

Ecologia da polinização de *Momordica charantia* L. (Cucurbitaceae), em Florianópolis, SC, Brasil

MAURÍCIO LENZI¹, AFONSO I. ORTH^{1,2} e TÂNIA M. GUERRA¹

(recebido: 22 de agosto de 2003; aceito: 12 de maio de 2005)

ABSTRACT – (Pollination ecology of *Momordica charantia* L. (Cucurbitaceae) in Florianópolis, SC, Brazil). Bitter melon is a monoecious and ruderal species of economic interest. The knowledge of its reproductive mechanisms is important for its conservation and management. The species floral biology, reproductive phenology, pollination, and breeding system were studied. The species has diclinous flowers, with diurnal anthesis. The period of flowering lasted around 100 days and its peak occurred in October. In the beginning of the flowering the species presents dicogamy of the protandry type. The female flowers do not produce nectar, while the male flowers produce nectar during the entire period of anthesis. There was identified a mimicry of the male flowers by the female flowers. Fruit formation occurred through crossed-pollination and self-pollination. The number of seeds in the fruits did not differ ($H = 1.13$; $P > 0.05$) among the type of pollination. The relation seed/egg was in the order of 80%. All floral visitors collected and observed on the flowers belong to the class Insecta. *Diabrotica speciosa* (Coleoptera, Chrysomelidae) was the most abundant species (40%) and the main pollinator of *Momordica charantia* in the study area. Other insects, however, as bees (Apoidea) and butterflies (Hesperiidae and Pieridae), were also observed in the flowers and can contribute as pollinators.

Key words - bitter melon, breeding system, floral biology, pollination

RESUMO – (Ecologia da polinização de *Momordica charantia* L. (Cucurbitaceae), em Florianópolis, SC, Brasil). O melão-de-são-caetano é uma espécie monóica e ruderal de interesse econômico. O conhecimento de seus mecanismos reprodutivos é fundamental para a sua conservação e manejo. Foram estudados a biologia floral, a fenologia reprodutiva, a polinização e o sistema de reprodução da espécie. A espécie possui flores diclinas, com antese diurna. O período de floração dura em torno de 100 dias e seu pico ocorre em outubro. No início da floração a espécie apresenta dicogamia do tipo protandria. As flores femininas não produzem néctar, tendo sido identificado mimetismo das flores masculinas pelas femininas. As flores masculinas produziram néctar durante todo o período de antese. Houve formação de frutos por fecundação cruzada e autopolinização. O número de sementes presentes nos frutos não diferiu ($H = 1,13$; $P > 0,05$). A relação sementes/óvulos foi da ordem de 80%. Todos os visitantes florais coletados e observados pertencem à Classe Insecta. *Diabrotica speciosa* (Coleoptera, Chrysomelidae) foi a espécie mais abundante (40%) e o principal polinizador de *Momordica charantia* na área de estudo. Outros insetos, como abelhas (Apoidea) e lepidópteros (Hesperiidae e Pieridae), também visitaram as flores e podem contribuir na polinização.

Palavras-chave - biologia floral, melão-de-são-caetano, polinização, sistema reprodutivo

Introdução

Os estudos sobre a reprodução das plantas são importantes pois fornecem informações sobre sua multiplicação, contribuindo para a conservação, manejo sustentado ou exploração comercial pelo homem. Segundo Kearns & Inouye (1993), os estudos da biologia reprodutiva, com a determinação do sistema reprodutivo, entendimento do fluxo gênico e conhecimento sobre as interações entre as flores e seus visitantes, fornecem informações que permitem entender melhor o processo evolutivo das plantas, bem como sua persistência na

natureza. Somado a isso, podem-se obter valiosas informações sobre a fenologia, hábito e propagação das espécies de interesse agrícola e medicinal, fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de conservação *in situ* e *ex situ* e domesticação dessas espécies (Lenzi & Orth 2004).

Cucurbitaceae é historicamente uma das mais importantes famílias de plantas utilizadas para a produção de alimentos, fibras e fitoterápicos (Montes-Hernandez & Eguiarte 2002, Cardoso 2003). Entretanto, para cucurbitáceas ruderais, aparentemente não há cultivo sistematizado e a demanda parece ser suprida pelo processo de extrativismo e/ou manejo associado.

Momordica charantia L., o popular melão-de-são-caetano, originalmente conhecido por seu uso na culinária e na medicina, é uma espécie ruderal, monóica e com flores unissexuais, assim como a maioria das

1. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Caixa Postal 476, 88040-900 Florianópolis, SC, Brasil.
2. Autor para correspondência: aorth@mbox1.ufsc.br

espécies de Cucurbitaceae, sendo muito comum como trepadeira nas cercas do litoral e do interior do Brasil (Joly 1998). Apesar dessa ocorrência espontânea em terrenos rurais ou urbanos perturbados e da importância econômica alimentícia e farmacêutica dessa espécie, os estudos científicos sobre a biologia floral e a polinização do melão-de-são-caetano, até o presente momento, são inexistentes. Em geral, trabalhos com cucurbitáceas abordam aspectos agrônômicos e fármaco-terapêuticos, sendo escassos aqueles com enfoque ecológico.

Normalmente, para frutificarem, as cucurbitáceas necessitam da atuação de insetos para o sucesso da polinização, em especial de abelhas (Amaral 1979, Winsor *et al.* 2000, Montes-Hernandez & Eguiarte 2002, Rust *et al.* 2003), como, por exemplo, o melão (*Cucumis melo* L.), os pepinos (*Cucumis sativus* L. e *Ecballium elaterium* L.) e as abóboras (*Cucurbita maxima* Duch. e *Cucurbita foetidissima* Kunth). Conforme Marchini *et al.* (2001), as abelhas *Apis mellifera* são visitantes frequentes das flores de *Momordica charantia*. Embora, a autocompatibilidade possa favorecer a instalação e permanência de populações naturais de plantas em novos ambientes (Costich & Meagher 1992, Kittelson & Maron 2000, Coelho & Barbosa 2003), espécies monóicas com flores diclinas, como *Momordica charantia*, necessitam de agentes transportadores de pólen para que ocorra a polinização. Desse modo, a polinização manual é uma alternativa interessante quando se objetiva maior produção de frutos e sementes com melhor qualidade (Cardoso 2003), principalmente na ausência de polinizadores naturais, com suas populações reduzidas muitas vezes pelo uso indiscriminado de inseticidas ou destruição dos seus habitats naturais de nidificação (Laroca & Orth 2002, Lenzi *et al.* 2003).

A similaridade entre flores de uma mesma espécie deve induzir indistintamente à visitação de potenciais polinizadores, mesmo entre flores unissexuais (Knudsen *et al.* 1999), embora esse fato nem sempre resulte na oferta de recursos tróficos (pólen e néctar) por ambas (Rust *et al.* 2003), podendo tratar-se de engodo (Baker 1976, Piratelli *et al.* 1998, Carmo & Franceschinelli 2002).

Assim, este trabalho teve como objetivo, observar aspectos da morfologia e biologia floral, caracterizar o sistema reprodutivo, verificar e comparar a viabilidade dos testes de polinizações naturais e controladas, e observar e determinar os visitantes florais de *Momordica charantia*, buscando contribuir com o conhecimento ecológico de uma espécie ruderal da família Cucurbitaceae.

Material e métodos

Os estudos foram conduzidos no município de Florianópolis, localizado na Ilha de Santa Catarina. A ilha possui uma área de 436,5 km² e está localizada entre 27°10' e 27°50' S e 48°25' e 48°35' W. A área selecionada para este estudo pertence ao Centro de Treinamento da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Cetre/Epagri), localizada no bairro do Itacorubi (27°35' S e 48°30' W), próximo ao centro urbano da cidade.

Os dados foram obtidos no período de 10 de setembro a 4 de dezembro de 2002, durante visitas sistemáticas semanais a uma população natural da espécie (N = 23), as quais foram marcadas e estudadas no horário das 5:30 às 17:30 h, perfazendo 12 horas de observações diárias. As plantas usaram como suporte para fixação e apoio duas cercas de fios de arame, ao longo de uma pequena trilha com aproximadamente 80 m de comprimento e 3 m de largura.

A receptividade do estigma foi verificada nas flores (N = 30) de cinco plantas distintas usando-se peróxido de hidrogênio ao longo de todo um dia, com o auxílio de uma lupa de bolso com aumento de 5 X (Galen & Plowright 1987).

A estimativa do número de grãos de pólen foi feita através da retirada desses das anteras de cinco flores masculinas de plantas distintas ensacadas na pré-antese, diluídas em 0,5 µL de ácido láctico a 85%. A contagem do número de grãos de pólen por flor foi realizada em quatro amostras de 1,5 µL de cada frasco separadas em lâminas reticuladas, e observadas sob microscópio óptico com aumento de 100 X (Kearns & Inouye 1993). O número de óvulos foi determinado através do corte da parede do ovário (N = 9), seguindo a contagem dos mesmos sob estereomicroscópio (16 X de aumento). A razão pólen/óvulo (Cruden 1977) foi obtida a partir destes dados.

A determinação do volume e da concentração do néctar produzido pelas flores foi realizada em 20 indivíduos, entre as 7 e as 15 h, com o auxílio de tubos microcapilares com capacidade de 1 µL. Retirou-se o néctar total secretado por flor (néctar potencial) avaliado em flores masculinas (N = 50) e femininas (N = 25) ensacadas na pré-antese. O néctar instantaneamente disponível (nectar standing crop) (Dafni 1992), leva em consideração a interferência dos visitantes, para tanto, utilizaram-se flores masculinas (N = 75) e femininas (N = 25) abertas, avaliadas em três horários distintos. A concentração do néctar foi medida utilizando-se um refratômetro portátil (Bellingham & Stanley, modelo Eclipse). Os dados obtidos nos experimentos do néctar potencial foram analisados através do teste t de Student (Sokal & Rohlf 1995) e para os experimentos do néctar instantaneamente disponível utilizou-se o teste de Tukey (Siegel & Castellan Junior 1988), ambos ao nível de 5% de significância.

O sistema de reprodução da espécie foi determinado utilizando-se 30 flores femininas, sendo cinco flores por indivíduo (repetição) para cada um dos seguintes testes de polinização: polinização natural, autopolinização manual,

polinização cruzada manual e anemofilia.

O tratamento de polinização natural foi realizado em todas as plantas sorteadas. Este foi considerado o tratamento controle, pois nele foi permitida a polinização aberta (sem ensacamento).

O tratamento de autopolinização manual foi aplicado em flores ensacadas no dia que antecedeu a antese, com sacos de papel vegetal para impedir a polinização natural. Uma mistura de pólen proveniente de flores masculinas foi armazenada em um tubo eppendorf e em seguida transferida para os estigmas das flores femininas da mesma planta (indivíduo) com o auxílio de um pincel macio. Posteriormente, as flores foram novamente ensacadas por todo o período de antese.

O tratamento de polinização cruzada manual seguiu a mesma metodologia da autopolinização, porém, com grãos de pólen provenientes de flores masculinas de outros indivíduos de *Momordica charantia*, separados pelas diferentes localizações ao longo da trilha.

No tratamento de anemofilia, as flores femininas foram ensacadas com sacos de tecido de voal com mesh de 500 micras, no dia anterior ao da antese, para se evitar a presença de insetos e outros animais transportadores de pólen e para determinar se grãos de pólen de *Momordica charantia* são transportados pelo vento.

Da mesma forma, foram ensacadas 30 flores femininas na pré-antese que foram mantidas isoladas de forma a se detectar a presença de agamospermia na espécie.

Após 15 dias dos experimentos, os frutos gerados dos diversos testes de polinização foram analisados e o número de sementes contado. As sementes foram cortadas ao meio e levadas ao microscópio estereoscópico (aumento de 16 X), para se observar a presença ou não do embrião. Diferenças na produção de sementes viáveis foram avaliadas utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis (Siegel & Castellan Junior 1988), ao nível de 5% de significância.

O levantamento sistemático dos visitantes florais foi realizado durante quatro dias, totalizando 25 coletas. Foi utilizada uma metodologia similar à descrita por Sakagami *et al.* (1967) para estudos biocenóticos, que prevê deslocamentos contínuos em torno das plantas em flor (N = 23) dentro da área de estudo, escolhidas ao acaso, com a coleta de todos os visitantes florais destas. As coletas foram de 30 minutos, entre 6:00 e 17:00 h, ou seja, da antese até a senescência floral, com intervalos regulares de duas horas, com o auxílio de rede entomológica. Nas descrições dos ordens e famílias dos insetos coletados, seguiu-se Borror & Delong (1969) e para os Apoidea utilizou-se Silveira *et al.* (2002). Os espécimes coletados foram depositados na Coleção Entomológica do Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina – CCA/UFSC. Para determinar se os grãos de pólen aderidos ao corpo dos visitantes florais pertenciam à espécie *Momordica charantia*, amostras dos mesmos foram coletadas e comparadas em sua morfologia externa, com os grãos de

pólen coletados diretamente de anteras de botões florais. Para as comparações dos grãos de pólen utilizou-se um microscópio de luz (aumento de 100 X).

O comportamento dos visitantes florais foi descrito através de observações diretas quando da visitação destes às flores de *Momordica charantia*, durante as duas horas de intervalos entre as coletas, ou seja, aproximadamente seis horas de observações diárias.

Resultados

Momordica charantia é uma espécie monóica. A flor masculina apresenta as pétalas fundidas na base do receptáculo, onde se acumula o néctar produzido, e cinco estames unidos pelas anteras e parte superior dos filetes. A flor feminina é epígina, longo-peciolada e não produz néctar. Ambas as flores são de coloração amarelo-clara e possuem guias de néctar, destacados pelo tom de amarelo mais intenso. Na flor masculina, os guias são mais visíveis nos bordos radiais e no interior do hipanto, e na flor feminina mais visíveis nas nervuras das pétalas e nos estigmas. Ambas as flores exalam um odor suave e adocicado que tende a aumentar durante a manipulação.

O período de floração dura em torno de 100 dias, com várias flores abertas ao longo de todo esse período. No início da floração a espécie apresenta dicogamia do tipo protandria, pois a antese das flores masculinas ocorre antes da antese das femininas. No pico de floração (outubro/2002), as plantas (N = 11), apresentaram uma proporção média de 25 ± 2 flores masculinas para $5,18 \pm 1,99$ flores femininas. A abertura das flores masculinas e femininas ocorreu às 5:30 e às 6:00 h, respectivamente. A longevidade média das flores masculinas foi de 10 horas e a das femininas, de 12 horas. O estigma permaneceu receptivo desde a antese até às 17 horas. A deiscência das anteras iniciou na antese, sendo total entre 9:30 e 11:30 h.

O número médio de grãos de pólen estimado por flor masculina foi de $14.604,16 \pm 2.355,08$ (N = 5) e o número médio de óvulos por flor feminina foi de $14,33 \pm 5,24$ (N = 9). A razão pólen/óvulo entre uma flor masculina e uma flor feminina foi de 1×10^3 : 1.

Os dados de produção do néctar nas flores masculinas de *Momordica charantia* são apresentados na tabela 1, onde é possível evidenciar que a média da produção potencial de néctar, durante o período da manhã e da tarde não apresentou diferença significativa ($t = -1,18$; $P > 0,05$). Os valores médios de concentração de açúcares, porém, foram significativamente diferentes ($t = 5,55$; $P < 0,05$). O valor médio de concentração do néctar, no período da manhã, esteve em torno de 25,4%,

Tabela 1. Volume (μL) e concentração ($^{\circ}\text{Brix}$) de néctar potencial e néctar instantaneamente disponível, obtidos em diferentes horários, nas flores de 23 indivíduos de *Momordica charantia*. Valores seguidos por letras iguais, nas mesmas colunas, não diferem significativamente entre si (t-Student e Tukey, $\alpha = 0,05$).

Table 1. Volume (μL) and concentration ($^{\circ}\text{Brix}$) of nectar potential and nectar standing crop, at different times of the day, in flowers of 23 individuals of *Momordica charantia*. Values followed by equal letters, in the same columns, do not differ significantly to each other (t-Student and Tukey, $\alpha = 0,05$).

Horário	Néctar potencial		Néctar instantaneamente disponível	
	Volume	Concentração	Volume	Concentração
07:00	0,66 a \pm 0,13	25,4 a \pm 4,53		
08:30			0,08 b \pm 0,12	9,68 a \pm 13,58
12:30			0,24 a \pm 0,25	14,10 a \pm 12,06
13:00	0,72 a \pm 0,19	19,74 b \pm 2,34		
15:00			0,11 a \pm 0,21	5,00 a \pm 10,17

o que é superior à concentração do período vespertino. Já o néctar instantaneamente disponível apresentou diferença significativa ($t = -1,80$; $P < 0,05$) para as médias do volume, sendo maior no período da manhã. Esse néctar, porém, não apresentou diferença na concentração de açúcares ($t = -2,28$; $P > 0,05$) (tabela 1). Como mencionado, as flores femininas não produziram néctar.

Para o sistema reprodutivo não foi detectada diferença estatística entre os testes de polinização natural com flores não ensacadas, bem como de autopolinização e polinização cruzada ($H = 3,08$; $P > 0,05$). O número de sementes presentes nos frutos dos diferentes tratamentos, não apresentou diferença ($H = 1,13$; $P > 0,05$) (tabela 2). A relação sementes/óvulos foi da ordem de 80%.

Todos os visitantes florais coletados e observados pertencem à Classe Insecta. Em 12,5 horas de coleta, ao longo de quatro dias, foram capturados 123 espécimes; 45% pertencentes à Ordem Coleoptera, 21% à Diptera, 16% à Lepidoptera, 10% à Hymenoptera e 8% à Hemiptera.

Foram coletados 90 exemplares de visitantes no período da manhã, 96% dos quais nas flores masculinas e 4% nas flores femininas. À tarde foram coletados 23 visitantes, 76% nas flores masculinas e 24% nas flores femininas. A maior visitação ocorreu às 7:00, às 8:30 e às 10:30 h.

Das espécies visitantes, apenas as abelhas *Augochlora* sp. da família Halictidae, subfamília Augochlorinae e *Bombus* (*Fervidobombus*) *morio* Swederus pertencente à superfamília Apoidea, família Apidae, todos os lepidópteros das famílias Pieridae e Hesperiiidae, *Diabrotica speciosa* Germar da ordem

Coleoptera, família Chrysomelidae e outro crisomelídeo, visitaram as flores dos dois sexos. Esses visitantes possuíam grãos de pólen de *Momordica charantia* aderidos em alguma parte do corpo e quando visitaram flores femininas, tocaram as estruturas reprodutivas. Todos buscaram néctar nas flores masculinas, com exceção de *D. speciosa*, o outro crisomelídeo, *Augochlora* sp. e *B. morio*, que além deste recurso, ainda coletaram grãos de pólen.

Apesar, dos dados relativos às coletas demonstrarem que as visitas dos insetos às flores não foram abundantes, pode-se constatar durante as visitas sistemáticas que, muitos destes insetos estiveram

Tabela 2. Testes de polinização ($N = 30$ flores por teste), número de frutos formados, taxas de frutificação (%), média do número de sementes e respectivo desvio padrão (\pm), em indivíduos ($N = 6$) de *Momordica charantia*. Valores seguidos por letras iguais, nas mesmas colunas, não diferem significativamente entre si (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Table 2. Pollination tests ($N = 30$ flowers for each test), fruits developed, fruit set (%), average number of seeds and respective standard deviation (\pm), in individuals ($N = 6$) of *Momordica charantia*. Values followed by equal letters, in the same columns, do not differ significantly to each other (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Testes realizados	Frutos	Taxa de frutificação	Médias de sementes
Natural	13 a	44%	12,5 \pm 5,5; $N = 12$ a
Autopolinização manual	16 a	54%	10,6 \pm 4,7; $N = 15$ a
Cruzada manual	19 a	64%	10,5 \pm 3,2; $N = 19$ a

presentes sobre as flores do melão-de-são-caetano ao longo de todo o dia, contribuindo, dessa forma, para a fertilização das mesmas. Por exemplo, os lepidópteros (Pieridae e Hesperidae) apresentaram comportamento semelhante em ambas as flores e, proporcionalmente, foram os visitantes mais frequentes das flores femininas (Pieridae 58% e Hesperidae 22%), embora suas visitas às flores masculinas tenham sido mais longas. Nas flores masculinas, ao introduzir a probóscide no tubo da corola para sugar o néctar, estes visitantes chegaram a introduzir também a cabeça na entrada da corola, por algumas vezes, a parte ventral do tórax e do abdômen. Já nas flores femininas, procuraram introduzir a probóscide no tubo da corola que, entretanto, não produzia néctar. Durante esse processo, caminhavam sobre as flores, tocando, o estigma. Diferentemente de Hesperidae, os Pieridae, quando na visitas às flores de ambos os sexos, permaneceram com suas asas abertas, contactando, assim, as estruturas reprodutivas das flores com as asas.

Diabrotica speciosa foi a espécie mais abundante (40%), sendo representada na amostragem por 51 exemplares, a maioria dos quais, com grãos de pólen aderidos à superfície ventral do corpo (tórax e abdômen) e da cabeça. Esta espécie utilizou pólen e néctar como recursos tróficos. Permaneceu por longos períodos nas flores masculinas, após alimentar-se. Apesar de abundantes e frequentes, foram coletados apenas dois exemplares sobre flores femininas. Contudo, vários foram avistados sobre as pétalas e estigma das flores femininas, em visitas rápidas, durante as observações em campo.

Discussão

As plantas que não produzem néctar em flores femininas, como *Momordica charantia*, provavelmente garantem o sucesso da fertilização através de semelhanças, como forma, cor, odor ou guias de néctar com a flor produtora de recursos, conforme descrito por Knudsen *et al.* (1999) para *Geonoma macrostachys* Mart., tratando-se possivelmente de engodo. As flores femininas de *Momordica charantia* apresentam semelhanças em relação às flores masculinas, na forma, cor e na presença de guias de néctar, de modo que a ausência de néctar nas flores femininas não parece constituir um obstáculo à polinização. Fato semelhante, também foi descrito por Rust *et al.* (2003) para o pepino *Ecballium elaterium* (L.) A. Rich., tendo sido constatada apenas uma redução na frequência de visitas às flores femininas.

A similaridade morfológica entre as flores garante a visita dos agentes polinizadores e o conseqüente sucesso reprodutivo de *Momordica charantia*, o que foi confirmado através dos resultados positivos dos testes de polinização aberta e polinização cruzada manual. Segundo Jones & Buchmann (1974), os guias de néctar serviriam como orientação para a visita dos polinizadores, garantindo maior eficiência no número médio de visitas e na coleta de alimentos. Somado a isso, *Momordica charantia* apresenta pequena variação temporal entre a abertura e a abscisão das flores femininas e masculinas, o que favorece a visita de ambas as flores, simultaneamente. Além disso, as flores femininas mantêm-se funcionais por um longo período do dia, e com a floração que se inicia posteriormente às flores masculinas, as femininas seriam favorecidas pelo condicionamento dos visitantes, assegurando o sucesso reprodutivo (Piratelli *et al.* 1998).

Semelhantemente ao observado no presente trabalho, Baker (1976) estudando *Carica papaya* (Caricaceae) propôs um modelo de polinização em que apenas as flores masculinas oferecem recursos (néctar e pólen) e as femininas são visitadas por engodo ("mistake pollination"). Piratelli *et al.* (1998) estudando *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A. DC. (Caricaceae) e Carmo & Franceschinelli (2002) estudando *Clusia pusilla* Steierm. (Clusiaceae), apoiaram essa hipótese, concluindo que esse tipo de polinização pode ser um fenômeno muito difundido, particularmente onde atuam visitantes com baixa capacidade de discriminação das flores.

Momordica charantia caracterizou-se pela presença de néctar nas flores masculinas ao longo de todo o dia. Além disso, embora a média da concentração do néctar potencial obtida pela manhã tenha sido maior que a da tarde, a concentração do néctar instantaneamente disponível não apresentou diferença entre os mesmos períodos. Como o volume não variou significativamente nesses períodos, é bastante improvável que tenha ocorrido diluição. Talvez o decréscimo da concentração do néctar esteja associado à degradação ou reabsorção de algum de seus componentes, fato que não foi analisado no presente estudo. Lanza *et al.* (1995) discutem a complexidade de se obter dados precisos de volume e concentração de açúcares em amostragens de néctar. A verificação de maior número de anteras deiscidas e conseqüente disponibilidade dos grãos de pólen e do menor volume de néctar instantaneamente disponível ("nectar standing crop") associados à ocorrência de mais visitas de insetos às flores pela manhã, indicam uma interação complexa

entre o ritmo da planta e o de seus visitantes. Tal fato estaria garantindo o sucesso reprodutivo de *Momordica charantia* e possivelmente auxiliando na manutenção das populações de visitantes florais. Rust *et al.* (2003) associaram as diferenças encontradas no volume e concentração do néctar nas flores masculinas de *Ecballium elaterium* ao tamanho do corpo dos visitantes. Para estes autores, o menor volume de néctar encontrado durante à tarde evidencia a preferência das abelhas de tamanho grande por néctar com maior concentração de açúcares, enquanto abelhas pequenas visitariam as flores ao longo de todo o dia, não demonstrando preferência por néctares mais concentrados.

Os resultados positivos e a ausência de diferença estatística para os tratamentos de polinização natural, autopolinização manual e cruzada manual em flores femininas de *Momordica charantia* demonstram que a espécie beneficia-se da polinização cruzada (xenogamia) e também da autocompatibilidade. Por outro lado, a protandria constatada no início da floração, também registrada em outras espécies de Cucurbitaceae, como nos gêneros *Cucurbita* e *Cucumis* (Nitsch *et al.* 1952) poderia estar dificultando, mas não impedindo a ocorrência da autopolinização. De qualquer maneira, a espécie necessita de agentes bióticos para o transporte do pólen, fato constatado pela ausência de frutificação no teste de anemofilia. Cardoso (2003) constatou para a abobrinha (*Cucurbita moschata*) a ausência de diferença entre os testes de polinização manual e natural, mostrando que a manual foi tão efetiva quanto a natural. Da mesma forma, Amaral (1979) corroborou a xenogamia como sistema preferencial em cucurbitáceas.

A razão pólen/óvulo está diretamente relacionada à oferta de recursos tróficos florais, ao modo de polinização e ao sistema reprodutivo dos vegetais (Bertin 1989). Seguindo a classificação proposta por Cruden (1977) para a razão pólen/óvulo, determinou-se que *Momordica charantia* é uma espécie xenogâmica facultativa, ou seja, se beneficia da autopolinização e da polinização cruzada. Isso está de acordo com os resultados obtidos nos tratamentos de polinização. *Momordica charantia* apresenta ovário com numerosos óvulos o que mostra que a eficiência da polinização está estritamente relacionada com o tamanho da carga de grãos de pólen que vai ser depositada sobre os seus estigmas. Dessa maneira, espécies com numerosos óvulos, como *Momordica charantia*, requerem agentes polinizadores que possuam a capacidade de transportar grande quantidade de grãos

de pólen. Em se tratando de cucurbitáceas, o tamanho e a qualidade da carga de grãos de pólen é fundamental na formação e desenvolvimento de frutos e sementes (Winsor *et al.* 2000, Montes-Hernandez & Eguiarte 2002, Cardoso 2003). De acordo com Ramírez (1995), as espécies que apresentam ovários com numerosos óvulos são preferencialmente, polinizadas pelo vento, abelhas, moscas, besouros, pássaros e morcegos, sendo que, quando na presença do vento, de coleópteros e lepidópteros as taxas de abortamento apresentam-se inferiores às demais síndromes de floração.

Momordica charantia apresentou taxas de frutificação efetiva relativamente altas, resultantes dos testes de polinização manual cruzada, autopolinização manual e natural (64%, 54% e 44%), respectivamente. Assim, a ausência de diferença significativa na produção de sementes entre os tratamentos, sugere não haver uma preponderância da polinização cruzada em relação à autopolinização, nem limitação de frutificação por falta de polinização natural. Da mesma forma, Cardoso (2003) encontrou estatisticamente, para a abobrinha (*Cucurbita moschata*) a mesma quantidade de sementes/fruto nas polinizações natural (n = 241) e manual (n = 235). Stephenson (1981) revisou a taxa de frutificação efetiva em 59 espécies vegetais de várias famílias, mostrando que apenas algumas delas, possuíam frutificação acima de 40%. Duas outras espécies de cucurbitáceas apresentaram taxas de frutificação inferiores à encontrada para *Momordica charantia*: *Cucumis melo* apresentou taxa de frutificação que variou de 8,4% a 33% e *Cucurbita maxima*, taxa de frutificação efetiva de 19% (Stephenson 1981).

A autocompatibilidade poderia ser uma vantagem para a espécie, pois seriam produzidas sementes, mesmo na ausência de outras plantas da espécie no local, o que permitiria a manutenção e a viabilidade da população. De acordo com Costich & Meagher (1992), Kittelson & Maron 2000 e Coelho & Barbosa (2003), a autocompatibilidade é uma estratégia vantajosa na ocupação de novos ambientes, pois aumenta as populações, mantendo a fecundidade, permitindo assim, ampla distribuição geográfica e a ocupação de habitats onde os polinizadores são escassos.

Quando considerados os resultados obtidos nos diversos tratamentos para o número de sementes, estes demonstraram uma alta relação sementes/óvulo (80%), estando acima da taxa média esperada para espécies perenes, que é de 50%, segundo os padrões propostos por Weins (1984). Considerando que *Momordica charantia* se reproduz exclusivamente por sementes

(Leitão Filho *et al.* 1972), a elevada produção de sementes é um fator relevante, para a propagação e manutenção de suas populações.

Apesar das visitas às flores femininas serem pouco representativas, 9% do total amostrado, elas resultaram em uma frutificação semelhante à obtida através da polinização manual cruzada, indicando que a transferência de grãos de pólen é eficientemente realizada por esses poucos visitantes. Corroborando essa afirmação, através das observações em campo observou-se uma constante visitação dos insetos às flores femininas, ao longo de todo o período de duração destas, sendo a maior concentração próximo às 16:00 h. Nesse horário, as flores masculinas começam a cair e conseqüentemente a oferta de recompensas cessa. Essa proporção deve ter sido influenciada também, pelo maior número de flores masculinas abertas ao dia (cinco vezes mais) nas plantas, o que possibilitaria coleta mais freqüente de pólen pelos visitantes dessas flores, em detrimento daqueles visitantes de flores femininas menos abundantes. Outra explicação para tal fato, poderia ser embasada novamente na hipótese de que a abertura das flores femininas, que se inicia posteriormente das flores masculinas, seria favorecida pelo condicionamento dos visitantes, assegurando o sucesso reprodutivo da espécie (Piratelli *et al.* 1998). Em cucurbitáceas, é comum flores masculinas serem mais numerosas, principalmente no início da floração, porém essa proporção pode ser alterada por mudanças climáticas, ou redução do fotoperíodo que tendem a aumentar o número de flores femininas (Nitsch *et al.* 1952, Rust *et al.* 2003). Marchini *et al.* 2001 já haviam percebido um padrão descontínuo de florescimento em *Momordica charantia*, o que corrobora os resultados aqui apresentados.

Diabrotica speciosa foi considerado um potencial polinizador de *Momordica charantia* neste estudo, apesar de que outros autores o consideram uma praga desta espécie (Gallo *et al.* 2002), bem como de outras cucurbitáceas (Baldin & Lara 2001). Esse crisomelídeo sempre pareceu procurar pólen e néctar para alimentar-se, mas também poderia estar buscando outros recursos, como tecidos vegetais. Dessa forma, a polinização estaria ocorrendo acidentalmente, pois este comportamento implicaria em visitas às flores dos dois sexos indistintamente. Contudo, a constatação da maior freqüência de *D. speciosa* nas flores masculinas em comparação com as femininas, parece indicar uma preferência alimentar destes insetos por grãos de pólen e néctar, existentes apenas nessas flores, do que por outros tecidos florais, presentes provavelmente, em ambos os sexos florais.

Em espécies cantarófilas, o comportamento dos polinizadores e a especialização floral podem favorecer a eficiência reprodutiva de diversas plantas (Faegri & van der Pijl 1979, Crepet 1983, Ramirez 1995). Nesse sentido, as longas visitas às flores masculinas, intercaladas pelas rápidas visitas às flores femininas, podem estar relacionadas com a morfologia e ritmo floral de *Momordica charantia*.

Apesar de menos abundantes, os lepidópteros (Hesperiidae e Pieridae) observados e coletados, foram considerados importantes polinizadores, pois freqüentemente foram avistados visitando ambas as flores do melão-de-são-caetano, tendo sido seu comportamento semelhante nos dois sexos. As rápidas visitas desses insetos às flores femininas, quando comparadas à das flores masculinas, podem estar associadas à percepção da ausência do recurso trófico procurado, neste caso, o néctar. As borboletas podem ser condicionadas a discriminar cores e formas associadas a recursos como o néctar (Piratelli *et al.* 1998). Além disso, segundo estes mesmos autores, esses insetos são capazes de retornar à fonte de recursos com alto grau de regularidade e contribuir, assim, com a fertilização de muitas flores.

Observou-se que abelhas das espécies *Apis mellifera*, *Augochlora* sp. e *Bombus morio* foram polinizadores eventuais, apesar de terem sido capturados poucos indivíduos. Os Apoidea são tidos como polinizadores eficazes de diversas populações naturais de cucurbitáceas (Costich & Meagher 1992, Winsor *et al.* 2000, Marchini *et al.* 2001, Rust *et al.* 2003), bem como de espécies cultivadas desta família (Amaral 1979, Montez-Hernandes & Eguiarte 2002, Cardoso 2003). O presente estudo foi realizado em uma área antropizada, com sua composição florística profundamente descaracterizada. A alteração antrópica afeta diretamente as populações animais e vegetais, contribuindo para a perda da diversidade local e o declínio de polinizadores (Carmo & Franceschinelli 2002, Laroca & Orth 2002, Lenzi *et al.* 2003). Assim, a importância relativa dos visitantes florais e polinizadores de *Momordica charantia* pode ser diferente em áreas melhor conservadas.

Referências bibliográficas

- AMARAL, E. 1979. Insetos úteis. Livroceres, Piracicaba.
 BAKER, H.G. 1976. "Mistake" pollination as a reproductive system with special reference to the Caricaceae. *In* Tropical trees: variation, breeding and conservation (J. Burley & B.T. Styles, eds.) Academic Press, London, p.161-169.

- BALDIN, E.L.L. & LARA, F.M. 2001. Atratividade e consumo foliar por adultos de *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes genótipos de abóbora. *Neotropical Entomology* 30:675-679.
- BERTIN, I.R. 1989. Pollination biology. In *Plant-animal interactions* (G.A. Warren, ed.). McGraw-Hill, New York, p.23-83.
- BORROR, D.J. & DELONG, D.M. 1969. Estudo dos insetos. USAID, Rio de Janeiro.
- CARDOSO, A.I.I. 2003. Seed yield and quality in response to pollen load of squash cv. Piramoita. *Bragantia* 62:47-52.
- CARMO, R.M. & FRANCESCHINELLI, E.V. 2002. Polinização e biologia floral de *Clusia arrudae* Planchon & Triana (Clusiaceae) na Serra da Calçada, município de Brumadinho, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25:351-360.
- COELHO, C.P. & BARBOSA, A.A.A. 2003. Biologia reprodutiva de *Palicourea macrobotrys* Ruiz & Pavon (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. *Revista Brasileira de Botânica* 26:403-413.
- COSTICH, D.E. & MEAGHER, T.R. 1992. Genetic variation in *Ecballium elaterium* (Cucurbitaceae): breeding system and geographic distribution. *Journal of Evolutionary Biology* 5:589-601.
- CREPET, W.L. 1983. The role of pollination in the evolution of the angiosperms. In *Pollination biology* (L. Real, ed.). Academic Press, Orlando, p.29-50.
- CRUDEN, R.W. 1977. Pollen-ovule ratio: a conservative indicator of breeding system in flowering plants. *Evolution* 31:32-36.
- DAFNI, A. 1992. *Pollination ecology – a practical approach*. Oxford University Press, Oxford.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, New York.
- GALEN, C. & PLOWRIGHT, R.C. 1987. Testing the accuracy of using peroxidase activity to indicate stigma receptive. *Canadian Journal of Botany* 65:11-107.
- GALLO, D., NAKANO, O., NETO, S., CARVALHO, R.P.L., BAPTISTA, G.C., FILHO, E.B., PARRA, J.R.P., ZUCCHI, R.J.P., ALVES, S.B., VENDRAMIM, J.D., MARCHINI, L.C., LOPES, J.R.S. & OMOTO, C. 2002. *Entomologia Agrícola*. Fealq, Piracicaba.
- JOLY, A.B. 1998. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. Companhia Editora Nacional, São Paulo.
- JONES, C.E. & BUCHMANN, S.L. 1974. Ultraviolet floral patterns as functional orientation cues in hymenopterous pollination systems. *Animal Behaviour* 22:481-485.
- KEARNS, C.A. & INOUE, D.W. 1993. *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot.
- KITTELSON, P.M. & MARON, J.L. 2000. Outcrossing rate and inbreeding depression in the perennial yellow bush lupine, *Lupinus arboreus* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 87:652-660.
- KNUDSEN, J.T., ANDERSON, S. & BERGMAN, P. 1999. Floral scent attraction in *Geonoma macrostachys*, an understory palm of the Amazonian rain forest. *Oikos* 85:409-418.
- LANZA, J.S., SMITH G.C. & SACK, S. 1995. Variation in nectar volume and composition of *Impatiens capensis* at the individual, plant, and population levels. *Oecologia* 102:113-119.
- LAROCA, S. & ORTH, A.I. 2002. Melissocoenology: historical perspective, method of sampling, and recommendations to the “Program of conservation and sustainable use of pollinator, with emphasis on bees”. In *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature* (P. Kevan & V.L. Imperatriz-Fonseca, eds.). Ministry of Environment, Brasília, p.217-225.
- LEITÃO FILHO, H.F. 1972. Plantas invasoras de culturas no Estado de São Paulo. Hucitec, São Paulo.
- LENZI, M. & ORTH, A.I. 2004. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 17:67-89.
- LENZI, M., ORTH, A.I. & LAROCA, S. 2003. Associação das abelhas silvestres (Hym., Apoidea) visitantes das flores de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), na Ilha de Santa Catarina (sul do Brasil). *Acta Biológica Paranaense* 32:107-127.
- MARCHINI, L.C., MORETI, A.C.C.C., TEIXEIRA, E.W., SILVA, E.C.A., RODRIGUES, R.R. & SOUZA, V.C. 2001. Plantas visitadas por abelhas africanizadas em duas localidades do estado de São Paulo. *Scientia Agrícola* 58:413-420.
- MONTES-HERNANDEZ, S. & EGUIARTE, L.E. 2002. Genetic structure and indirect estimates of gene flow in three taxa of *Cucurbita* (Cucurbitaceae) in western Mexico. *American Journal of Botany* 89:1156-1163.
- NITSCH, J.P., KURTZ JUNIOR, E.B., LIVERMAN, J.L. & WENT, F.W. 1952. The development of sex expression in cucurbit flowers. *American Journal of Botany* 39:32-43.
- PIRATELLI, A.J., PIÑA-RODRIGUES, F.C.M., GANDARA, F.B., SANTOS, E.M.G. & COSTA, L.G.S. 1998. Biologia da polinização de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A.DC. (Caricaceae) em mata residual do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Biologia* 58:671-769.
- RAMÍREZ, N. 1995. Producción y costo de frutos y semillas entre modos de polinización en 232 especies de plantas tropicales. *Revista de Biología Tropical* 43:151-159.
- RUST, R.W., VAISSIÈRE, B.E. & WESTRICH, P. 2003. Pollinator biodiversity and floral resource use in *Ecballium elaterium* (Cucurbitaceae), a Mediterranean endemic. *Apidologie* 34:29-42.
- SAKAGAMI, S.F., LAROCA, S. & MOURE, J.S. 1967. Wild bee biocenotics in São José dos Pinhais (PR) South Brazil. *Journal of the Faculty of Science, Series VI - Zoology* 16:253-291.

- SIEGEL, S. & CASTELLAN JUNIOR, N.J. 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Cataloging in Publication Data, New York.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA, A.B. 2002. Abelhas brasileiras. Sistemática e identificação. IDM, Belo Horizonte.
- SOKAL, R.R & ROHLF, F.J. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman, New York.
- STEPHENSON, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12:253-279.
- WEINS, D. 1984. Ovule survivorship, brood size, life history, breeding systems, and reproductive success in plants. *Oecologia* 64:47-53.
- WINSOR, J.A, PERETZ, S. & STEPHESON, A.G. 2000. Pollen competition in a natural population of *Cucurbita foetidissima* (Cucurbitaceae). *American Journal of Botany* 87:527-532.