafroditas são formadas pela combinação entre as peças florais masculinas e femininas, e nelas não ocorre autofecundação. Apresenta variedades morfológicas, tais como *fissum*, *morrenianum*, *inconstans*, e *ornithorrhynchum*. No interior do Estado de São Paulo, a variedade *fissum* é considerada a mais comum. As espécies da subtribo Catasetinae são polinizadas pelas abelhas solitárias da tribo Euglossini (Williams & Whitten 1983).

Autores como Dressler (1982), e Roubik & Ackerman (1987) afirmam que as abelhas Euglossini são muito sensíveis às mudanças climáticas, principalmente abelhas do gênero *Eufriesea*. *Eufriesea violascens* Mocsary 1898, que é considerada a polinizadora mais comum de *C. fimbriatum* (Hills *et al.* 1972), tem sido observada na região de Ribeirão Preto, SP, apenas quando há flores de *C. fimbriatum* no campo, ou seja, entre os meses de novembro e março (Rebêlo 1993), e as fêmeas nidificam nos meses de fevereiro e março (Garófalo *et al.* 1993). A atração dessa espécie por fragrâncias sintéticas em garrafas armadilha é muito rara, o que torna difícil um estudo da sua população por este método (Rebêlo & Garófalo 1997).

Estudos de fenologia foram realizados por Gregg (1982), que descobriu ser a expressão do sexo feminino em flores de *Catasetum* e *Cycnoches* dependente do aumento nos níveis de etileno celular produzido devido a uma maior luminosidade recebida pelos racimos florais. Zimmerman (1990) estudou o papel que o pseudobulbo armazenador de *Catasetum viridiflavum* tem sobre seu desenvolvimento e floração, concluindo que a floração é influenciada positivamente por um maior número deles, mas o desenvolvimento da planta precisa apenas da presença de três pseudobulbos, sendo os demais dispensáveis.

Zimmerman (1991) estudando essa mesma espécie, também concluiu que uma maior luminosidade favorece a expressão de flores do sexo feminino, enquanto que a menor luminosidade as do sexo masculino.

Ackerman (1983) observou que, geralmente, o tempo de floração das orquídeas coincide com o pico de abundância das espécies de abelhas Euglossini que as polinizam. O mesmo autor, estudando modelos matemáticos de coevolução e especiação entre plantas e polinizadores, concluiu que pelo fato das abelhas Euglossini coletarem as fragrâncias necessárias para sua reprodução em outras fontes além das orquídeas, há uma redução na pressão de seleção dessas plantas sobre essas abelhas. Rathcke & Lacey (1985) levantam a hipótese de que os padrões de floração são determinados pela atividade dos polinizadores.

A ação antrópica também pode influir na fenologia das espécies. A fragmentação florestal é um exemplo disso. Murren (2002) afirma que as abelhas Euglossini polinizadoras de *Catasetinae* preferem áreas de floresta contínua, evitando permanecer em fragmentos pequenos. Como a viabilidade das pólineas das orquídeas diminui com o tempo, os fragmentos pequenos e isolados aumentam as chances das orquídeas neles presentes receberem pólineas mais velhas e, portanto, menos eficazes para a polinização. Sendo assim, o sucesso reprodutivo dessas orquídeas tende a ser menor.

O objetivo desse estudo foi verificar de que maneira os fatores bióticos e abióticos da região de São Carlos afetam o crescimento e desenvolvimento de *Catasetum fimbriatum*. Para tanto, nos baseamos nas seguintes questões:

- 1- Quais são as espécies de árvores hospedeiras de *C. fimbriatum*? Há preferência por alguma característica dessas hospedeiras?
- 2- O desenvolvimento de *C. fimbriatum* é afetado pela ação de herbívoros?

- 3- A pressão de seleção da abelha polinizadora *E. violascens* contribui para determinar o período de floração de *C. fimbriatum*?
- 4- Até que ponto as variáveis climáticas afetam o crescimento e desenvolvimento de *C. fimbriatum*?
- 5- Quais diferenças há entre as plantas cultivadas e as observadas no campo?

Respondendo à estas perguntas esperamos confirmar que a sazonalidade marcante (com invernos frios e secos, e verões quentes e chuvosos) e o período de atividade do polinizador são os principais fatores que afetam os padrões fenológicos de *C. fimbriatum*.

Materiais e métodos

A localização das áreas de estudo foi estabelecida com o auxílio do G. P. S. (*Geographic Position System*). As áreas de coleta foram os municípios de Ribeirão Bonito, SP, no sítio Serra da Grama, (22° 02' 33,1''- S; 48° 09' 34,8''- W) e São Carlos, em dois pontos de estudo: fazenda próxima à PROMINAS no bairro Cruzeiro do Sul, (22°03'28,1''- S; 47°52'48,1''- W) e em fragmentos de matas ripária e semi-decídua no Jardim Acapulco (21°59'39,4''- S; 47°54'42,8''- W). Em Brotas, SP, de outubro de 2003 até março de 2004 entre as propriedades das fazendas Tavolaro e Caimã (22° 16' 05,3''- S; 48° 14' 21,2'' - W) foram feitas visitas para obtenção de dados complementares sobre herbivoria, ântese e polinizadores relacionados à *C. fimbriatum*.

Os dados climáticos foram obtidos pela estação meteorológica da EMBRAPA Pecuária Sudeste, localizada na latitude 21° 57'42'' - S e longitude 47° 50'28'' - W, altitude 860 m.

Coletamos exemplares de *C. fimbriatum* adultos (que tivessem florescido ao menos uma vez), principalmente na área próxima à PROMINAS (alto impacto antrópico), com o auxílio de uma escada corrediça de alumínio com seis metros de comprimento, preferencialmente aqueles encontrados em árvores ou partes destas, que apresentavam apodrecimento. Cultivamos 50 indivíduos no bairro Jardim Acapulco, em casa de vegetação coberta por tela sombrite 60%, plantados em vasos plásticos com capacidade para 500 ml, com dois furos nas laterais, xaxim desfibrado e pedaços apodrecidos de árvores. Realizamos a adubação com seis gramas de Osmocote (NPK 15-10-10) entre o xaxim e o dreno de cacos de telha colocado na terça parte inferior de cada vaso (adaptação do método utilizado por Egel Perazolli 2003, comunicação pessoal). Colocamos as plantas sobre bancadas rústicas, feitas com tijolos, madeira e telado metálico.

Estabelecemos para o nosso estudo doze fenofases e medidas para algumas delas: 1 - fase de gemas em dormência (de 0,3 x 0,3 x 0,2 cm até 1,0 x 1,0 x 0,2 cm); 2 - fase de início de brotação (de 0,3 até 0,5 cm); 3 - fase de “cone” (de 0,6 até 5,8 cm); 4- início da abertura do “cone” (de 1,2 até 6,2 cm); 5 - fase de distensão do limbo (1,8 até 80,0 cm); 6 - fase de formação do pseudobulbo (de 0,8 até 8,0 cm); 7 - fase de início do racimo floral; 8 - fase de formação dos botões florais; 9 - ântese; 10 - frutificação; 11 - deciduidade; 12 - deiscência. Cada uma das fases foi estudada mensalmente no período de abril de 2003 a outubro de 2004.

Em Ribeirão Bonito etiquetamos 50 exemplares de *C. fimbriatum* encontrados em *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). As plantas cultivadas foram acompanhadas com maior regularidade (quinzenalmente, semanalmente e até diariamente para algumas variáveis como ântese e fecundação).

Realizamos um estudo populacional da abelha Euglossini *Eufriesea violascens*, que é a polinizadora de *C. fimbriatum*, entre setembro de 2003 até setembro de 2004 na área próxima à PROMINAS, para determinar a influência que a atividade desse inseto teria sobre a catasetínea em questão. Para tanto, utilizamos quinzenalmente nove garrafas armadilha, três com cineol, três com eugenol e três com vanilina, penduradas em ramos, a uma altura de aproximadamente um metro e setenta e distanciadas por cerca de 40 metros.

Durante o período de floração, para atração da abelha polinizadora, utilizamos a cada duas semanas, aproximadamente, plantas cultivadas dessa orquídea com dez flores femininas no total (de uma até duas plantas para obtenção desse número de flores), sendo que a idade da abertura de tais flores foi padronizada. O local de coleta destas abelhas foi na mata ripária do Jardim Acapulco em São Carlos. Tais abelhas foram capturadas com rede entomológica, das 8:00 às 17:00 h., durante três dias seguidos (principalmente os ensolarados) e contadas. Para evitar a recontagem, as abelhas capturadas foram mantidas vivas dentro de viveiros pequenos revestidos por tela sombrite, com alguns ramos de vegetação e solução à base de mel em pote raso para evitar afogamentos. No fim do dia elas eram soltas. Fecundamos manualmente algumas flores femininas mais tardias (final de março, abril e maio) para acompanhar o tempo de desenvolvimento dos frutos.

Alguns herbívoros que provocavam danos nos pseudobulbos e folhas foram capturados bem como, com o auxílio de um podão, foram coletados ramos das árvores hospedeiras de *C. fimbriatum* encontradas nas áreas percorridas durante o estudo, para posterior identificação.

Fizemos a análise estatística para verificar a existência de igualdades nos tratamentos, ou seja, verificar se as plantas observadas no campo apresentavam o mesmo crescimento/desenvolvimento das plantas cultivadas. Para isto dividimos nosso estudo em

duas partes. Na primeira parte, fizemos uma análise para verificar a existência de correlação linear entre os fatores. Para tanto utilizamos o coeficiente de correlação de Pearson (Zar 1999). Este coeficiente varia entre -1 e 1 (quanto mais próximo de um, maior a correlação). Na segunda parte, testamos a igualdade dos tratamentos. Quando existiu uma estrutura de correlação entre as variáveis optamos pelo teste de variância multivariado MANOVA (Johnson & Wichern 1998); quando esta correlação não existiu, utilizamos o teste de variância univariado ANOVA (Montgomery 1976). Nos dois testes obtivemos o p-valor, que é a probabilidade associada à ocorrência da hipótese nula, H_0 , (igualdade entre os tratamentos) e comparamos este com um valor pré-estabelecido de $0,05$. Fizemos esta comparação da seguinte forma: quando o p-valor foi maior ou igual que $0,05$ tivemos a indicação, com 95% de confiança, de que os tratamentos eram iguais e quando o p-valor foi menor que $0,05$ rejeitamos a hipótese de igualdade entre os tratamentos.

Resultados e discussão

Fatores bióticos e abióticos

Observamos em *C. fimbriatum* 12 fenofases ao longo do período de estudo (julho de 2003 a outubro de 2004). Para as fenofases início de brotação, deciduidade e deiscência pudemos comparar os dados dos anos de 2003 e 2004. A seguir apresentamos as características e épocas de cada fenofase (encontradas nos 97 indivíduos estudados da região de São Carlos):

- 1- gemas em dormência: de fevereiro até junho, quando o pseudobulbo está plenamente formado e a planta investe em floração, frutificação e armazenamento de substâncias para a fase de seca em que perde as folhas e reduz muito o metabolismo (figura 1-A).

- 2- início da brotação: de julho a agosto, quando está no final a estação seca (abril a setembro) e as reservas dos pseudobulbos (já um pouco desidratados) são deslocadas para a região meristemática das gemas localizadas nos nós basais (figura 1-B). Em 2003 a maior parte dos indivíduos começou a brotar na segunda quinzena de julho, enquanto, em 2004 a maior parte começou a brotar já na primeira quinzena de julho. Esta diferença pode estar relacionada ao fato de que em 2003 a pluviosidade da época mais seca (abril a setembro) foi um pouco maior do que em 2004 (figura 2-A), e que a temperatura é menor nesta fase mais seca (figura 2-B), o que atrasou (cerca de quinze dias) o início da brotação. Estes efeitos pluviométricos foram sentidos principalmente quando comparamos as plantas no campo. As plantas em cultivo, devido ao fato de ainda possuírem maior disponibilização de água e nutrientes, puderam começar a brotar um pouco antes.
- 3- fase de “cone”: de julho a agosto, quando as intensas divisões celulares do tecido meristemático provocam o aparecimento de estruturas semelhantes a um cone, formadas pelas gemas foliares (figura 1-C).
- 4- início da abertura do “cone”: de agosto a setembro, na ocasião em que já se mostram as folhas ainda muito jovens (figura 1-D).
- 5- distensão do limbo: de setembro a março, o limbo se distende e as folhas se tornam membranáceas. Formam-se de cinco até nove folhas lanceoladas com bainhas invaginantes de tamanhos variados, sendo as inferiores menores, as intermediárias maiores e as apicais medianas (figura 1-E,F).
- 6- fase de formação do pseudobulbo: de outubro a março, quando por entre as imbricações das bainhas invaginantes o tecido do pseudobulbo começa a se desenvolver e diferenciar, chegando assim ao seu tamanho máximo. Geralmente

forma-se um só pseudobulbo por ano, a partir dele formam-se um ou mais racemos florais. O formato do pseudobulbo varia de arredondado até fusiforme (figura 1).

- 7- início do racimo floral: de outubro a janeiro no campo e de outubro a março em cultivo. Essa diferença deve estar relacionada à adubação realizada nas plantas cultivadas, o que torna possível o aparecimento de um maior número de racimos florais e até de flores (especialmente flores masculinas). Enquanto as plantas no campo produziram até dois racimos florais, as em cultivo formaram até quatro. Nessa fase o racimo proveniente dos nós basais do pseudobulbo ainda não apresenta sinais de botões florais e ainda é difícil dizer se surgirão flores masculinas ou femininas, e principalmente as hermafroditas. Porém, os racimos femininos, desde antes de formarem os botões, tendem a ser mais espessos e eretos do que os masculinos (figura 1-G).
- 8- formação dos botões florais: de novembro a fevereiro no campo, e de novembro a abril em cultivo (figura 1-H). O racimo, desde seu início até a ântese leva cerca de 60 dias para se desenvolver. Por volta da metade desse tempo é que se forma uma dilatação apical que produzirá os botões florais. Os botões masculinos possuem ápice agudo, enquanto que os femininos são obtusos. Protegendo cada um deles há uma pequena bráctea lanceolada. Observamos que a exposição à luminosidade parece ser o fator fundamental para a expressão do sexo da flor, pois plantas mais ensolaradas tendem a produzir flores femininas, enquanto que as menos ensolaradas flores masculinas. Estas observações estão de acordo com Gregg 1982 e Zimmerman 1991. Torna-se difícil o aparecimento, numa mesma inflorescência de flores femininas, masculinas e hermafroditas.

- 9- antese: de dezembro até março no campo e de dezembro até junho em cultivo. A tabela 1 apresenta os números relativos a estas floradas. Um único exemplar foi encontrado florido em novembro em Brotas, demonstrando que nesse mês a floração é rara na região de estudo. A região de São Carlos devido sua maior altitude apresentou temperaturas mais altas somente a partir do mês de setembro em 2003 e 2004 (figura 2-C). Talvez isso contribua para a rara floração de *C. fimbriatum* no mês de novembro (apenas um indivíduo nas três áreas de coleta). Sabe-se que na região de Ribeirão Preto, SP, esta catasetínea floresce a partir de novembro, mas o número de indivíduos encontrados floridos foi maior, cinco em uma única planta hospedeira (Rebêlo 1993); e em Piracicaba, SP, seis indivíduos também floresceram neste mês (Moraes 2002). Estas duas regiões são menos frias e, portanto, devem ser as suas maiores temperaturas que antecipam a floração desta orquídea em relação à região de São Carlos. As flores masculinas duraram em média 11 dias (sete dias emitindo perfume) e as femininas em média 30 dias (23 dias exalando perfume).
- 10- frutificação: de dezembro a março, levando os frutos em média 225 dias para a deiscência. É notável a presença do labelo da flor feminina desidratado ainda nessa fase.
- 11- deciduidade: de abril a julho (2003) e de abril a agosto (2004), provavelmente devido a uma menor precipitação em 2003 do que em 2004, pois em 2004, as folhas demoraram cerca de um mês a mais para cair completamente, principalmente nas plantas do campo, já que as em cultivo possuíam maior oferta de nutrientes e água (figura 2). A tabela 1 mostra o número de frutos formados.

12- deiscência: de setembro a outubro (figura 3), sendo que em 2003 a maior parte dos frutos abriu da segunda quinzena de setembro para a primeira quinzena de outubro, enquanto que em 2004 a maior parte dos frutos abriu da primeira quinzena de setembro para a primeira quinzena de outubro, ou seja, em 2004 a deiscência antecipou em cerca de quinze dias, provavelmente devido a pluviosidade ter sido um pouco maior, o que tornou o desenvolvimento dos frutos mais rápido, pois houve maior disponibilização de nutrientes. Em 2003, ao contrário, a menor pluviosidade atrasou um pouco a deiscência, pois o menor fluxo de água nos tecidos dificulta o metabolismo (figura 2). Houve um desenvolvimento mais acelerado dos frutos desenvolvidos a partir de flores femininas polinizadas manualmente nos meses de abril e maio (quando já não existiam mais os polinizadores no campo). A maior parte dos frutos abriu em média, sete meses e meio depois. Porém, os frutos formados a partir de abril o fizeram na primeira quinzena de outubro (seis meses depois), enquanto que os formados em maio na segunda quinzena de outubro (cinco meses após). A abertura dos frutos se dá de baixo para cima, através de seis fendas longitudinais (figura 3-D), e as sementes levíssimas que possuem cerca de 0,7 mm são dispersas por anemocoria. A fase de abertura dos frutos coincidiu com o início do período das chuvas (figura 2-A), o que contribui tanto para a dispersão, já que ainda chove pouco, como para a germinação das sementes.

Percebemos que as fenofases início da brotação, deciduidade e deiscência que puderam ser comparadas entre os anos de 2003 e 2004, embora permanecessem na mesma época nestes dois anos, apresentaram uma variação de aproximadamente quinze dias, ou seja, as variáveis abióticas pluviosidade e temperatura determinam que tais fenofases ocorram numa determinada época, porém há espaço para uma pequena variação na mesma.

Nos indivíduos estudados os tamanhos dos pseudobulbos variaram, de 3,5 até 25,0 cm de comprimento e de 2,5 até 8,0 cm de largura. As folhas apresentaram três tamanhos distintos: menores, na base; maiores, na posição intermediária; e médias na porção superior; com respectivamente: 2,5 até 5,5 cm de comprimento e 1,0 até 2,0 cm de largura; 20,0 até 60,0 cm de comprimento e de 7,0 até 15,0 cm de largura; 16,0 até 52,0 cm de comprimento e de 5,0 até 11,0 cm de largura.

Portanto, com base nos dados climáticos apresentados na figura 2 (A e B), podemos concluir que os principais fatores abióticos que influenciaram o crescimento e desenvolvimento de *C. fimbriatum* foram pluviosidade e temperatura. O período de seca (abril a setembro) também é a época mais fria. É então que, a capacidade desta espécie de orquídea armazenar nutrientes no pseudobulbo, e a perda de folhas, diminuindo o metabolismo na época menos favorável faz a diferença. Devido a esta reserva, a planta pode formar fruto e até começar a brotar de um a dois meses antes do início das chuvas da primavera como podemos observar na figura 3-C, onde vemos alguns brotos até já formando limbo no mês de setembro (o início da brotação ocorre em julho, na época seca).

O comprimento do dia é outro fator abiótico que contribui para a fenologia de *C. fimbriatum*, pois no outono-inverno os dias são mais curtos, indicando que é época desfavorável para crescimento e desenvolvimento. Na primavera-verão os dias são mais longos, e juntamente com a pluviosidade e altas temperaturas, favorecem a atividade fotossintética e, portanto, o crescimento e o desenvolvimento de *C. fimbriatum*. Os efeitos do comprimento do dia sobre as fenofases foram verificados por Almeida & Alves (2000) para *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae), sendo que tais autoras concluíram basicamente o mesmo descrito anteriormente para *C. fimbriatum*.

A disponibilização de nutrientes inorgânicos é na verdade uma combinação entre fatores bióticos e abióticos. Os sais minerais em plantas epífitas como as orquídeas são obtidos em pequenas concentrações graças à atividade dos decompositores, a ação das correntes de ar e da gravidade, ou então, à lavagem que a copa das plantas hospedeiras e vizinhas sofrem durante as chuvas, arrastando vários sais minerais e até algumas moléculas orgânicas, fenômeno denominado “leaching” (Arens & Moraes 1969; Tukey Jr 1970).

As fases chuvosas, portanto, são fundamentais tanto para catalisar a ação dos decompositores (com o auxílio das elevadas temperaturas) como para servir de veículo aos nutrientes que devem ser absorvidos, assimilados e incorporados por *C. fimbriatum*.

Outros fatores bióticos importantes para *C. fimbriatum* são os seus hospedeiros. Confirmamos as observações de Silva & Silva (1998), que dizem ser as espécies de *Catasetum* apreciadoras de locais acumuladores de detritos orgânicos. Na região de São Carlos notamos que *C. fimbriatum* tinha preferência por hospedeiros com súber espesso (as raízes chegavam a percorrer cerca de dois metros paralelamente ao súber), possuindo partes do caule em decomposição (as raízes desenvolviam-se até quase três metros no interior do caule em decomposição) ou em forquilhas (com o acúmulo de detritos). Percebemos também que as raízes ageotrópicas só surgiam quando o substrato existia em pequena quantidade. A falta de água também parece favorecer o surgimento de tais raízes. A função destas aparentemente é formar uma área maior para acúmulo de detritos e água. Dressler (1993) sugeriu essa mesma idéia chamando esse conjunto de raízes de “cesta de lixo”, e complementou citando que apenas as orquídeas epífitas possuem raízes ageotrópicas.

Quando a orquídea está por entre as bainhas das palmeiras que fornecem bastante matéria orgânica, o surgimento dessas raízes é bem menor. Porém, quando as palmeiras crescem um pouco mais e as bainhas em decomposição existem em menor quantidade,

sobrando apenas o estipe, é que se intensifica a formação desses tufos de raízes (figura 3-C). As reentrâncias de superfícies rugosas também favorecem a adesão das diminutas sementes desta orquídea, especialmente quando há alguma umidade para auxiliar na aderência e até na germinação, juntamente com as micorrizas.

Na região de São Carlos encontramos os seguintes hospedeiros de *C. fimbriatum*: 1 - *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae)- cedro; 2 - *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart. (Arecaceae)- macaúba (inicialmente as bainhas em decomposição, e no caule liso, em alguns pontos de acúmulo de detritos, como é o caso de vestígios de bainhas); 3 - *Gochnatia polymorpha* (Less) Cabrera (Asteraceae) – candeia; 4 - *Anadenanthera falcata* (Benth) Speg. (Fabaceae; Mimosoideae) – angico; 5 - *Machaerium acutifolium* Vogel (Fabaceae; Papilionoideae) – jacarandá-do-campo; 6 - *Pterodon emarginatus* Vogel (Sin. *Pterodon pubescens* (Benth.) Benth.) (Fabaceae; Papilionoideae) – sucupira (pouco súber, porém apresenta muitas forquilhas, ramos e partes do caule em decomposição). Os hospedeiros menos comuns devido ao fato de não possuírem súber tão espesso, mas basicamente forquilhas e galhos ou caules em decomposição foram: 7 - *Tabebuia avellanae* Lorentz ex Griseb. (Bignoniaceae) – ipê rosa; 8 - *Tabebuia ochraceae* (Cham.) Standl. (Bignoniaceae) – ipê do cerrado; 9 - *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) – pau-de-tucano; 10 - *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. – faveira; 11 - *Campomanesia guazumifolia* (Cambess) O. Berg (Myrtaceae) – araçá-do-mato; 12 - *Machaerium aculeatum* Raddi (Fabaceae; Papilionoideae) – jacarandá-de-espinho; 13 - *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae; Mimosoideae) – orelha-de-negro; 14 - *Trema micrantha* L. (Ulmaceae) – pau pólvora.

Verificamos que *C. fimbriatum* na região de estudo era representado pela variedade *fissum* (com fissuras por entre as fimbrias das bordas do labelo das flores masculinas).

Estes resultados estão de acordo com Hoehne (1942). Porém para tal variedade registramos a presença de subvariedades (figura 4 A-H). Na figura 4 A vemos uma flor com o labelo esbranquiçado; em 5 C observamos um caso raro de pigmentação na superfície externa do labelo (ocorre em cerca de 5% dos indivíduos desta região); em 5D vislumbramos a subvariedade áurea, com o labelo possuindo área fortemente amarelada. Há casos de amarelos ainda mais intensos; em 5 F notamos a pequena calosidade no labelo; em 5 G a calosidade apresenta uma mancha levemente amarronzada; e em 5 H vemos um caso muito raro em *C. fimbriatum*, uma flor masculina totalmente sem pintas e/ou máculas nas peças florais. Possui uma faixa branca na região da calosidade, podendo ser denominada como subvariedade verde. Para ser denominada albina deveria possuir o labelo totalmente branco.

Não conseguimos perceber igualdade nem entre indivíduos distintos de tais subvariedades, ou seja, ainda há variações até nessa categoria taxonômica, indicando elevada plasticidade fenotípica. A flor masculina mais comum é a com fundo esverdeado e pequenas pintas e/ou máculas na superfície superior das peças florais e com labelo possuindo a porção côncava com amarelo bem suave e calosidade triangular (figura 4 A, porém com labelo esbranquiçado). Já a flor feminina é bem menos variada do que a masculina. Na maior parte dos indivíduos (cerca de 70%) elas são totalmente esverdeadas e sem pintas e/ou máculas (figura 5 A). Mas em aproximadamente 30% dos exemplares há algum tipo de pigmentação, principalmente nas sépalas e pétalas (figura 5 C). Às vezes observamos discretas fimbrias nas bordas de labelos de alguns indivíduos com flores femininas, o que é pouco comum.

Tanto as flores masculinas como as femininas, na fase inicial de abertura, possuíam as sépalas e pétalas voltadas para frente. Porém, após a plena abertura, as flores masculinas apresentam as sépalas laterais voltadas para trás e a sépala dorsal imbrica-se com as pétalas

(figura 4 B-C); já as femininas emitem para trás tanto as pétalas como as sépalas (figura 5 A, no racemo em segundo plano).

A poliploidia também pode contribuir para o sucesso adaptativo de *C. fimbriatum*. Segundo Tanaka & Kamemoto (1980), geralmente há 54 cromossomos nas espécies de *Catasetum*. Porém há espécies poliplóides cujos números cromossômicos podem ser 56, 108 e até 162.

Analisando estes dados verificamos a tendência de que as espécies que possuem poliploidia apresentam distribuição geográfica ampla e em alguns casos conseguem sobreviver em altitudes elevadas, ou seja, em locais de temperaturas mais baixas. Por exemplo, *C. atratum* ($2n = 56-108$), *C. fimbriatum* ($2n = 108$), *C. cernuum* ($2n = 54-56$), vegetam em altitudes maiores do que 800 metros (observações pessoais), *C. macrocarpum* ($2n = 54-56$), registrado em montanhas acima de 1000 metros de altitude por Miller *et al.* (1996), e *C. planiceps* ($2n = 162$), observado por Schimdt (2001) a 1730 metros de altitude, também possuem distribuição geográfica ampla (Pabst & Dungs 1975). Esta altitude de 800 metros, segundo Miranda (1987) e Silva & Silva (1998), é a máxima em que a maioria das espécies de *Catasetum* vegetam, pois preferem temperaturas mais altas.

A herbivoria foi outro fator que influenciou o desenvolvimento de *C. fimbriatum*. Larvas da borboleta *Cremna thasus* (Stoll 1780) (Riodinidae) provocaram danos nas folhas de três indivíduos dentre os 97 monitorados. Dano maior é o provocado por larvas de Lepidoptera brocadora, pertencente à mariposa de hábitos diurnos *Riechia acraeoides* (Guérin, [1832]) (Castniidae). Dos 50 indivíduos monitorados em Ribeirão Bonito, considerando observações feitas nos três pseudobulbos mais recentes (segundo Zimmerman 1990, para *C. viridiflavum* apenas estes três afetam o desenvolvimento) foram observadas

atividades destas brocas em 26 plantas, sendo que em três delas ela impossibilitou a floração.

A atividade da abelha polinizadora *Eufriesea violascens* Mocsary, é outro fator fenológico importante. Observamos que a época de maior atividade destas abelhas é justamente quando a maior parte dos indivíduos de *C. fimbriatum* estavam floridos (figura 6). Estes resultados estão de acordo com a hipótese da “trilha do polinizador” (Rathcke & Lacey 1985). A sazonalidade também afeta a atividade dessa abelha (Dressler 1982; Roubik & Ackerman 1987).

As fragrâncias cineol, eugenol e vanilina nesta região de estudo têm se mostrado pouco atrativas para *E. violascens*, ficando difícil estudar a população da mesma através deste método. O mesmo foi observado por Rebêlo & Garófalo (1997). Então, as flores de *C. fimbriatum* (especialmente as femininas que são mais duráveis) têm se mostrado bem mais eficientes na atração para o estudo destas abelhas. Permitiram concluir que a partir do dia 23 de março de 2004, mesmo ainda existindo algumas flores desta orquídea, não mais existiu *E. violascens* no campo. Concluímos então que a ocorrência da abelha se dá ao mesmo tempo em que floresce a referida orquídea, de novembro a março, o que está de acordo com Rebêlo (1993). Reforça essa idéia, o fato de que um único exemplar desta abelha foi capturado em garrafa-armadilha com vanilina no final de fevereiro, época em que ainda havia floradas de *C. fimbriatum* no campo. No restante do ano nenhuma outra abelha desta espécie foi coletada nas garrafas-armadilha.

Portanto, a sazonalidade afeta diretamente as fenofases desta orquídea e também a atividade de seu único polinizador na região de São Carlos, podendo ser encarada então como o fator primordial para a fenologia de *C. fimbriatum*, seguida da atividade de seu polinizador.

As análises estatísticas forneceram os seguintes resultados:

Parte 1 - Os valores obtidos para os coeficientes de correlação linear de Pearson para as variáveis: número de pseudobulbos, diâmetro do pseudobulbo, tamanho máximo da planta, número de flores masculinas, femininas e de frutos encontram-se na tabela 1.

Com base nos dados da tabela 2 discutimos os coeficientes com valores iguais ou maiores a 0,48.

O diâmetro do pseudobulbo mostrou correlação linear em relação ao número de flores masculinas (0,48), uma vez que pseudobulbos grandes contém muita reserva e, portanto, são capazes de nutrir um grande número de flores.

O aumento do diâmetro do pseudobulbo, naturalmente acarreta um aumento no tamanho máximo da planta (coeficiente 0,60).

O tamanho máximo da planta apresentou correlação (coeficiente 0,57) com o número de flores masculinas. O vigor da planta se reflete na produção de flores.

O número de flores masculinas apresenta um alto valor para o coeficiente de correlação linear (0,63) com o número de frutos formados. Isto reflete um aumento na eficiência do processo de polinização.

O número de flores femininas está fortemente correlacionado com o número de frutos formados (coeficiente 0,56), pois a oferta de um número grande de flores aumenta as chances de polinização.

Parte 2 - A seguir, apresentamos os estudos realizados para testar a igualdade dos tratamentos observando as variáveis consideradas. Quando existiu uma estrutura de

correlação entre as variáveis realizamos o teste de variância multivariado MANOVA. Quando esta correlação não existiu, utilizamos o teste de variância univariado ANOVA.

Parte 2.1: Análise entre “número de pseudobulbos, diâmetro de pseudobulbos, comprimento da planta, número de flores masculinas, femininas e de frutos” em relação às duas populações, uma cultivada e outra observada no campo. Para este item foram utilizados testes MANOVA.

Para as variáveis número de pseudobulbos e comprimento máximo da planta o “p-valor” obtido neste caso ($1,1 \times 10^{-8}$) é menor que 0.05 e, portanto, rejeitamos H_0 com 95% de confiança. Ou seja, existe diferença significativa entre os tratamentos as plantas cultivadas e observadas no campo. Analisamos então qual das duas variáveis contribuiu para esta diferença. Segundo os intervalos de confiança simultâneos para o caso multivariado temos para a variável número de pseudobulbos [-6.44 : 2.45] e para a variável comprimento máximo da planta [1.48 : 10.38]. Desta forma, com 95% de confiança podemos afirmar que não existe diferença entre o número de pseudobulbos em plantas cultivadas ou observadas no campo, já para o comprimento máximo da planta existe diferença, sendo que, como o intervalo é positivo, as plantas cultivadas apresentam um maior comprimento máximo em relação às plantas observadas no campo, sendo portanto, responsáveis pela diferença significativa.

Nas variáveis número de pseudobulbos de plantas com inflorescências masculinas e número de flores masculinas, o “p-valor” = $6,36 \times 10^{-5***}$, que é menor que 0.05, rejeita H_0 com 95% de confiança e desta forma, existe diferença entre os tratamentos. Segundo os intervalos de confiança simultâneos para o caso multivariado temos para a variável número de pseudobulbos [-7.89 : 3.89] e para a variável número de flores masculinas [1.36 : 13.15].

Assim, podemos dizer com 95% de confiança, que não existe diferença entre número de pseudobulbos entre plantas cultivadas e plantas observadas no campo, mas existe quanto ao número de flores masculinas entre plantas cultivadas e plantas observadas no campo, sendo que as plantas cultivadas apresentam maior número de flores masculinas em relação às plantas observadas no campo.

Para as variáveis número de pseudobulbos de plantas com inflorescências femininas e número de flores femininas o “p-valor” = 0.0009787 ***, rejeita H_0 com 95% de confiança, ou seja, existe diferença significativa entre as plantas cultivadas e observadas no campo. Temos, com 95% de confiança, o intervalo de confiança simultâneo para número de pseudobulbos [-3.00 : -0.98] e para o número de flores femininas [-0.41 : 1.60]. Neste caso, ocorre que o número de pseudobulbos difere entre os tratamentos sendo que, o número de pseudobulbos é maior nas plantas observadas no campo. Notamos que não existe diferença do número de flores femininas entre plantas cultivadas e plantas observadas no campo.

Nas variáveis número de pseudobulbos e número de frutos das plantas femininas, o “p-valor” = 0.0008815 ***, rejeita H_0 com 95% de confiança, ou seja, existe diferença significativa entre as plantas cultivadas e observadas no campo. Os intervalos de confiança simultâneos para número de pseudobulbos é dado por [1.75 : 2.23], e para o número de frutos das plantas femininas é dado por [0.04 : 0.52]. Temos, com 95% de confiança, que as duas variáveis diferem entre os níveis do fator sendo que o número de pseudobulbos é maior nas plantas observadas no campo do que nas plantas cultivadas e o número de frutos das plantas femininas é maior nas plantas cultivadas.

Para as variáveis diâmetro maior do pseudobulbo e comprimento máximo da planta, o “p-valor” = 0.007077 ** rejeita H_0 com 95% de confiança, ou seja, existe diferença significativa entre as plantas cultivadas e observadas no campo. Observando os intervalos

de confiança simultâneos temos como resultados para a variável diâmetro maior do pseudobulbo [-4.28 : 4.60] e para a variável comprimento máximo da planta [1.48 : 10.38]. Desta forma, com 95% de confiança podemos afirmar que não existe diferença entre a variável diâmetro final do pseudobulbo em relação aos tratamentos e, que existe diferença entre a variável comprimento máximo da planta em relação aos tratamentos. Nas plantas cultivadas o comprimento máximo da planta é maior do que nas plantas observadas no campo.

Já para as variáveis diâmetro final do pseudobulbo e número de flores masculinas (p -valor = 0.2727); diâmetro final do pseudobulbo e número de flores femininas (0.5409); diâmetro maior do pseudobulbo e número de frutos das plantas femininas (0.1985); número de flores femininas e número de frutos das plantas femininas (0.1856) temos que, com 95% de confiança, não existe diferença entre os tratamentos plantas cultivadas e plantas observadas no campo.

Para as análises número de pseudobulbos e comprimento máximo da planta e número de pseudobulbos de plantas com inflorescências masculinas e número de flores masculinas, os resultados podem estar relacionados ao fato das plantas cultivadas terem sido adubadas, apresentando melhores condições para o crescimento. Como o número de pseudobulbos foi semelhante nos dois locais de estudo, então foi a qualidade dos nutrientes armazenado nos mesmos que fez a diferença, tornando possível um maior crescimento nas plantas cultivadas. Nestas, a maior disponibilidade de água devido ao substrato, xaxim, e o pequeno reservatório no fundo do vaso também contribuíram para isso, pois a água, além de participar do processo fotossintético, ainda é o veículo de transporte das seivas bruta e elaborada.

Nas variáveis número de pseudobulbos de plantas com inflorescências femininas e número de flores femininas, o fato do número de pseudobulbos ser maior nas plantas do campo e mesmo assim o número de flores continuar semelhante está também relacionado ao fato das plantas em cultivo possuírem maior disponibilização de nutrientes e água e, portanto, são mais eficientes na produção destas flores, apesar do menor número de pseudobulbos. Uma quantidade de flores semelhante resulta na mesma chance de produção de frutos, e então, as plantas no campo, devem possuir mais pseudobulbos, pois, têm menos nutrientes disponíveis.

Para a relação entre o número de pseudobulbos e número de frutos formados nas plantas femininas, no campo e em cultivo, o número de pseudobulbos no campo é maior e em cultivo é menor, enquanto que o de frutos é menor no campo e maior nas cultivadas, devido ao fornecimento adicional de nutrientes para as plantas cultivadas e também pela menor exposição destas aos diversos tipos de estresses encontrados no ambiente natural.

Com relação ao diâmetro final do pseudobulbo e o tamanho final da planta, o primeiro não mostrou diferenças entre os dois ambientes, enquanto o segundo foi maior nas plantas cultivadas, provavelmente devido à maior oferta de nutrientes.

Parte 2.2. Análise dos dados de crescimento (Teste ANOVA)

Nesta análise, resumimos as informações relativas aos crescimentos das plantas inicialmente para os bimestres setembro-outubro e novembro–dezembro de 2003 e janeiro–fevereiro e março–abril de 2004.

Todas as medidas sumarizadas foram feitas separando as plantas cultivadas e as plantas observadas no campo. Consideramos como sendo o fator o local em que a planta foi

estudada e, portanto, os níveis do fator ou tratamentos são: plantas cultivadas e plantas observadas no campo.

Para a comparação do crescimento das plantas no bimestre setembro-outubro de 2003, temos que o “p-valor” = $0.009079^{**} < 0.05$, desta forma, com 95% de confiança rejeitamos a hipótese de que os tratamentos são iguais. Desta forma temos que nas plantas cultivadas e observadas no campo, o intervalo de confiança da diferença das médias dos efeitos dos tratamentos é dado por $[0.29 : 2.07]$ e, como é positivo, temos que no bimestre setembro-outubro de 2003, o crescimento médio das plantas cultivadas foi maior que o crescimento médio das plantas observadas, indicando que a melhor disponibilidade de nutrientes é a responsável por este fato.

Na comparação do crescimento das plantas no bimestre novembro-dezembro de 2003, temos que o “p-valor” = $0.00516^{**} < 0.05$, desta forma, com 95% de confiança rejeitamos a hipótese de que os tratamentos são iguais. O intervalo de confiança da diferença das médias dos efeitos dos tratamentos é dado por $[-1.97 : -0.35]$. Desta forma temos que no bimestre novembro-dezembro de 2003, o crescimento médio das plantas cultivadas foi menor que o crescimento médio das plantas observadas. Este resultado é oposto ao anterior provavelmente devido ao fato de que o crescimento das plantas cultivadas já esteja se estabilizando, uma vez que as mesmas crescem mais rápido. Já as no campo ainda estão se desenvolvendo, porém mais lentamente devido à menor disponibilização de nutrientes.

Para a comparação do crescimento das plantas no bimestre janeiro-fevereiro de 2004, temos que o “p-valor” = $0.0158 * < 0.05$, desta forma, com 95% de confiança rejeitamos a hipótese de que os tratamentos são iguais. O intervalo de confiança para a diferença das médias dos efeitos dos tratamentos é dado por $[0.09 : 0.90]$. Temos, portanto

que no bimestre janeiro-fevereiro, o crescimento médio das plantas cultivadas foi maior que o crescimento médio das plantas observadas. Isto pode estar relacionado ao fato de que as plantas no campo também estejam na fase de estabilização do crescimento. Porém, como o crescimento das plantas cultivadas é maior do que as do campo, mesmo nesta fase de estabilização de crescimento aquelas sobrepujam estas.

Na comparação do crescimento das plantas no bimestre março-abril de 2004, o “p-valor” = $0.4906 > 0.05$, uma indicação de que não há diferença entre os tratamentos, ou seja, com 95% de confiança podemos afirmar que no bimestre março-abril de 2004 o crescimento médio das plantas cultivadas e das plantas observadas foi o mesmo, indicando que a as fases de estabilização do crescimento de ambas igualou-se, uma vez que nessa época ocorreu a mudança verão-outono.

Parte 2.3: Início e final do crescimento e desenvolvimento, deciduidade, período de floração e duração do perfume das flores, comparados nos dois ambientes estudados (ANOVA).

Para a comparação da perda de folhas entre plantas cultivadas e plantas observadas, com 95% de confiança, temos que o “p - valor” = $0.001306^{**} < 0.05$, e portanto, a indicação que existe diferença entre os tratamentos. Observando o intervalo de confiança para a diferença das médias dos efeitos dos tratamentos temos o seguinte intervalo [-17.17: -4.24]. Desta forma, com 95% de confiança podemos afirmar que as plantas do campo apresentam uma perda de folhas maior que as plantas cultivadas. Isto se deve provavelmente ao fato das plantas cultivadas possuírem maior oferta de água, o que contribuiu para a redução da caducifolia.

Na comparação do início do racemo floral até a abertura das flores entre plantas cultivadas e plantas observadas, com 95% de confiança, temos que o “p - valor” = $2.2 \times 10^{-}$

¹⁶ *** < 0.05, e desta forma temos a indicação que existe diferença entre os tratamentos. Observando o intervalo de confiança para a diferença das médias dos efeitos dos tratamentos temos o seguinte intervalo [1.74 : 2.61]. Desta forma, com 95% de confiança podemos afirmar que as plantas cultivadas apresentam um início de racemo floral precoce em relação às plantas observadas (cerca de um mês), provavelmente devido à maior oferta de nutrientes para as plantas em cultivo.

Para os fatores: início do broto, início da folha até o final da folha, tamanho total da planta, início até o final do pseudobulbo, duração do perfume das flores masculinas e femininas, número de flores femininas e número de flores masculinas verificamos que não existem diferenças entre plantas cultivadas e plantas observadas.

Agradecimentos: os autores gostariam de agradecer ao orquidófilo Egel Perazolli, de Rio Claro, SP, pelas sugestões sobre o cultivo das orquídeas, ao Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar pela identificação das Lepidoptera, aos técnicos Carlos Casali e Ademir de Paula da UFSCar pelo apoio no trabalho de campo, às famílias Schimidt e Tavolaro de Brotas, SP e aos proprietários do sítio Serra da Grama de Ribeirão Bonito, SP, por permitirem o acesso às suas propriedades e a Divanir R. Ferreira e Érica Shirozu, do Orquidário Continental de Ibiúna, SP, pelo fornecimento do material para cultivo. Ao CNPq pela bolsa concedida.

Referências bibliográficas

- Ackerman, J.D. 1983. Specificity and mutual dependency of the orchid-euglossine bee interaction. *Biological Journal of the Linnean Society* 20:301-314.
- Almeida, E.M. & Alves, M.A. 2000. Fenologia de *Psycotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 4:335-346.
- Arens, K. & Moraes, J.A.P.V. 1969. Eliminação de potássio pelas folhas em dependência da luz e da obscuridade. Nota preliminar. *Ciência e Cultura* 21:728-730.
- Dressler, R.L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:373-394.
- Dressler, R.L. 1993. *Phylogeny and Classification of the Orchid Family*. Dioscorides Press, Portland, USA.
- Garófalo, C.A., Camillo, E, Serrano, J.C. & Rebêlo, J.M.M. 1993. Utilization of trap nests by Euglossini species (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Biologia* 53:177-187.
- Gregg, K.B. 1982. Sunlight-enhanced ethylene evolution by developing inflorescences of *Catasetum* and *Cycnoches* and its relation to female flower production. *Botanical Gazette* 143:466-475.
- Hills, H.G., Williams, N.H., & Dodson, C.H. 1972. Floral fragrances and isolating mechanisms in the genus *Catasetum* (Orchidaceae). *Biotropica* 4:61-76.
- Hoehne, F.C. 1933. Contribuição para o conhecimento do gênero *Catasetum* L. C. Rich e especialmente o hermafroditismo e trimorfismo da suas flores. *Boletim da Agricultura* 133-196.
- Hoehne, F.C. 1938. As plantas ornamentais da flora brasílica. *Boletim da Agricultura* 1:247-273.
- Hoehne, F.C. 1942. *Flora Brasílica, Volume XII*, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.
- Johnson, R.A., Wichern, D.W. 1998. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Lacerda Jr., K.G. de. 1993. Subtribo *Catasetinae* e seus gêneros – taxonomia e peculiaridades. *Boletim Coordenadoria das Associações Orquidófilas do Brasil* 5:3-14.

- Menezes, L.C. 2004. Orquídeas do planalto central brasileiro. IBAMA. Brasília.
- Miller, D.; Warren, R. & Miller, I. 1996. Orquídeas do alto da serra da mata atlântica pluvial do sudeste do Brasil. Salamandra Consultoria Editorial Ltda, segunda edição, Rio de Janeiro, RJ.
- Miranda, F.E. 1987. *Catasetums* in Brazil – Notes on habitats and culture. American Orchid Society Bulletin 56:473-482.
- Montgomery, D.C. 1976. Design and Analysis of Experiments. John Wiley and Sons, New York.
- Moraes, C.P. 2002. Fenologia e anatomia dos órgãos reprodutivos de *Catasetum fimbriatum* Lindley cultivados sob diferentes intensidades luminosas. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Murren, C.J. 2002. Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinators, pollinia viability and reproductive success. Journal of Ecology 90:100-107.
- Pabst, G.J.F. & Dungs, F. 1975. Orchidaceae Brasilienses. Brucke – Verlag Kurt Schmiersow, Hildesheim.
- Rathcke, B.J. & Lacey, E.P. 1985. Phenological patterns in terrestrial plants. Annual Review of Ecology and Systematics 16:179-214.
- Rebêlo, J.M.M. 1993. Dinâmica de populações de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) e considerações sobre sua sistemática, filogenia e biogeografia. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Rebêlo, J.M.M. & Garófalo, C.A. 1997. Comunidades de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em matas semidecíduas do nordeste do Estado de São Paulo. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 26:243-255.
- Romero, G.A. 1990. Phylogenetic relationships in subtribe *Catasetinae* (Orchidaceae, Cymbidieae). Lindleyana 5:160-181.
- Roubik, D.W. & Ackerman, D.J. 1987. Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. Oecologia (Berlin) 73:321-333.
- Schmidt, A. 2001. *Catasetum* a 1730 metros de altitude. Jornal da Associação Brasileira dos Cultivadores de *Catasetíneas* 25: 2.

- Silva, J. B. F. & Silva, M. F. F. 1998. Orquídeas nativas da Amazônia Brasileira. Gênero *Catasetum* L.C. Rich. ex Kunth. Coleção Adolpho Ducke. Museu Paraense Emílio Goeldi.
- Tanaka, R. & Kamemoto, H. 1980. List of chromosome numbers in species of the Orchidaceae. In *The Orchids – Scientific Studies*. C.L. Withner ed., p. 411-483. John Wiley and sons, New York.
- Tukey Jr, H.B. 1970. The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology* 21: 305-324.
- Williams, N.H. & Whitten, W. M. 1983. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biological Bulletin*, 164:355-395.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th. ed. Prentice-Hall, New Jersey.
- Zimmerman, J.K. 1990. Role of pseudobulbs in growth and flowering of *Catasetum viridiflavum* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 77:533-542.
- Zimmerman, J.K. 1991. Ecological correlates of labile sex expression in the orchid *Catasetum viridiflavum*. *Ecology* 72:597-608.

Tabela 1. Número de hastes florais e flores masculinas, femininas e frutos formados, bem como suas quantidades e porcentagens em *Catsetum fimbriatum* cultivado e vegetando em *Cedrela fissilis*.

Localidade.	São Carlos (cultivo)	Ribeirão Bonito (<i>Cedrela fissilis</i>)
Número de indivíduos monitorados por localidade.	50	47*
Número de hastes florais masculinas.	55	14
Número de flores masculinas.	906	191
Número de hastes florais femininas.	22	38
Número de flores femininas.	113	158
Soma das flores masculinas e femininas.	1.019	349
Porcentagem de flores masculinas.	89	54,7
Porcentagem de flores femininas.	11	44
Número de hastes florais mistas (contendo flores masculinas e femininas).	1	0
Número de flores masculinas (M) e femininas (F) nas hastes florais mistas.	13 M; 5 F	0
Número de frutos formados nas flores femininas.	26	31
Porcentagem dos frutos formados nas flores femininas.	23	19,6

* Observação: dos 50 indivíduos monitorados, três foram brocados por larvas de Lepidoptera e não floresceram.

Tabela 2: Coeficientes de correlação linear (r) para n= 97 (indivíduos) e $p \geq 0,05$.

	No.pseudob.	D. pseud	C. total p.	F. masc.	F. fem.	No. frutos
No.pseudobulbos	1,00	-0,07	-0,22	-0,10	-0,05	-0,03
Diâmetro pseudobulbo	-0,07	1,00	0,60	0,48	0,21	0,30
Comp. total da planta	-0,22	0,60	1,00	0,57	0,16	0,41
Flor masculina	-0,10	0,48	0,57	1,00	0,30	0,63
Flor feminina	-0,05	0,21	0,16	0,30	1,00	0,56
No. de frutos	-0,03	0,30	0,41	0,63	0,56	1,00

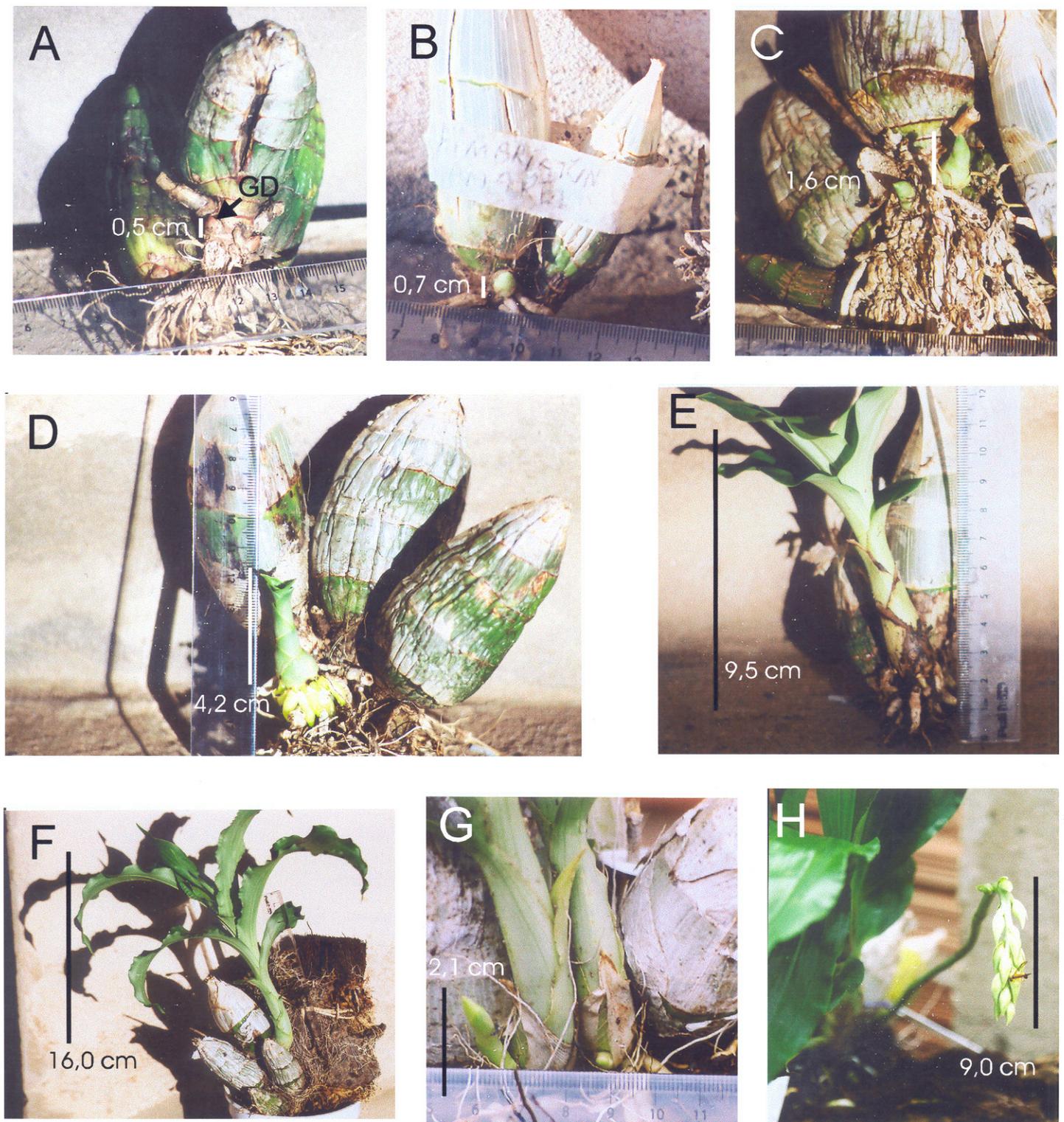


Figura 1.. Algumas fases fenológicas de *C. fimbriatum*: A - gemas em dormência (GD); B - início da brotação; C - broto em fase de “cone”; D - fase de abertura do “cone” e início da formação do limbo; E - limbo bem distendido; F - folhas bem desenvolvidas e início do pseudobulbo por entre as bainhas invaginantes; G - Início do racimo; H - racimo com botões de flores masculinas com ápice agudo (nas flores femininas os botões têm o ápice obtuso).

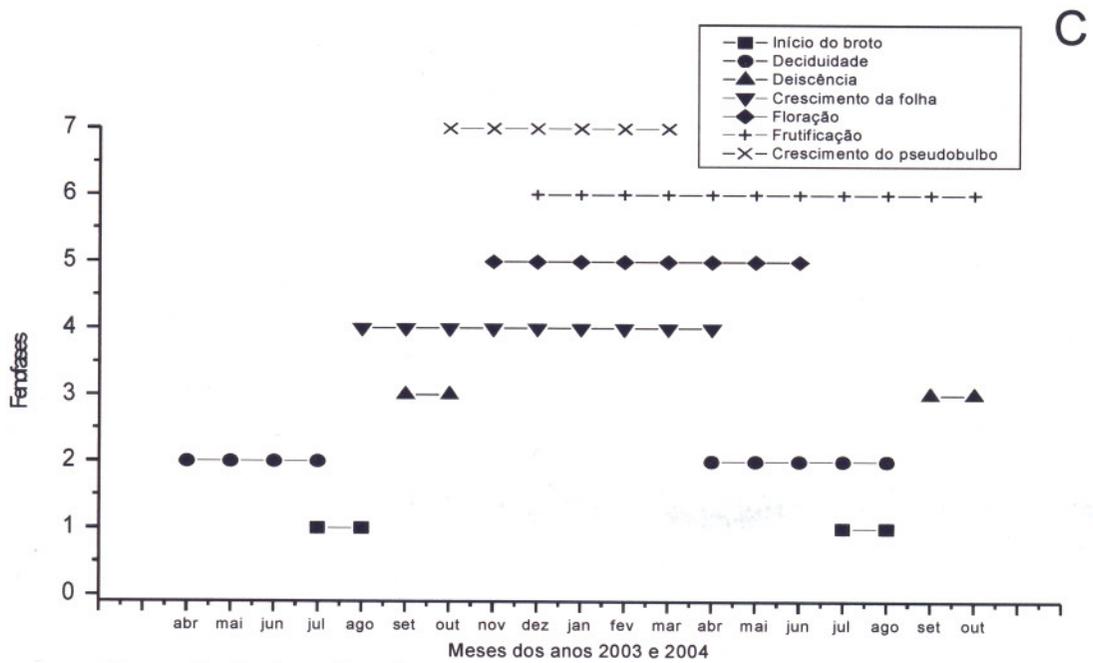
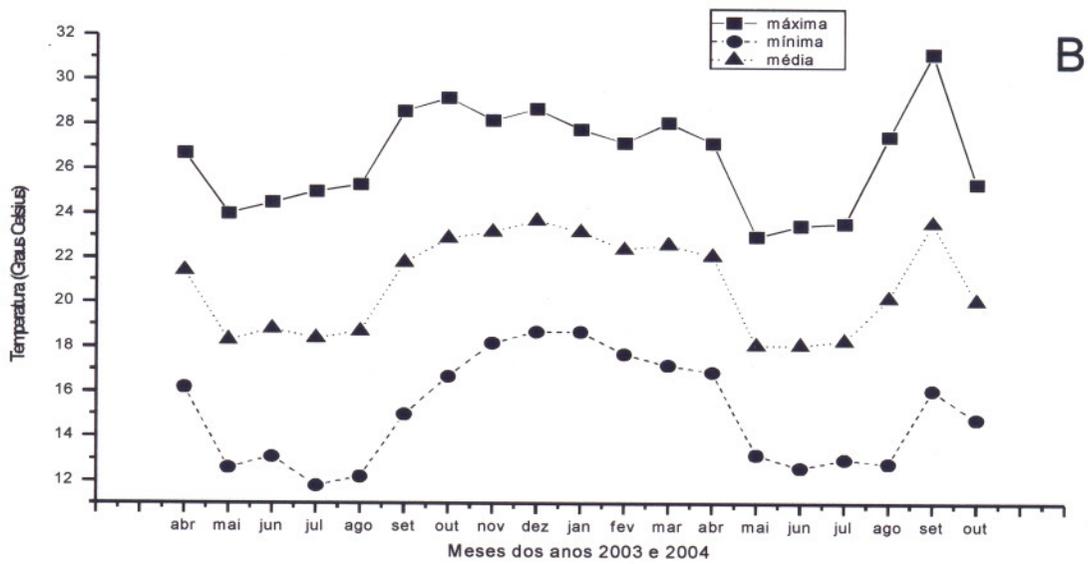
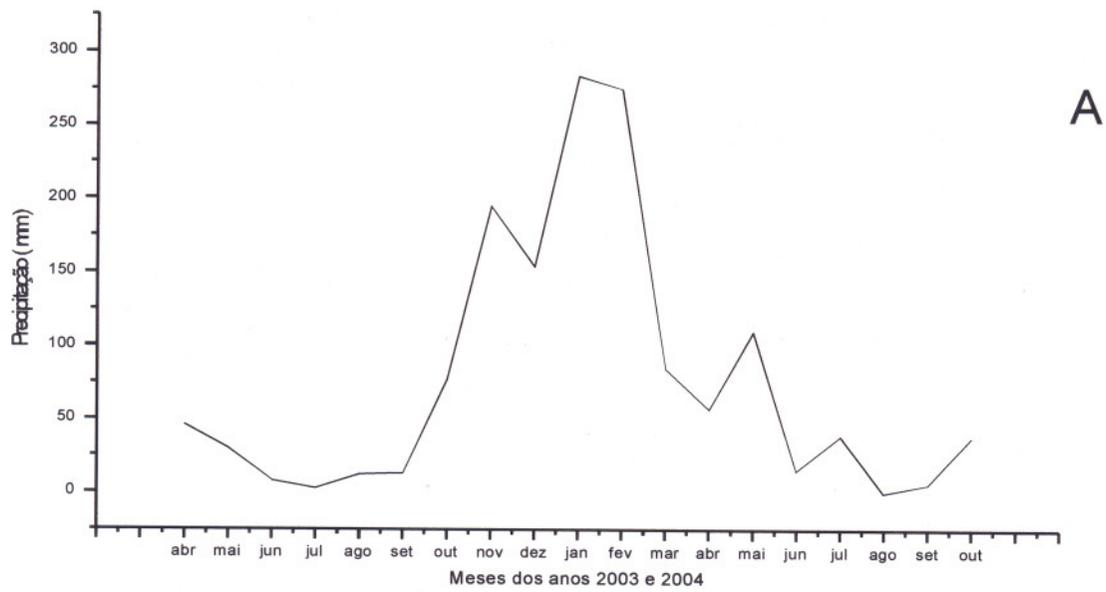


Figura 2. Dados climáticos: A - precipitação (mm), B - temperatura (°C) entre 2003 e 2004 na região de São Carlos, C - algumas fenofases de *C. fimbriatum*. Para início de broto, deciduidade e deiscência foi possível comparar entre os anos 2003 e 2004. Fonte: EMBRAPA Pecuária Sudeste.

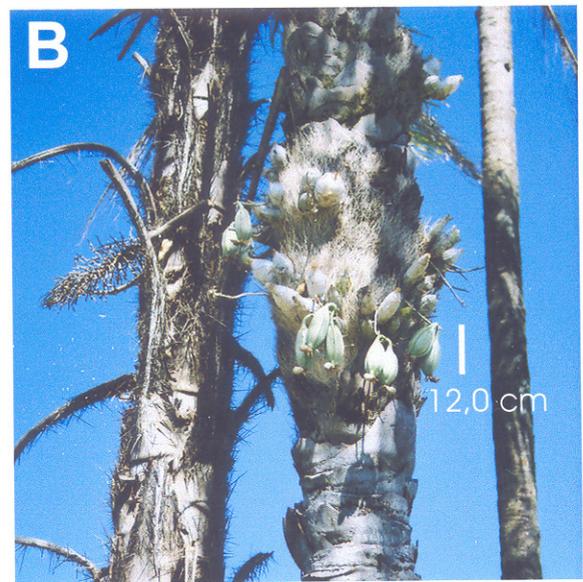
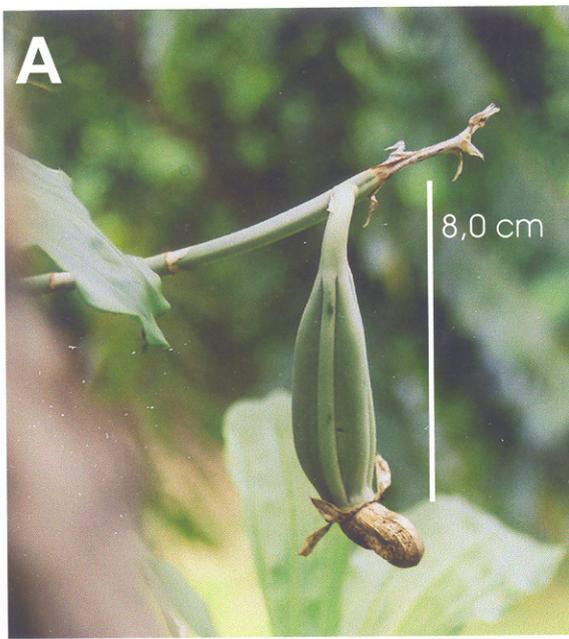


Figura 3. Fases da frutificação em *C. fimbriatum*. A - 25 dias após a fecundação (fev. 2004), ainda com algumas peças florais; B - planta sem folhas, sobre *Acrocomia aculeata* (macaúba) 5 meses após a fecundação (jul. 2004); C - detalhe de B - em set. 2004, mostrando diversas fases da deiscência da base para o ápice; D - fruto totalmente aberto no final de set. 2004. Notar, em C, os tufos de raízes formados pela orquídea.

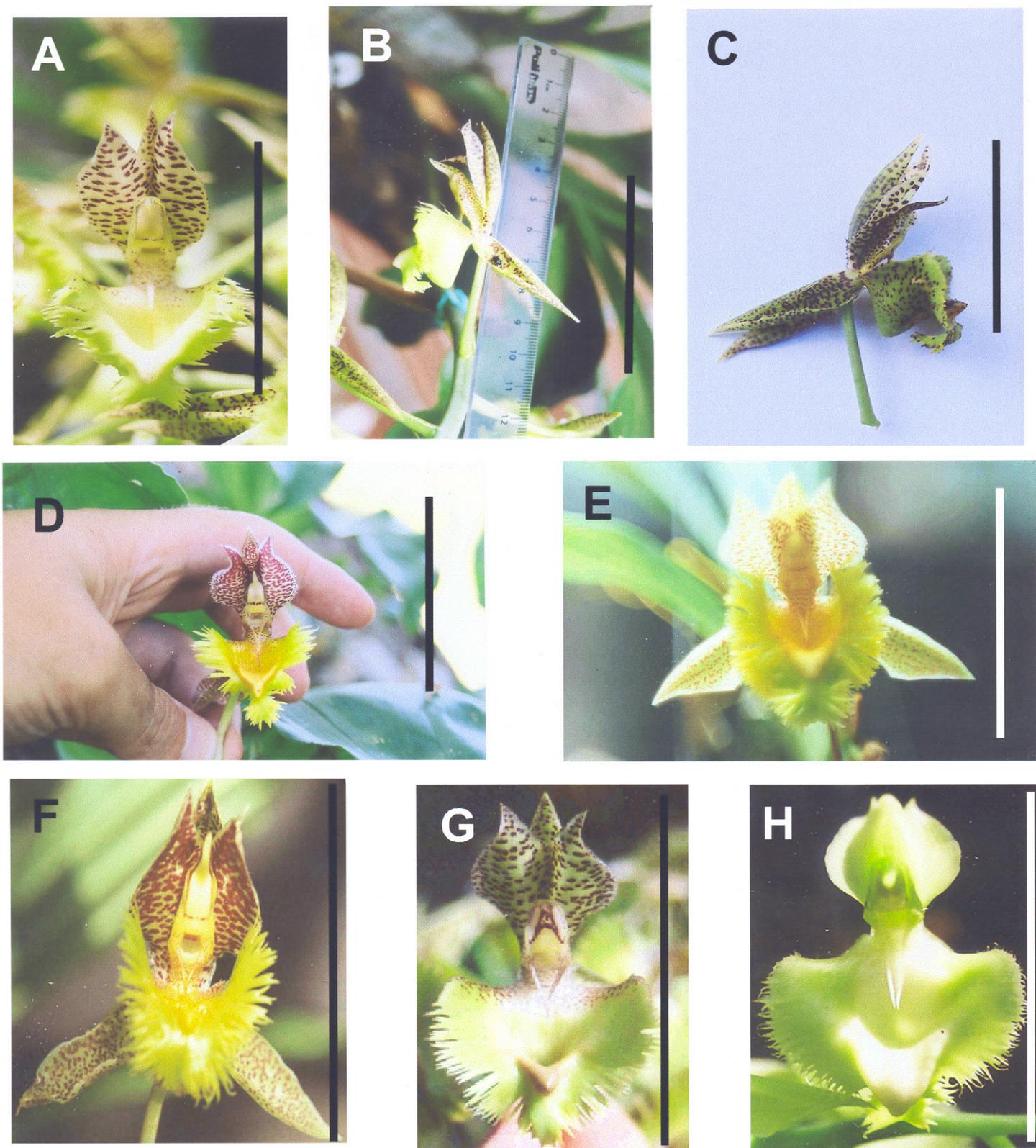


Figura 4. Algumas variações na morfologia e coloração das flores masculinas de *C. fimbriatum* var. *fissum* na região de São Carlos. Barras =5,0 cm. A - flor com pintas e máculas mais claras e afastadas, labelo claro com calosidade alongada; B - a mesma flor anterior em vista lateral, as sépala laterais voltam-se para trás após a antese, as pétalas são voltadas para cima e imbricadas com a sépala dorsal, a face exterior do labelo não possui pintas (situação comum); C - flor em vista lateral mostrando a face exterior do labelo com pintas escuras e mais adensadas; D - flor com pintas avermelhadas e bem adensadas, labelo com calosidade com ápice mucronado e cor amarelo intenso (subvar. aurea); E - flor com pequenas pintas, alinhadas, sobretudo nas pétalas laterais, calosidade com ápice agudo, labelo arredondado (foto: José Luis Teixeira); F - sépala dorsal e pétalas com pigmentação rajada e labelo com calosidade reduzida; G - labelo com calosidade escura; H - inflorescência com flores masculinas verdes e sem pintas (subvar. verde, pouco comum), sépala e pétalas verde claro e faixa mediana do labelo esbranquiçada.

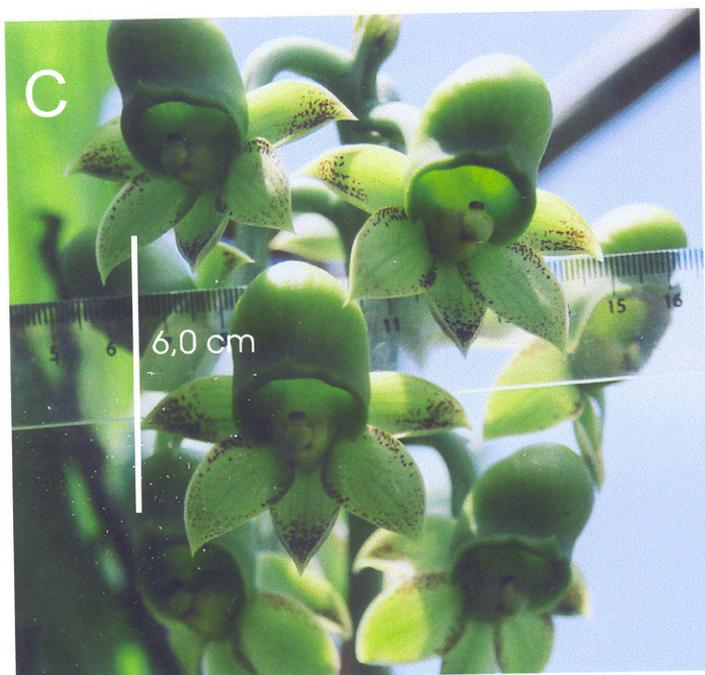
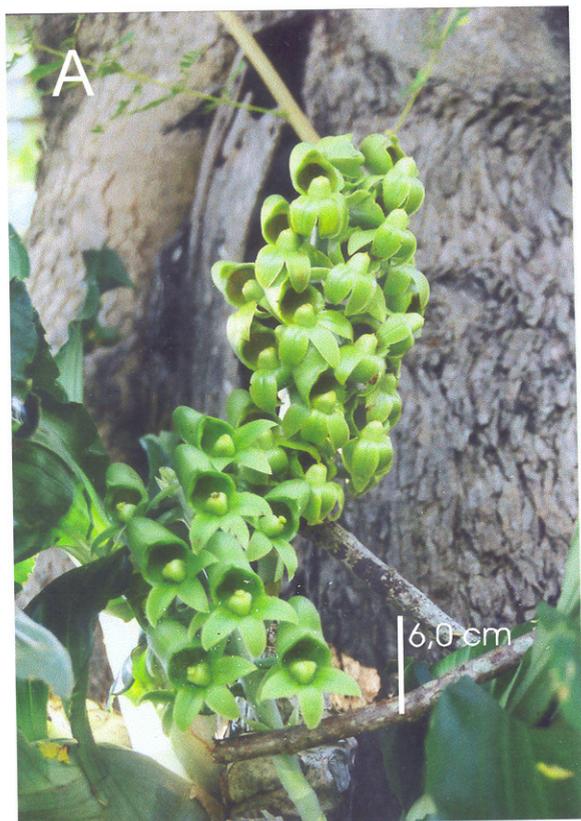


Figura 5. Inflorescências de *C. fimbriatum*. A- Duas inflorescências racemosas femininas de coloração verde (mais comuns) e não ressupinadas (uma com 14 e outra com 22 flores), B - Inflorescência masculina com 31 flores; C - Inflorescência feminina, no início da abertura da flor, exemplar com manchas (pouco comum); D - Inflorescência mista, com flores femininas (abaixo) e masculinas (no ápice). Notar o nítido dimorfismo entre as flores masculinas e femininas.

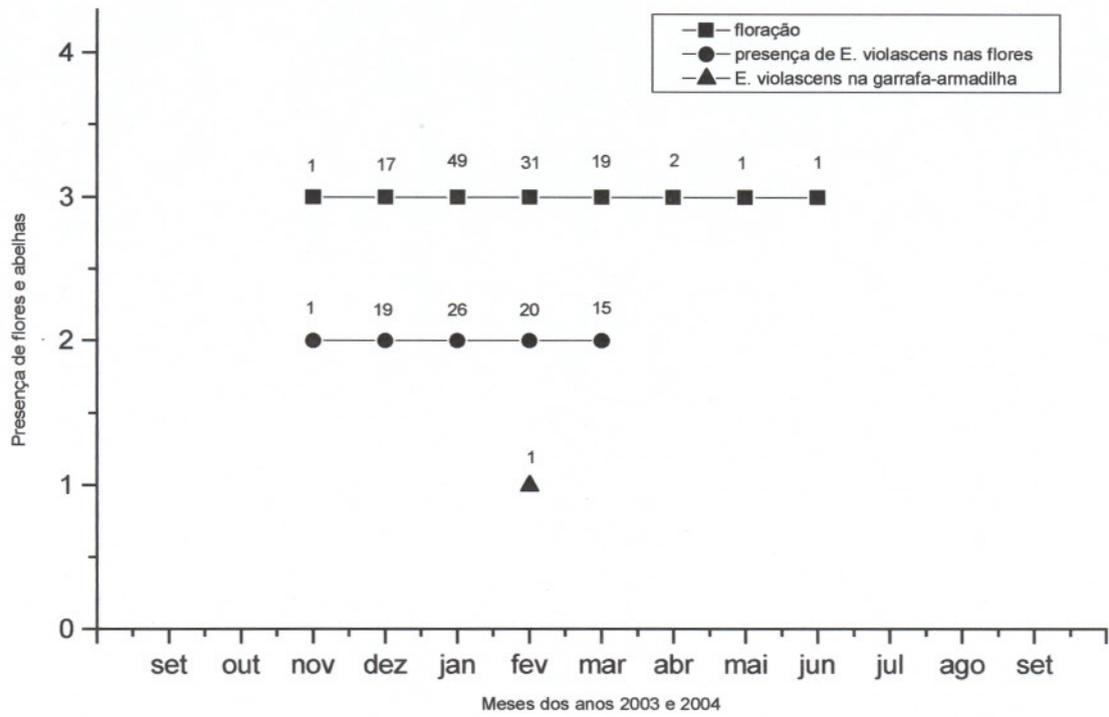


Figura 6. Período de floração de *C. fimbriatum* na região de São Carlos, abelhas polinizadoras capturadas nas flores femininas e em garrafas-armadilha. Os números sobre os pontos indicam a quantidade de indivíduos observados em cada mês.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos apresentados representam uma pequena contribuição aos conhecimentos sobre o desenvolvimento de *Catasetum fimbriatum*, dando especial destaque ao processo de polinização nesta espécie. Aqui foram considerados os visitantes encontrados nesta orquídea, na região de São Carlos, SP, e dentre eles o seu polinizador.

No entanto, para se conhecer maiores detalhes sobre a biologia de *Eufriesea violacens* e *Euglossa* spp., visitantes de *Catasetum fimbriatum*, novos dados devem ser obtidos. Para isso é necessário que haja um aperfeiçoamento do método utilizado. Com relação a este aspecto, por exemplo, seria recomendável a utilização de etiquetas adesivas numeradas, que presas aos polinizadores poderiam evitar as recontagens, dando maior precisão ao número de dias considerados entre a marcação e a recaptura destes insetos. Também devem ser capturados um número maior de visitantes, para posterior identificação dos *taxa*, pois talvez possamos encontrar um número maior de espécies, além das duas que citamos. A utilização de ninhos-armadilha, no período de nidificação das abelhas visitantes e da polinizadora, também seria importante, pois esses dados poderiam contribuir para novas descobertas quanto às interações com *C. fimbriatum*.

O monitoramento com micros rádio-transmissores presos às abelhas e monitorados via G.P.S., como foi mostrado pelo documentário “Animal Camera” da B.B.C. de Londres (http://www.bbc.co.uk/portuguese/especial/352_animalcamera/page2.shtml) também poderia representar um aperfeiçoamento deste estudo, no sentido de estabelecer rotas de vôo e locais de repouso das abelhas Euglossini. Uma parceria com os institutos de pesquisa, que desenvolvam microtransmissores, poderia ser o primeiro passo para baratear o custo dessa pesquisa no Brasil.

Novas fragrâncias, além de cineol, eugenol e vanilina, poderiam ser testadas a fim de verificar a eficácia na atração de *E. violacens*, já que esta praticamente não foi atraída por aqueles aromas. A determinação da composição dos óleos essenciais de flores masculinas e femininas de *C. fimbriatum*, na qual estamos trabalhando (Forim *et.al.*, 2004), poderá auxiliar na escolha de substâncias ou misturas de substâncias a serem utilizadas para este fim. Também precisam ser considerados: o papel e as proporções de tais compostos na reprodução de *E. violacens*.

A utilização das flores de *C. fimbriatum* mostrou-se um método eficiente em relação à atração das Euglossini. Verificamos que as três espécies de abelhas visitantes, identificadas, foram mais comuns nas flores do que nas garrafas armadilha, reforçando a idéia de que nem sempre as fragrâncias em garrafas-armadilha capturam todas as espécies de euglossinas de uma área. Como citado por Rebêlo & Garófalo (1997) é necessário pesquisar em outras fontes, como flores e ninhos-armadilha para conhecer melhor o comportamento das espécies de Euglossini.

As flores femininas foram mais eficientes na atração do que as masculinas, pois além de durarem até três vezes mais e produzirem mais voláteis por flor, ainda facilitavam o manuseio da rede entomológica por não possuírem polinários ejetáveis que são disparados ao mais leve toque das antenas inseridas na base da pseudocoluna. As flores masculinas ao ejetarem o polinário duram, em média, até dois dias e então, não mais atraem as abelhas.

Percebemos que as flores masculinas e femininas com labelos bem amarelados eram as preferidas pelas abelhas. Isso nos leva à uma nova indagação: labelos com coloração amarelo intensa e mais perfumados estariam associados à populações que ocupam há tempo uma determinada região? De acordo com Hoehne (1942), no Brasil Central,

podemos encontrar a maioria das variedades morfológicas de *C. fimbriatum*. Sendo assim, poderia ser aí o centro de dispersão dessa espécie. No interior do Estado de São Paulo, ainda segundo este autor, ocorrem apenas *C. fimbriatum* variedade *fissum*, com maior frequência, e ocasionalmente *C. fimbriatum* variedade *morrenianum*. Seria esta região formada por populações mais recentes, quando levarmos em conta, além das variedades morfológicas, a frequência do caráter labelo amarelo?

Quanto ao cultivo de *C. fimbriatum* verificamos que é melhor proteger tais plantas em casas de vegetação com telhas plásticas ou coberturas plásticas de uso agrícola transparentes, pois são muito sensíveis a longos períodos de chuvas. Tal ambiente deve ser muito ventilado. Deve-se evitar o acúmulo de água por entre as folhas para prevenir o apodrecimento das mesmas. Para tanto é indicada a rega do substrato, evitando-se molhar diretamente as folhas.

Finalmente, pode-se dizer que outros animais além das abelhas (formigas, besouros, moscas, borboletas, aranhas, periquitos) foram vistos visitando *C. fimbriatum* em nossas visitas ao campo na região de São Carlos, SP. Um estudo sobre tais interações é necessário, pois não há registro algum, relativo a esse fato, na literatura especializada.

Referências Bibliográficas Relativas à Introdução Geral e Considerações Finais

Braga, P.I.S. 1976. Atração de abelhas polinizadoras de Orchidaceae com o auxílio de iscas – odores na campina, campinarana e floresta tropical úmida da região de Manaus. *Ciência e Cultura* 28:767-773.

Búrquez, A. 1997. Distributional limits of euglossine and meliponini bees (Hymenoptera: Apidae) in north West Mexico. *Pan – Pacific Entomological* 73:137-140.

- Cruz – Landim, C.C., Stort, A.C., Cruz, M.A. da C. & Kitajima, E.W. 1965. Órgão tibial dos machos de Euglossini. Estudo ao microscópio óptico e eletrônico. *Revista Brasileira de Biologia* 25:323-342.
- Dodson, C.H. & Frymire, G.P. 1961. Preliminary studies in the genus *Stanhopea*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 48:137-172.
- Dodson, C.H., Dressler, R.L., Hills, H.G.; Adams, R.M. & Williams, N.H. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164:1243-1249.
- Dressler, R.L. 1968. Pollination by Euglossine bees. *Evolution* 22:202-210.
- Dressler, R. L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematic* 13:373-394.
- Ferreira, L. 2000. Resposta fenológica para a sazonalidade em plantas de florestas tropicais: fenologia. Monografia, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Forim, M.R., Braga, P.A.C., Ferreira, A.W.C., Lima, M.I.S., Silva, M.F.G.F., Fernandes, J.B. & Vieira, P.C. 2004. Composição da fragrância floral de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (Catasetinae, Orchidaceae) e seu papel na reprodução da abelha Euglossini *Eufriesea violascens* Mocsary (Hymenoptera, Apidae). XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares (RESEM), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, pág. 29.
- Hills, H.G.; Williams, N.H. & Dodson, C.H. 1972. Floral fragrances and isolating mechanisms in the genus *Catasetum* (Orchidaceae). *Biotropica* 4:61-76.

Hoehne, F.C. 1942. Flora Brasileira, Volume XII, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Holst, A. 1999. The world of *Catasetums*. Timber Press, Portland, Oregon.

http://www.bbc.co.uk/portuguese/especial/352_animalcamera/page2.shtml - 07/11/2004.

Janzen, D.H. 1971. Euglossine bees as long distance pollinators of tropical plants. *Science* 171:203-205.

Jazen, D.H. 1980. Ecologia Vegetal nos Trópicos. Coleção Temas de Biologia. Volume 7. E. P. U. – Editora da Universidade de São Paulo.

Kimsey, L.S. 1980. The behaviour of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of leks. *Animal Behavior* 28:996-1004.

Lacerda Jr, K.G. 1993. Subtribo Catasetinae e seus gêneros – taxonomia e peculiaridades. *Boletim Coordenadoria das Associações Orquidófilas do Brasil* 5:3-14.

Mathes, L.A.F. 1980. Dinâmica da sucessão secundária em mata após a ocorrência de fogo na mata Santa Genebra – Campinas. Tese de doutorado, Campinas, São Paulo.

Morellato, L.P.C. & Leitão Filho, H.L.F. 1991. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi, In: L.P.C. Morellato. História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil, editora da Universidade de Campinas, São Paulo.

Moure, J.S. 1969. Abelhas euglossinas e orquídeas. *Revista Ciência e Cultura* 21:467-468.

Mulkey, S.S., Chazdon, R.L. & Smith, A.P. 1996. Tropical forest plant ecophysiology. Chapman & Hall ed., New York.

- Pabst, G.J.F. & Dungs, F. 1975. *Orchidaceae Brasilienses*. Brucke – Verlag Kurt Schmiersow, Hildesheim.
- Pearson, D.L. and Dressler, R.L. 1985. Two – years study of male orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) attraction to chemical baits in lowland south – eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology* 1:37-54.
- Peruquetti, R.C. & Campos, L.A. de O. 1997. Aspectos da biologia de *Euplusia violacea* (Blanchard) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Revista Brasileira de Zoologia* 14:91-97.
- Quer, P.F. 1985. *Diccionario de botánica*. Editorial Labor, España.
- Rebêlo, J.M.M. & Garófalo, C.A. 1991. Diversidade e sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera; Apidae) e preferências por iscas – odores em fragmentos de floresta do Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 51:787-799.
- Rebêlo, J.M.M. & Garófalo, C.A. 1997. Comunidades de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em matas semidecíduas do nordeste do Estado de São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26:243-255.
- Romero, G.A. 1990. Phylogenetic relationships in subtribe Catasetinae (Orchidaceae, Cymbidieae). *Lindleyana* 5:160-181.
- Roubik, D.W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge, Cambridge University Press, 514 p.
- Ruschi, A. 1986. *Orquídeas do Estado do Espírito Santo*. Ed. Expressão e Cultura. Segunda edição, Rio de Janeiro.

- Schlee, D. & Ebel, F. 1983. Note on the chemical nature of the adhesive of viscid disc in *Catasetum fimbriatum* Lindl (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 70:872-876.
- Silva, J. B. F. & Silva, M. F. F. 1998. Orquídeas nativas da Amazônia Brasileira. Gênero *Catasetum* L. C. Rich. ex Kunth. Coleção Adolpho Ducke. Museu Paraense Emílio Goeldi.
- Vogel, S. 1963. Das sexuelle anlocksprinzip der Catasetinen – und Stanhopeen – blüte und die wahre function ihres sogenannten futtergewebes. *Osterr. Bot. Z.* 110:308-337.
- Whitten, W.M. et al. 1993. Nonfloral sources of chemicals that attract male euglossine bees (Apidae; Euglossini). *Journal of chemical Ecology* 19:3017-3027.
- Williams, N.H. and Dodson, C.H. 1971. Selective attraction of male Euglossine bees to orchid floral fragrances and its importance in long distance pollen flow. *Evolution* 28:874-95.
- Williams, N.H. 1982. The biology of orchids and euglossine bees, *Orchid biology: Reviews and perspectives*, II. Cornell University Press. Ithaca, New York. J. Arditti (ed.) pages. 119-171.
- Williams, N.H. and Whitten, W.M. 1983. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biological Bulletin* 164:355-395.