Kátia Sampaio Malagodi-Braga

Estudo de agentes polinizadores em cultura de
morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne –
Rosaceae)

São Paulo

2002

Kátia Sampaio Malagodi-Braga

Estudo de agentes polinizadores em cultura de
morango (*Fragaria x ananassa* Duch. –
Rosaceae)

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São
Paulo, para a obtenção de Título de
Doutor em Ciências, na Área de
Ecologia.

Orientador(a): Astrid de Matos
Peixoto Kleinert

São Paulo

2002

Malagodi-Braga, Kátia Sampaio
Estudo de agentes polinizadores em
cultura de morango (*Fragaria x ananassa*
Duchesne – Rosaceae).
104 páginas

Tese (Doutorado) - Instituto de
Biociências da Universidade de São Paulo.
Departamento de Ecologia.

1. Polinização 2. Morango 3. *Fragaria x*
ananassa I. Universidade de São Paulo.
Instituto de Biociências. Departamento de
Ecologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dra.

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Orientador(a)

Dedico este trabalho

ao meu marido, Carlos José Guido Braga, pelo apoio e pela paciência imensuráveis,

aos meus filhos, Lucas e Thaís, e aos meu pais, Eurico Alonço Malagodi e Judith Sampaio Malagodi.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Astrid de Matos Peixoto Kleinert, pela orientação e pelo grande incentivo dado a este projeto desde o seu nascimento.

À Profa. Dra. Vera Lúcia Imperatriz Fonseca, por me acolher em seu laboratório, abrindo as portas para que este projeto pudesse, um dia, ser concebido e concretizado.

Ao Prof. Dr. Paulo Nogueira Neto, por partilhar seus conhecimentos sobre as abelhas indígenas sem ferrão, incentivando sempre a sua conservação e o seu uso sustentado.

Aos produtores de morango, que possibilitaram a realização das diversas etapas desta pesquisa em campos de produção comercial: Sr. Isaías Juliato, Sr. Daniel Juliato e Sr. Anderson Juliato, proprietários do Sítio São Francisco no bairro Morro das Pedras em Valinhos (SP); Sr. Márcio Ferreira Barbosa, produtor orgânico de morango em Jarinu (SP); e, em especial, aos senhores José Benedito Maziero, Oswaldo José Maziero e Rodrigo Maziero pelos 5 anos de estudo realizado em suas áreas de cultivo, no bairro Campo do Aleixos em Atibaia (SP).

À Sra. Angelita Maziero, técnica agrícola, pelas sugestões e auxílio prestado durante o estudo da biologia floral e a realização dos experimentos de polinização.

Aos engenheiros agrônomos Dr. Francisco Antônio Passos e Dra. Regina Célia de M. Pires do Instituto Agrônomo de Campinas, aos professores Dra. Silvana Buzato, Dra. Marico Meguro e Dr. Pérsio de S. Santos, do Instituto de Biociências - USP, e a professora Dra. Isabel Alves dos Santos, da Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina, por suas valiosas sugestões e esclarecimentos.

À Profa. Dra. Francisca Carolina do Val e ao Dr. Ronaldo Toma, do Museu de Zoologia da USP, e à Dra. Luciane Marinoni, da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio na identificação dos exemplares de *Dipetra*.

Ao Prof. Dr. João Maria de F. Camargo, da F.F.C.L. da USP, ao Prof. Dr. Gabriel Melo, da Universidade Federal do Paraná, e aos Doutores Alexandre P. Aguiar e Beatriz W. T. Coelho, do Museu de Zoologia da USP, pela identificação dos exemplares de Hymenoptera.

Aos amigos do Laboratório de Abelhas pelo apoio e espírito de companheirismo, em especial, à Dra. Márcia Ribeiro e ao doutorando Sérgio D. Hilário pelos ensinamentos e pelo auxílio na revisão do texto. Também à Dra. Marilda Cortopassi Laurino, ao Dr. Dick Koedam e a doutoranda Adriana Fidalgo por suas valiosas sugestões.

Aos estagiários Ana Paula Muriel, André A. dos Santos e Fernanda de O. Neves pelo precioso auxílio prestado na realização do trabalho de campo.

Aos engenheiros agrônomos Dr. Afonso Pêche Filho (C.M.A.A – IAC), Dr. José Augusto Maiorano (CATI - Campinas) e ao Dr. Aurélio C. de Abreu e, ao advogado do Sindicato Rural de Jundiá, Dr. Wilson Bonança, pelos contatos com os produtores rurais e pelo incentivo a este projeto.

Ao senhor Cláudio Monteiro dos Santos, pelo apoio na realização do trabalho de campo, ao Sr. Jaime Soranz, pela doação de um ninho de irapuá (*Trigona spinipes*), e aos proprietários da APLAF Comércio e Indústria Ltda de Itatiba (SP), pelo material fornecido para o ensacamento das flores utilizadas nos experimentos de polinização.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa de doutorado concedida (processo nº97/13045-8) e pelas críticas e sugestões do assessor anônimo.

ÍNDICE

Capítulo 1. Introdução Geral.....	01
Capítulo 2. Diversidade, abundância e padrões de forrageamento de abelhas em campos de produção comercial de morango (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	07
Capítulo 3. A contribuição de diversos agentes de polinização na produção de diferentes cultivares de morango (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	33
Capítulo 4. Adaptação e manejo de meliponíneos (Apidae, Meliponini) em estufas para a polinização do morangueiro (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	63
Capítulo 5. A produção de morangos sob efeito da polinização por jataí (<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille – Apinae, Meliponini).....	82
Conclusões	99
Resumo	101
Summary	103

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do morangueiro é relativamente recente. Após o século XIV, várias espécies de *Fragaria* foram retiradas de seu estado selvagem e cultivadas em jardins europeus, com finalidade ornamental e medicinal. A hibridação natural ocorrida na Europa, no século XVIII, entre *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana*, ambas oriundas do continente americano, modificou a situação da cultura (Passos, 1999). A progênie do híbrido resultante desse cruzamento, de ampla variabilidade genética, é até hoje o sustentáculo dos programas de melhoramento da cultura (Passos, 1999). Ao nível mundial, o morango é a fruta cultivada de distribuição mais ampla, devido a essa sua diversidade genotípica e à sua grande capacidade de adaptação ambiental (Larson, 1994).

O morangueiro é uma planta pertencente à família Rosaceae, gênero *Fragaria*, e a classificação botânica aceita atualmente para os cultivares comerciais é *Fragaria x ananassa* Duchesne (Hancock, 1990). É uma planta herbácea, de porte baixo e, embora perene, com cultivo anual, devido à queda na produtividade e na qualidade dos frutos em certos períodos do ano (Pires, 1998).

Em 1998, segundo dados da FAO (Roudeillac, 1999), a produção mundial de morangos foi estimada em 2.500.000 toneladas, sendo 36% desta produção originária da Europa, 31% da América do Norte, 17% da Ásia, 8% da América do Sul e 8% de outros continentes. Nestes continentes, respectivamente, destacaram-se a Espanha, com 270.000 toneladas, os Estados Unidos da América, com 740.000, o Japão com 210.000, o México, com 85.000 e a Rússia, com 120.000 (Roudeillac, 1999).

No Brasil, a cultura do morango se desenvolve a céu aberto, em quase a totalidade da área plantada, enquanto nos países do hemisfério Norte, como nos EUA e na Espanha, utiliza-se o cultivo protegido (Goto, 1999).

Em 1998, a produção brasileira de morangos foi estimada pela FAO (Roudeillac, 1999) em 37.000 toneladas sendo o Estado de São Paulo, desde o início da década de sessenta, um dos líderes na produção de morangos no país (Passos, 1999). Nesse Estado, a produção se destina, principalmente, ao mercado *in natura* e, embora a área de cultivo seja bastante restrita em seu território, ela representa, geralmente, a principal atividade agrícola nos municípios onde se desenvolve (Cruz, 1999). O município de Atibaia foi o maior produtor de morangos do Estado em 1999 e os cultivares ‘Oso Grande’, ‘Sweet Charlie’ e ‘Tudla’ foram considerados os mais promissores da lavoura paulista, devido ao sabor e a coloração de seus frutos e à sua elevada produtividade (Cruz, 1999).

As flores de todos os cultivares comerciais do morangueiro são bissexuais e autoférteis (Crane e Walker, 1984) e os morangos (a polpa) resultam do desenvolvimento do receptáculo floral que acumula açúcares e vitaminas, e amadurece como um fruto verdadeiro (Nitsch, 1950). Os frutos verdadeiros, os minúsculos caroços pretos, ficam dispostos ao redor da polpa e são denominados aquênios (Nitsch, *op.cit.*).

Em um experimento clássico, Nitsch (1950) verificou que são os aquênios que controlam o crescimento do receptáculo durante o seu desenvolvimento e que, na natureza, não há o crescimento do morango sem que o óvulo contido no aquênio tenha sido

fertilizado. Segundo ele, os aquênios são fontes ricas de auxina livre, um hormônio vegetal essencial para o crescimento do receptáculo, cuja concentração, ainda pequena logo após a polinização, cresce rapidamente até cerca de 12 dias e então decai para um nível constante. A remoção total dos aquênios pára completamente o crescimento da polpa do morango e a não fertilização ou remoção de alguns destes resulta em morangos com diferentes padrões de deformação. Flores completamente fertilizadas resultam em frutos bem formados, de bom tamanho e de maturação precoce, sendo o seu peso aproximadamente proporcional ao número de óvulos fecundados (Nitsch, 1950; Chagnon *et al.*, 1989).

Além disso, o morangueiro tem a particularidade de produzir flores com diferentes potenciais de frutificação de acordo com o número de pistilos que possui, o que depende, por sua vez, da sua posição na hierarquia floral (Shoemaker, 1955 apud Chagnon *et al.*, 1989). A primeira flor da inflorescência possui o maior número de pistilos e é denominada primária. Depois desta, aparecem 2 flores secundárias, 4 ternárias e 8 quaternárias. O número de pistilos vai diminuindo do rank superior para os inferiores, bem como o tamanho dos frutos resultantes dessas flores, pois o tamanho do fruto é proporcional ao número de pistilos (Crane e Walker, 1984).

Vários são os agentes que levam os grãos de pólen ao estigma receptivo, promovendo a polinização: inicialmente, o pólen é pegajoso e, quando as anteras se abrem, alguns grãos, por ação da gravidade (autopolinização espontânea), caem sobre o estigma da mesma flor (Jaycox, 1970); posteriormente, quando os grãos de pólen se tornam secos, o vento auxilia no processo de polinização (autopolinização pelo vento); contudo, o pólen não é transportado entre as flores como ocorre em plantas anemófilas (Jaycox, 1970; Goodman & Oldroyd, 1988; Zebrowska, 1998). Os insetos também são importantes agentes na polinização do morangueiro, pois além de balançarem e movimentarem as flores, promovendo a autopolinização (Connor & Martin, 1973; Nye & Anderson, 1974; Zebrowska, 1998), transportam o pólen entre flores de diferentes plantas, promovendo a polinização cruzada (Jaycox, 1970; Zebrowska, 1998).

Entretanto, embora as flores sejam bissexuais e autoférteis, os diversos cultivares apresentam variações em sua capacidade de autopolinização (Connor & Martin, 1973; Zebrowska, 1998). Essas variações, geralmente, estão relacionadas à morfologia e à fisiologia floral e determinam o grau de dependência destes cultivares à polinização por insetos (Bagnara & Vincent, 1988; Zebrowska, 1998). Segundo diversos autores (Nye & Anderson, 1974; Crane & Walker, 1984; Free, 1993), a ocorrência da polinização cruzada nas flores dos morangueiros pode ser favorecida pela diferença temporal existente na maturação dos estigmas e das anteras.

Connor & Martin (1973), avaliando a polinização de 11 cultivares de morango, concluíram que a autopolinização espontânea foi responsável por 53% dos aquênios fecundados, que a ação do vento elevou este valor para 67% e a polinização por insetos para 91%. Também verificaram que a contribuição dos insetos foi maior naqueles cultivares cujos estames apresentaram uma altura inferior à do receptáculo floral e foi menor naqueles com estames mais altos.

Conforme Pion *et al.* (1989, apud Chagnon *et al.*, 1993), a taxa de polinização dos aquênios raramente supera 60%, se não houver o transporte de pólen pelos insetos. Esses autores encontraram, na ausência da polinização por insetos, taxas de malformação de 46,5% e concluíram que a polinização entomófila tem, portanto, um papel essencial na redução desta taxa e, conseqüentemente, na produtividade da cultura do morango. Outros autores (Couston, 1991; Svensson, 1991; Zebrowska, 1998), em diversos cultivares de

morango, obtiveram um acréscimo da ordem de 35% na produção de frutos, em termos de peso fresco, quando os insetos não foram impedidos de polinizarem as suas flores.

Na presença de insetos polinizadores, os ganhos na produção podem ocorrer em todos ou em alguns dos seus componentes - número de frutos, peso fresco, formato, tamanho - em função das características de cada cultivar (Antonelli *et al.*, 1988). É interessante notar que um dos aspectos para o qual se voltam os programas de seleção de cultivares de morango é o tamanho dos frutos, uma vez que o formato uniforme e o tamanho grande são mais valorizados no mercado *in natura* e, principalmente, porque este tipo de morango, grande e bem formado, reduz os custos da colheita (Rosati, 1993). Na Itália, por exemplo, o aumento médio de 1g no peso fresco do fruto reduziu o custo da colheita de 1kg em 3,5% (Malagoli & Pirazzoli, 1986 *apud* Rosati, *op.cit.*).

Segundo Bagnara & Vincent (1988), alguns cultivares podem, porém, apresentar com certa persistência taxas baixas de fecundação nos frutos, mesmo na presença de uma população saturada de abelhas e de um suprimento variado e abundante de pólen, apontando para um outro problema, a existência de esterilidade nos pistilos.

Outro fator a ser considerado, quando se avalia a importância da polinização por insetos na produção de morangos, é a hierarquia floral. Como as flores primárias possuem o maior número de pistilos e isto se traduz em um maior número de óvulos a ser fecundado, estas flores podem apresentar uma dependência maior da polinização por insetos para serem completamente polinizadas (Chagnon *et al.*, 1989; Zebrowska, 1998). Por essa razão, o acréscimo na produção de frutos, promovido pela polinização por insetos, deve ser atribuído principalmente a polinização dessas flores (Zebrowska, 1998). Além disso, as flores primárias, de um modo geral, apresentam anteras com uma altura inferior à do receptáculo, o que contribui para uma redução na eficiência da autopolinização espontânea e da autopolinização pelo vento (Connor & Martin, 1973).

Zebrowska (1998) obteve uma ampla variação no efeito dos diversos agentes de polinização em relação ao peso fresco dos frutos, em cinco cultivares de morango, e verificou que as flores primárias foram as mais dependentes da polinização por insetos. Contudo, a contribuição dos insetos na polinização das flores primárias apresentou resultados extremos entre os cultivares estudados: no 'Redgauntlet' ela foi de apenas 1% enquanto, no 'Paula', ela foi superior a 60% (Zebrowska, *op.cit.*).

Freqüentemente, a polinização do morangueiro recebe pouca atenção, porque alguns cultivares produzem uma boa colheita, mesmo sem uma provisão suplementar de abelhas (Antonelli *et al.*, 1988). Entretanto, o uso de uma provisão adicional de polinizadores geralmente resulta em um aumento na produção (Antonelli *et al.*, 1988; Chagnon *et al.*, 1989; Free, 1993; Zebrowska, 1998; Couston, 1991; Svensson, 1991). Além disso, devido ao elevado investimento que esta lavoura requer para o desenvolvimento e manutenção de suas plantas - emprego de um grande contingente de mão-de-obra, constante irrigação e rigoroso controle fitossanitário - o produtor deve considerar seriamente se deseja ou não deixar ao acaso o processo de polinização (Jaycox, 1970).

As grandes plantações são mais vulneráveis à ausência de polinizadores, porque os insetos podem ser muito menos abundantes na região central que nas bordas da cultura, resultando em uma produção menor e de baixa qualidade. Ainda, a grande carga de defensivos agrícolas, geralmente necessária nessas áreas de monocultura, podem repelir ou mesmo matar os polinizadores silvestres existentes, contribuindo para uma diminuição ainda maior na produtividade.

Segundo Jaycox (1970), a abelha solitária *Andrena melanochoera* (Andrenidae) visita somente os morangueiros, sendo um polinizador altamente efetivo mas, infelizmente, ela não ocorre em todas as regiões onde esta cultura se desenvolve e, quando se faz presente, pode não ser numerosa o suficiente para produzir bons resultados.

Já as abelhas de mel (*Apis mellifera*), reconhecidas como o principal polinizador de diversos cultivares (Nye & Anderson, 1974; Antonelli *et al.*, 1988; Goodman & Oldroyd, 1988; Chagnon *et al.*, 1989; Svensson, 1991; Free, 1993), são manejadas, em diversos países de clima temperado, para a polinização do morangueiro. Contudo, segundo Jaycox (1970) e Crane & Walker (1984), essas abelhas somente podem auxiliar na polinização dessas flores se as suas colméias estiverem próximas à cultura, pois não se deve esperar que elas voem de longas distâncias para o morangueiro, uma vez que as suas flores são pouco atrativas para elas em relação a outras floradas.

Crane & Walker (1984) recomendam a polinização por saturação (“saturation pollination”), isto é, o aumento da densidade de abelhas pela introdução de colméias de *Apis mellifera*, tornando-as abundantes o suficiente para que haja de 16 a 25 visitas por flor. Porém, não há uma recomendação geral quanto à quantidade de colméias a ser utilizadas em função das variações entre os próprios cultivares e das condições locais.

Para o cultivar ‘Veestar’, por exemplo, a visita de quatro abelhas por flor foi necessária para uma taxa de polinização adequada, e colheita subsequente, e um maior número de visitas resultou na polinização de quase todos os aquênios, produzindo frutos grandes e auxiliando o morangueiro a alcançar o seu potencial máximo de frutificação (Chagnon *et al.*, 1989).

Contudo, segundo Chagnon *et al.* (1993), deve-se questionar o valor da prática de se aumentar a densidade de agentes de polinização pela introdução de colônias de *A. mellifera*, em áreas onde a população de abelhas silvestres é elevada. Esses autores verificaram que existe um efeito complementar na polinização do morangueiro pela ação conjunta dessa espécie e das abelhas silvestres de pequeno porte (pequenos Halictidae e *Andrena nasonii* - Andrenidae). Este efeito está relacionado ao comportamento desses polinizadores nas flores, uma vez que somente as flores visitadas por ambos resultaram em morangos completamente formados: as campeiras de *A. mellifera* visitaram principalmente a região apical, enquanto as abelhas silvestres se detiveram à região basal e às áreas próximas aos estames. Desse modo, alguns frutos, que resultaram exclusivamente das visitas de *A. mellifera*, apresentaram áreas próximas à base pouco desenvolvidas, e as flores polinizadas apenas pelas abelhas silvestres produziram, freqüentemente, frutos disformes.

No Japão, devido ao uso intensivo de estufas, há uma grande demanda por polinizadores e, desde a década de 90, diversas espécies de meliponíneos (Apinae: Meliponini) vêm sendo introduzidas e avaliadas quanto ao seu potencial para a polinização no cultivo fechado (Amano *et al.*, 2000). Na cultura do morango, verificou-se que algumas espécies de meliponíneos, *Trigona minangkabau*, do Sumatra (Kakutani *et al.*, 1993) e *Nannotrigona testaceicornis*, do Brasil (Maeta *et al.*, 1992), foram tão eficientes na polinização em estufas quanto *Apis mellifera*.

Dentre os fatores que justificam a realização deste estudo, destaca-se a importância sócio-econômica regional e ambiental da cultura do morangueiro. A região de Atibaia, local escolhido para a realização dos experimentos, representa cerca de 60% do total da área plantada no estado de São Paulo, sendo responsável por grande parte da produção de morangos deste estado (Cruz, 1999). Nessa região, a cultura do morangueiro emprega um grande contingente de mão-de-obra pois, desde o preparo das mudas até a colheita e a

embalagem do produto, a maior parte das atividades é desenvolvida manualmente. A exigência de constante irrigação e rigoroso controle fitossanitário, por essa cultura, interfere diretamente na preservação do meio ambiente, principalmente dos cursos d'água adjacentes às áreas cultivadas. Além disso, essa região, vem sofrendo um intenso desenvolvimento urbano, industrial e turístico, devido principalmente à sua proximidade com a capital do estado. Este desenvolvimento pode, se mal dimensionado, diminuir ainda mais as áreas que sustentam as populações de abelhas silvestres na região.

Com o objetivo de verificar a contribuição da polinização melitófila na produtividade de alguns cultivares de morango, utilizados no estado de São Paulo, e a possibilidade da utilização racional de meliponíneos (Apidae, Meliponinae) para a polinização desta cultura, este estudo foi dividido em quatro etapas: 1) coleta dos visitantes florais em duas áreas de cultivo, 2) estudo da biologia floral e reprodutiva de diferentes cultivares, 3) adaptação e manejo de diversas espécies de meliponíneos em estufas com morangueiro e 4) avaliação da contribuição de *Tetragonisca angustula* na polinização e na produção da cultura do morango. A partir dos resultados obtidos nessas quatro etapas foram redigidos os capítulos que vêm a seguir.

Acredita-se que este estudo possa contribuir para a divulgação, valorização e conservação das abelhas nativas, de modo especial dos meliponíneos. E que também possa incentivar a preservação e a recuperação de áreas florestadas próximas às áreas de cultivo, bem como a redução e o uso adequado de defensivos agrícolas, visando a manutenção de estoques naturais de polinizadores silvestres. Poderá ainda suscitar novas pesquisas que auxiliem na busca de um modelo de desenvolvimento sustentado para a agricultura moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANO, K. NEMOTO, T. & HEARD, T.A. 2000 What are stingless bees, and why and how to use them as crop pollinators? – a review. *Jarq*, v.34, n.3, pp. 183-190.
- ANTONELLI, D.F. MAYER, D.F. BURGETT, D.M. & SJULIN T. 1988 Pollinating insects and the strawberry yields in the Pacific Northwest. *American Bee Journal*, v. 128, n.9, p. 618-620.
- BAGNARA, D. & VINCENT, C. 1988 The role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. *Journal of Horticultural Science*, v.63, n.1, p. 69-75.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1989 Pollination rate of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, v.82, p.1350-1353.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1993 Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, v.86, p.416-420.
- CONNOR L.J. & MARTIN, E.C. 1973 Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience*, v.8, n.4, p.304-306.
- COUSTON, R. 1991 Insect pollination of soft fruits and associated problems. *Acta Hort.* v. 288, pp. 249-254.
- CRANE, E. & WALKER, P. 1984 *Pollination directory for world crops*. International Bee Research Association, London, 183p.
- CRUZ, P. C. 1999 A situação da cultura do morangueiro no Estado de São Paulo. In: *Morango. Tecnologia de produção e processamento*. (Jaime Duarte Filho, Geraldo M.

- A. Cançado, Murillo A. Regina, Luís E. C. Antunes & Marcos A. M. Fadini eds.) Editora Agropecuária, pp.129-130.
- FREE, J.B. 1993 *Insect pollination of crops*, 2nd Edition. Academic Press, London, 684p.
- GOODMAN, R.D. & OLDROYD, B.P. 1988 Honeybee pollination of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.28, p.435-438.
- GOTO, R. 1999 Cultivo protegido. In: *Morango. Tecnologia de produção e processamento*. (Jaime Duarte Filho, Geraldo M. A. Cançado, Murillo A. Regina, Luís E. C. Antunes & Marcos A. M. Fadini eds.) Editora Agropecuária, pp.109-111.
- HANCOCK, J.F. 1990 Ecological genetics of natural strawberry species. *HortScience*, v.25, p.869-871.
- JAYCOX, E.R. 1970 Pollination of strawberries. *American Bee Journal*, v.110, n.1, p.176-177.
- KAKUTANI, T. INOUE, T. TEZUKA, T. & MAETA, Y. 1993 Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, and the honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. *Rev. Popul. Ecol.*, v.35, p. 95-111.
- LARSON, K.D. 1994 Strawberry. In: B. Schaffer e P. C. Andersen eds. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*, v.1, pp. 271-297.
- MAETA, Y. TEZUKA, T. NADANO, H. & SUZUKI, K. 1992 Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis*, as a pollinator of strawberries. *Honeybee Sci.*, v.13, pp. 71-78.
- NITSCH, J.P. 1950 Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, v.37, p.211-215.
- NYE, W.P. & ANERSON, J.L. 1974 Insect pollinators frequenting strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.99, n.1, p.40-44.
- PASSOS, F.A. 1999 Melhoramento do morangueiro no Instituto Agronômico de Campinas. In: *Morango. Tecnologia de produção e processamento*. (Jaime Duarte Filho, Geraldo M. A. Cançado, Murillo A. Regina, Luís E. C. Antunes & Marcos A. M. Fadini eds.) Editora Agropecuária, pp.259-264.
- PIRES, R.C. de M. 1998 *Desenvolvimento e produtividade do morangueiro sob diferentes níveis de água e coberturas de solo*. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 116p.
- ROSATI, P. 1993 Recent trends in strawberry production and research: an overview. *Acta Horticulturae*, v.348, pp.23-44.
- ROUDEILLAC, P. 1999 Situation de la production de fraises dans le monde. Perspectives en Europe. In: *Morango. Tecnologia de produção e processamento*. (Jaime Duarte Filho, Geraldo M. A. Cançado, Murillo A. Regina, Luís E. C. Antunes & Marcos A. M. Fadini eds.) Editora Agropecuária, pp.1-38.
- SVENSSON, B. 1991 The importance of honeybee-pollination for the quality and the quantity of strawberries (*Fragaria x ananassa*) in central Sweden. *Acta Horticulturae* v. 288, pp. 260-264.
- ZEBROWSKA, J. 1998 Influence of pollination medes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Plant Breeding*, v.17, p.255-260.

CAPÍTULO 2

Diversidade, abundância e padrões de forrageamento de abelhas em campos de produção comercial de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.).

ABSTRACT

During the blooming period of different strawberry cultivars we captured flower visitors by walking between beds' rows to verify bee diversity and bee abundance in two commercial fields in São Paulo State (Brazil). In order to know the influence of biotic and abiotic factors on bee presence and bee activity at flowers we registered data about the weather conditions, flower availability, pesticides application, surrounding vegetation and wild bee nests and bee hives close to the cultivated areas. In two fields the bees were the most abundant visitors of strawberry flowers, being most individuals from Apini and Meliponini tribes. The difference found in bee abundance and diversity between these two areas suggested that although the use of pesticides has been less intense in one them, the narrow surrounding patch of secondary forest preserved around the other must have be favoured the existence and maintenance of wild nests of diverse bee species, particularly the stingless bees. The presence of large number of pollen grains carried by bees from *Geotrigona subterranea*, *Schwarziana quadripunctata* and *Trigona spinipes*, the behaviour of these bees on strawberry flowers similar to that of *Apis mellifera* and their constant foraging activity during the blooming period suggests that these species can be very important to strawberry crop pollination where they are abundant.

RESUMO

Ao longo da florada de diversos cultivares de morangueiro, realizou-se a coleta semanal dos visitantes florais e o registro de fatores abióticos e bióticos, em duas áreas de cultivo no Estado de São Paulo. O objetivo deste estudo foi avaliar a diversidade e a abundância de abelhas nas flores do morangueiro e os fatores que favorecem a sua presença e a sua atividade nessas flores, em duas áreas de produção comercial. Os insetos foram capturados através de caminhadas alternadas entre os canteiros (transecto) dos cultivares utilizados no local. Além do registro das condições climáticas, também foram registrados dados sobre a oferta floral de cada cultivar, a aplicação de defensivos agrícolas, as características da vegetação próxima à área de plantio e a presença de outras floradas e de ninhos naturais ou colméias racionais de abelhas no entorno à cultura. Nas duas áreas, as abelhas foram os visitantes florais mais abundantes do morangueiro, sendo quase todos os indivíduos pertencentes à família Apidae, com destaque para as tribos Apini e Meliponini. Entretanto, a diferença encontrada na diversidade de abelhas, entre as duas áreas estudadas, sugere que, embora o uso de defensivos agrícolas tenha sido menos intenso em Valinhos, a estreita faixa de mata secundária preservada em Atibaia, entre outros fatores, deve favorecer a existência e a manutenção de ninhos de diversas espécies de abelhas, particularmente de meliponíneos. A presença de grandes quantidades de pólen no corpo de *Geotrigona subterranea*, *Schwarziana quadripunctata* e *Trigona spinipes*, o comportamento dessas abelhas nas flores do morangueiro (similar ao de *Apis mellifera*) e o forrageamento ao longo de todo o período de floração sugere que, quando abundantes, estas abelhas podem ser de grande importância para a polinização e a produção de morangos.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do morangueiro destaca-se pela sua importância sócio-econômica e ambiental nas regiões onde ela se desenvolve, pois emprega um grande contingente de mão-de-obra e exige constante irrigação e rigoroso controle fitossanitário, com um grande impacto sobre o meio ambiente. No Estado de São Paulo, embora a área de

cultivo seja bastante restrita, ela representa, geralmente, a principal atividade agrícola nos municípios onde se desenvolve (Cruz, 1999).

Os cultivares comerciais de morango, *Fragaria x ananassa*, possuem flores brancas em forma de prato, bissexuais e autocompatíveis (Crane e Walker, 1984), com cerca de 20 a 35 estames e de 50 a 500 pistilos (Jaycox, 1970).

No morangueiro, a polinização por insetos é favorecida pela diferença temporal existente entre a maturação das anteras e a maturação dos estigmas (Free, 1993; capítulo 3), e o pólen e o néctar de suas flores são bastante acessíveis, atraindo uma grande variedade de insetos (Nye & Anderson, 1974; Pesson & Louveaux, 1984). As abelhas além de serem os seus visitantes mais comuns (Nye & Anderson, 1974; Antonelli *et al.*, 1988; Goodman & Oldroyd, 1988), também são reconhecidas como o principal polinizador desta cultura (Nye & Anderson, 1974; Antonelli *et al.*, 1988; Goodman & Oldroyd, 1988; Svensson, 1991; Maeta *et al.*, 1992; Free, 1993; Kakutani *et al.*, 1993). Abelhas de diferentes espécies podem apresentar diferentes padrões de comportamento na flor, produzindo um efeito de complementaridade na polinização (Chagnon *et al.*, 1993), aumentando a possibilidade de os frutos alcançarem seu potencial máximo de desenvolvimento.

Embora a polinização do morangueiro possa ocorrer, em sua maior parte, devido à ação combinada da gravidade e do vento (Connor & Martin, 1973; Chagnon *et al.*, 1989; Zebrowska, 1998), e ela receba pouca atenção, porque alguns cultivares produzem uma boa colheita sem uma provisão suplementar de abelhas (Nye & Anderson, 1974; Antonelli *et al.*, 1988), os insetos desempenham um papel essencial na redução das taxas de malformação (Free, 1993). Essa redução aumenta os lucros para o produtor, pois os melhores preços são obtidos na comercialização *in natura* para a qual são destinados os frutos bem formados. Os frutos com deformações são, geralmente, destinados às indústrias para a fabricação de geléias, iogurtes e sucos.

Atualmente, são diversos os cultivares de morangueiro utilizados na lavoura paulista, e muito pouco se sabe sobre os seus visitantes florais. Este estudo pretende determinar a diversidade, a abundância e o padrão de forrageamento de abelhas em áreas de plantio comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

Os visitantes das flores do morangueiro foram capturados durante a maior parte do período de floração (de maio a agosto), através de caminhadas alternadas entre canteiros (transecto) de diferentes cultivares, com o auxílio de uma rede entomológica. Essas coletas foram realizadas semanalmente, ao longo do dia (das 8:00 às 16:00hs), com uma duração de 3 minutos cada.

Ao término de cada coleta, as abelhas foram colocadas em câmaras mortíferas com acetato de etila e, ao serem transferidas para outro recipiente, foram pré-classificadas e contadas. Durante essa contagem, registrou-se o número de abelhas com cargas de pólen, em cada taxon, com o objetivo de se comparar a utilização deste recurso entre as diversas espécies. Posteriormente, as abelhas foram montadas em alfinetes entomológicos e devidamente etiquetadas. Os espécimes foram identificados por especialistas, ou através da comparação com o material de referência do Laboratório de Abelhas do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, sendo posteriormente depositados nesta coleção.

Em 1997, os visitantes florais foram coletados nos cultivares Campinas e Dover, sob cultivo aberto (campo), no município de Atibaia (SP) (25°07'S/46°50'W). Nesse local, foram adotadas práticas tradicionais de cultivo: monocultura, aplicação semanal de defensivos agrícolas e irrigação por aspersão. Embora o número de coletas a cada hora do dia tenha apresentado variação entre 2 e 5 coletas, ele foi sempre igual entre os dois cultivares estudados. Nesse local, nos meses de maio e agosto, foi realizada somente uma coleta ao longo do dia, em cada um deles. Nos outros dois meses, foram realizadas as 4 coletas semanais.

Em 1998, a captura dos visitantes florais ocorreu nos cultivares CA e Toyonoka (TO), no município de Valinhos (SP) (22°56' S/ 47°01' W), em uma área de cultivo aberto (campo), e adjacente a outras culturas, com aplicação quinzenal ou mensal de defensivos e irrigação por micro-aspersão. O número de coletas, a cada hora do dia, variou de 2 a 4, sendo este número igual entre os dois cultivares. Nessa área, realizou-se 4 coletas semanais em maio, e nos meses seguintes, 2 em cada um deles.

Durante a captura de visitantes florais, dados sobre a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%), a intensidade luminosa (lux) e a velocidade dos ventos (m/s) foram registrados a cada hora do dia. Em cada dia de coleta, verificou-se a oferta floral dos cultivares de morangueiro (número de flores por m²), através da contagem direta das flores abertas (com estames visíveis e todas as pétalas), em 10 quadrantes com 1m² cada, localizados sobre os canteiros de produção.

Além disso, foram registrados dados sobre a aplicação de defensivos agrícolas (tipo, cultivar, data da aplicação), sobre as características da vegetação próxima à área de plantio e sobre a presença de outras floradas e de ninhos naturais ou colméias racionais de abelhas no entorno à cultura.

A diversidade de abelhas em cada área de estudo foi determinada através do índice H' de Shannon-Weaver (1949) e a equitatividade através do índice J' de Pielou (1975) (Zar, 1999), utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Sendo: p_i = proporção (abundância relativa) da espécie i

s = riqueza em espécies (número total de espécies)

$$J' = H'/H'_{\max}$$

Sendo: H'_{\max} = \log_2 S

O valor mínimo para H' é zero e ele aumenta à medida que aumentam a riqueza em espécies e a igualdade de importância entre elas. Os valores de J' podem variar de 0 a 1, isto é, de uma distribuição heterogênea a uma distribuição homogênea das espécies, estimando a uniformidade em espécies de cada área de modo relativamente independente da riqueza obtida em cada uma delas.

A influência dos fatores abióticos e bióticos no forrageamento das abelhas, em cada cultivar, foi determinada através da correlação de Spearman, e a existência de ritmos diários foi verificada através do teste de Rayleigh (Zar, 1999). O α utilizado na correlação de Spearman e no teste de Rayleigh foi igual a 0,05. Porém, no teste de correlação, devido à utilização repetitiva desta estatística ao se testar uma mesma hipótese, o α foi ajustado, dividindo-se o seu valor (0,05) pelo número de repetições (Ajuste de Bonferroni). A oferta floral foi analisada pelos testes de Wilcoxon, para amostras pareadas, e de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

1. Diversidade e abundância

Tabela I. Número de indivíduos obtidos para os diversos taxa de insetos coletados nos cultivos Campinas e Dover, no município de Atibaia (SP), de 27 de maio a 7 de agosto de 1997.

Ordem/família (Tribos)	Gênero/espécie	Número de indivíduos	Cultivar de ocorrência
Coleoptera		21	DO
Diptera		57	
Anthomyiidae		7	ambos
Calliphoridae	<i>Chrysomya</i> sp	2	DO
Dolichopodidae		2	ambos
Drosophilidae		1	CA
Lonchaeidae		4	DO
Muscidae		1	DO
Mycetophilidae		1	CA
Otitidae		3	ambos
Sarcophagidae		3	ambos
Syrphidae	<i>Allograpta exotica</i>	1	DO
	<i>Allograpta</i> sp1	4	DO
	<i>Palpada furcata</i>	10	ambos
	<i>Palpada</i> sp1	1	DO
	<i>Toxomerus difficilis</i>	2	DO
	<i>Toxomerus</i> sp1	2	ambos
	Não identificados	11	ambos
Tachinidae	<i>Gymnoclytia</i> sp	1	DO
	<i>Archytas</i> sp	1	DO
Hemiptera		2	DO
Hymenoptera		1309	
Apidae			ambos
(Apini)	<i>Apis mellifera</i>	414	ambos
(Bombini)	<i>Bombus morio</i>	1	DO
(Exomalopsini)	<i>Exomalopsis analis</i>	5	ambos
(Meliponini)	<i>Geotrigona subterranea</i>	274	ambos
	<i>Paratrigona subnuda</i>	66	ambos
	<i>Plebeia droryana</i>	2	ambos
	<i>Schwarziana quadripunctata</i>	99	ambos
	<i>Tetragonisca angustula</i>	87	ambos
	<i>Trigona spinipes</i>	352	ambos
Halictidae	<i>Dialictus</i> sp	5	DO
Chalcididae		1	CA
Ichneumonidae		1	DO
Vespidae		2	CA
Lepidoptera		5	DO
TOTAL		1394	

Legenda: DO = cultivar Dover, CA = cultivar Campinas, ambos = ocorrência do taxon nos dois cultivos.

Uma grande variedade de insetos foi coletada nas flores do morangueiro: abelhas de várias famílias e tribos (Apidae – Apini, Meliponini, Bombini e Exomalopsini – e Halictidae), outros Hymenoptera e outros insetos, como Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera e Orthoptera (Tabelas I e II).

Tabela II. Número de indivíduos obtidos para os diversos taxa de insetos coletados nos cultivos Campinas e Toyonoka, no município de Valinhos (SP), de 6 de maio a 21 de agosto de 1998.

Ordem/família (Tribo)	Gênero/espécie	Número de indivíduos	Cultivar de ocorrência
Coleoptera		6	ambos
Diptera		52	
Dolichopodidae		1	ambos
Faniidae		1	TO
Lonchaeidae		1	TO
Muscidae		6	ambos
	<i>Stomoxys</i> sp	5	ambos
Syrphidae	<i>Allograpta exotica</i>	1	CA
	<i>Toxomerus difficilis</i>	18	ambos
	<i>Toxomerus dispar</i>	2	ambos
	<i>Toxomerus</i> sp1	3	ambos
	<i>Toxomerus</i> sp2	5	ambos
	Não identificados	9	ambos
Tachinidae (Telothyriini)		1	ambos TO
Hymenoptera		854	
Andrenidae		1	ambos
Apidae			ambos
(Apini)	<i>Apis mellifera</i>	591	ambos
(Meliponini)	<i>Geotrigona subterranea</i>	84	ambos
	<i>Schwarziana quadripunctata</i>	1	CA
	<i>Tetragonisca angustula</i>	116	ambos
	<i>Trigona spinipes</i>	44	ambos
Halictidae	<i>Dialictus</i> sp	15	ambos
Vespidae		2	TO
Lepdoptera		3	TO
Orthoptera		2	ambos
Diversos	Não identificados	35	ambos
TOTAL			

Legenda: TO = cultivar Toyonoka, CA = cultivar Campinas, ambos = ocorrência do taxon nos dois cultivos.

A abundância relativa não foi determinada para as formigas (Hymenoptera: Formicidae) e as lacerdinhas (Thysanoptera – *Frankliniella* sp), embora estes insetos

tenham sido observados nas flores com uma certa frequência. As formigas que se encontravam na cultura, embora pudessem promover alguma transferência de pólen nas flores, construíram seus ninhos sobre os pés de morangueiro limitando o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, prejudicando a produção de frutos. As lacerdinhas, por sua vez, além de serem consideradas como uma praga por danificarem flores e frutos quando presentes em grande número (Allen & Gaede, 1963), raramente promovem a polinização, pois devido ao seu minúsculo tamanho, elas são capazes de se deslocar por entre os pistilos sem estabelecer qualquer contato com os estigmas.

As ordens de insetos representadas nas duas áreas de estudo foram semelhantes, exceto para Hemiptera, que ocorreu somente em Atibaia, e Orthoptera, cujos exemplares foram coletados apenas em Valinhos (Tabelas I e II). Para as ordens Diptera e Hymenoptera, por terem apresentado um maior número de indivíduos nas coletas, em ambas as áreas, fez-se a identificação das famílias e, quando possível, dos gêneros e espécies de seus exemplares. Respectivamente, para essas duas ordens, obteve-se, em Valinhos, um menor número de famílias e de espécies em relação a Atibaia (Tabelas I e II).

Para Hymenoptera, com exceção de quatro indivíduos em Atibaia e dois em Valinhos, todos os espécimes coletados foram abelhas, sendo a grande maioria pertencente à família Apidae (Tabelas I e II). No total, obteve-se, em Atibaia, 9 espécies dessa família, sendo 6 da tribo Meliponini, e em Valinhos, 5 espécies de Apidae, sendo 4 da tribo Meliponini.

Figura 1. Abundância relativa dos principais taxa de insetos coletados nas flores dos cultivares Campinas e Dover, no município de Atibaia (SP) em 1997.

As Figuras 1 e 2 tornam mais evidente que, tanto em Atibaia quanto em Valinhos, as abelhas foram, de longe, os visitantes florais mais abundantes do morangueiro, sendo quase todos os indivíduos coletados pertencentes à família Apidae, subfamília Apinae, com destaque para as tribos Apini e Meliponini.

Comparando-se as duas áreas estudadas, verificou-se que, em Atibaia, a abundância relativa das abelhas pertencentes à tribo Meliponini foi superior à da tribo Apini e, em

Valinhos, ocorreu o inverso, ou seja, a tribo Apini foi muito mais abundante nas flores do morangueiro que a tribo Meliponini (Figuras 1 e 2).

Também verificou-se que, embora pouco representadas, outras espécies de abelhas não-Apinae, agrupadas como outros Apoidea, ocorreram em Atibaia, mas não em Valinhos, com exceção de *Dialictus* sp. Em Atibaia, essas abelhas foram representadas por *Exomalopsis analis*, *Bombus morio* e *Dialictus* sp.

Figura 2. Abundância relativa dos principais taxa de insetos coletados nas flores dos cultivares Campinas e Toyonoka, no município de Valinhos (SP) em 1998.

Tanto na área de cultivo em Atibaia, quanto em Valinhos, depois das abelhas, os insetos mais abundantes foram as moscas (Diptera), sendo que seus indivíduos representaram, respectivamente 4,1% e 5,5% do total de insetos coletados nestes locais. Em relação aos insetos não-Apoidea (Outros Insecta), a contribuição percentual das moscas foi de 64,0% em Atibaia e 52,0% em Valinhos, e a família com maior número de indivíduos, nas duas áreas de cultivo, foi Syrphidae (Tabelas I e II).

Comparando-se as duas áreas de estudo, verificou-se que a frequência de abelhas (número médio de indivíduos a cada 3 minutos), obtida em Atibaia, foi superior àquela obtida em Valinhos (Figura 3). Porém, quando os dados foram analisados em nível de espécie, verificou-se que, em Valinhos, *Apis mellifera* e *Tetragonisca angustula* foram mais frequentes nas flores do morangueiro que em Atibaia, enquanto para as demais espécies de Meliponini ocorreu o inverso (Figura 3). Em Valinhos, um único exemplar de *Schwarziana quadripunctata* foi coletado na flor do morangueiro, embora vários indivíduos desta espécie tenham sido observados, em uma outra planta em floração, no mês de setembro, a menos de 5 m dos canteiros de morango que haviam sido amostrados em meses anteriores.

Figura 3. Frequência de abelhas nas flores do morangueiro (número médio de indivíduos a cada 3 minutos) nas duas áreas de cultivo estudadas.

Analisando-se a abundância relativa das diversas espécies de abelhas coletadas, verificou-se que, na área de cultivo em Atibaia (Figura 4), não houve uma única espécie muito abundante, que se destacasse das demais. Porém, em Valinhos, *A. mellifera* predominou em grande parte das amostras, destacando-se como a espécie mais abundante no local (Figura 5).

Figura 4. Abundância relativa das espécies de abelhas coletadas nas flores do morangueiro, em Atibaia (SP), no ano de 1997.

Figura 5. Abundância relativa das espécies de abelhas coletadas nas flores do morangueiro, em Valinhos (SP), no ano de 1998.

Comparando-se os dois campos de produção comercial, verificou-se que Atibaia apresentou maior diversidade de abelhas e uma distribuição mais homogênea, ou equitativa, das abundâncias entre as espécies que nela ocorreram (Tabela III).

Tabela III. Índices obtidos para diversidade de abelhas nas duas áreas de estudo.

Local e ano da coleta	Índice H'	Índice J'	n
Atibaia (1997)	2,36	0,68	478
Valinhos (1998)	1,43	0,51	386

Legenda: H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver (1949); J' = índice de equitatividade de Pielou (1975); n = número de coletas nas flores.

Para as espécies mais abundantes em cada área verificou-se que, entre os cultivares utilizados, ocorreram diferenças no número médio de abelhas coletadas, tanto em relação ao total de abelhas, quanto para as espécies individualmente. Em Atibaia, nas flores do cultivar Dover, coletou-se um número médio maior de abelhas que no Campinas, sendo *T. spinipes* e *A. mellifera*, no Dover, e *G. subterranea* e *A. mellifera*, no Campinas, as espécies mais abundantes (Figura 6). Em Valinhos, *A. mellifera* foi a espécie mais abundante nos dois cultivares, e tanto o número médio de indivíduos desta espécie, quanto o número total de abelhas, foi o dobro no cultivar Toyonoka com relação ao obtido no Campinas (Figura 6).

Figura 6. Número médio de abelhas coletadas nas flores do morangueiro, por amostra (durante 3 minutos), em cada cultivar, nas áreas de cultivo em Atibaia e Valinhos.

2. Atividade de forrageamento

2.1 Fatores bióticos e abióticos

Na área de cultivo em Atibaia, em cada um dos cultivares, foram encontradas correlações positivas entre o número médio de abelhas obtido por coleta (total de abelhas) e o número médio de indivíduos coletados em cada espécie. Essas correlações não foram significativas ($p > 0,001$) somente para *T. angustula* e *P. subnuda*, no cultivar Campinas (Tabela IV).

Tabela IV. Relação entre os números médios de indivíduos, obtidos por coleta, entre o total de abelhas e cada espécie, e entre as diferentes espécies entre si, nos dois cultivares (Campinas e Dover), no município de Atibaia (1997).

Atibaia/1997							
(n=64)	Total de abelhas	Am	Ts	Gs	Sq	Ta	Ps
CULTIVAR CAMPINAS							
Total de abelhas		0,5506****	0,4865****	0,8442****	0,5815****	0,3497**	0,3163*
<i>A. mellifera</i>	0,6402****		0,093	0,2934*	0,2566*	0,0166	-0,0132
<i>T. spinipes</i>	0,6506****	0,2034		0,2973*	0,2239	0,3956***	-0,0621
<i>G. subterranea</i>	0,6812****	0,375***	0,2261		0,4077***	0,1229	0,2711*
<i>S. quadripunctata</i>	0,5081****	0,3588***	0,2657*	0,3774****		0,2363	0,1546
<i>T. angustula</i>	0,4395****	0,0782	-0,0025	0,3242*	0,1756		0,1502
<i>P. subnuda</i>	0,4845****	0,0328	0,11	0,5356****	0,0302	0,5075****	
CULTIVAR DOVER							

Legenda: Total de abelhas = inclui os indivíduos de todas as espécies coletadas no local; Am = *Apis mellifera*; Ts = *Trigona spinipes*; Gs = *Geotrigona subterranea*; Ta = *Tetragonisca angustula*; Ps = *Paratrigona subnuda*; n= número de coletas realizadas em cada cultivar. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,005$; **** = $p < 0,001$. Em negrito, encontram-se os valores de r_s que apresentaram uma correlação significativa em um α de 0,0012 (Ajuste de Bonferroni: $\alpha = 0,05/42$).

Comparando-se os resultados obtidos nos dois cultivares, verificou-se que a associação entre o total de abelhas e *G. subterranea* apresentou, no cultivar Campinas, o coeficiente de correlação mais elevado, indicando ser esta relação mais intensa que as demais obtidas nessa área (Tabela IV).

Já para a relação interespecífica, obteve-se uma correlação positiva significativa ($p < 0,001$) entre *G. subterranea* e *P. subnuda*, e entre *T. angustula* e *P. subnuda*, somente no cultivar Dover (Tabela IV). Contudo, o valor do coeficiente de correlação não foi muito elevado.

Tabela V. Relação entre os números médios de indivíduos, obtidos por coleta, entre o total de abelhas e cada espécie, e entre as diferentes espécies entre si, nos dois cultivares (Campinas e Toyonoka), no município de Valinhos (1998).

Valinhos/1998						
(n=55)	Total de abelhas	Am	Ts	Gs	Ta	D
CULTIVAR CAMPINAS						
Total de abelhas		0,8494****	0,4359***	0,3875***	0,5135****	0,1434
<i>A. mellifera</i>	0,844****		0,304	0,0836	0,18	0,0101
<i>T. spinipes</i>	0,2835*	0,1855		0,0522	0,2537	-0,0164
<i>G. subterranea</i>	0,3488*	0,0213	-0,0858		0,1982	-0,0123
<i>T. angustula</i>	0,4851****	0,0556	0,1663	0,3957***		0,2113
<i>Dialictus</i> sp	0,091	0,0809	-0,0617	-0,0258	0,146	
CULTIVAR TOYONOKA						

Legenda: Total de abelhas = inclui os indivíduos de todas as espécies coletadas no local; Am = *Apis mellifera*; Ts = *Trigona spinipes*; Gs = *Geotrigona subterranea*; Ta = *Tetragonisca angustula*; D = *Dialictus* sp; n= número de coletas realizadas em cada cultivar. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,005$; **** = $p < 0,001$. Em negrito, encontram-se os valores de r_s que apresentaram uma correlação significativa em um α de 0,0017 (Ajuste de Bonferroni: $\alpha = 0,05/30$).

Em Valinhos, somente *A. mellifera* e *T. angustula* apresentaram uma correlação positiva significativa com o número médio de abelhas coletadas por amostra (total de abelhas). Para os dois cultivares, o coeficiente (r_s) obtido nessas correlações foi superior na associação entre o total de abelhas e *A. mellifera*, indicando a existência de uma relação mais intensa dentro deste grupo em relação àquela obtida entre o total de abelhas e *T. angustula* (Tabela V).

Nas duas áreas de estudo, também foi analisada a existência de correlações intraespecíficas entre os cultivares de morangueiro, bem como para as abelhas como um todo (total de abelhas), comparando-se o número médio de indivíduos coletados nesses cultivares (Tabelas VI e VII). Em Atibaia, obteve-se uma correlação positiva significativa somente para o total de abelhas, *G. subterranea* e *P. subnuda*. Os valores superiores obtidos no coeficiente de correlação para o total de abelhas e *G. subterranea* revelaram que a associação de cada um desses grupos, entre os cultivares Campinas e Dover, foi mais intensa que aquela obtida para *P. subnuda*.

Tabela VI. Relação intraespecífica para o número médio de abelhas obtido por coleta entre os dois cultivares utilizados (Campinas e Dover), bem como para as abelhas como um todo (total de abelhas), no município de Atibaia (1997).

Atibaia/1997 (n=64)	r_s	p
Total de abelhas x Total de abelhas	0,7566	0,0001
<i>A. mellifera</i> x <i>A. mellifera</i>	0,3305	0,0087
<i>T. spinipes</i> x <i>T. spinipes</i>	0,3085	0,0143
<i>G. subterranea</i> x <i>G. subterranea</i>	0,6211	0,0001
<i>S. quadripunctata</i> x <i>S. quadripunctata</i>	0,1732	0,1692
<i>T. angustula</i> x <i>T. angustula</i>	0,2653	0,0352
<i>P. subnuda</i> x <i>P. subnuda</i>	0,3768	0,0028

Legenda: n = número de coletas; r_s = coeficiente de correlação de Spearman; Total de abelhas = inclui os indivíduos de todas as espécies de abelhas. Em negrito, encontram-se os valores de r_s que apresentaram uma correlação significativa em um α de 0,007 (Ajuste de Bonferroni: $\alpha=0,05/7$).

Já em Valinhos, todas as espécies apresentaram uma correlação intraespecífica positiva e significativa entre os dois cultivares (Campinas e Toyonoka) (Tabela VII). Também para as abelhas em geral (todas as abelhas), obteve-se este mesmo resultado (Tabela VII). Em ordem decrescente, os grupos nos quais essa associação foi mais intensa foram: *G. subterranea*, todas as abelhas, *T. angustula* e *A. mellifera*.

Tabela VII. Relação intraespecífica para o número médio de indivíduos obtido por coleta entre os dois cultivares (Campinas e Toyonoka), bem como para as abelhas como um todo (total de abelhas), no município de Valinhos (1998).

Valinhos/1998 (n=55)	r_s	p
Total de abelhas x Total de abelhas	0,7868	0,0001
<i>A. mellifera</i> x <i>A. mellifera</i>	0,6314	0,0001
<i>T. spinipes</i> x <i>T. spinipes</i>	0,3655	0,0072
<i>G. subterranea</i> x <i>G. subterranea</i>	0,8609	0,0001
<i>T. angustula</i> x <i>T. angustula</i>	0,6723	0,0001
<i>Dialictus</i> sp x <i>Dialictus</i> sp	0,473	0,0005

Legenda: n = número de coletas; r_s = coeficiente de correlação de Spearman; Total de abelhas = inclui os indivíduos de todas as espécies de abelhas coletadas. Foram consideradas significativas as correlações com p < 0,008 ($\alpha=0,05/6$ - Ajuste de Bonferroni)

Em Atibaia, no cultivar Campinas e Dover, verificou-se que, tanto entre o número médio de indivíduos de cada espécie de abelha e os fatores abióticos analisados, quanto entre estas e a oferta floral, não houve uma correlação significativa ($p > 0,002$) (Tabelas VIII e IX). Além disso, no Campinas, entre *P. subnuda* e a intensidade luminosa, o coeficiente de correlação foi igual a zero, indicando a ausência de qualquer relação (Tabela VIII). Para *T. angustula*, contudo, em ambos os cultivares, obteve-se um valor bastante elevado para o coeficiente de correlação e baixo para a probabilidade ($p = 0,0021$ e $p = 0,0033$, nos cultivares Campinas e Dover, respectivamente) indicando uma associação muito intensa entre essas duas variáveis, que somente não foi considerada significativa devido ao excesso de rigor utilizado ao se analisar estes dados. (Tabelas VIII e IX).

Tabela VIII. Correlação entre o número médio de indivíduos coletados para cada espécie de abelha e os fatores abióticos analisados e a oferta floral, no cultivar Campinas, em Atibaia

Atibaia/1997	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)	Intensidade luminosa (lux)	Velocidade do vento (m/s)	Oferta floral (flores/m ²)
<i>A. mellifera</i>	0,0979	-0,0286	0,25	0,529	0,1429
<i>T. spinipes</i>	0,7531*	-0,8286	0,8571*	-0,4638	0,6786
<i>G. subterranea</i>	0,4895	-0,0286	0,8571*	0,6	0,0901
<i>S. quadripunctata</i>	0,5228	-0,8197	0,2162	0,0857	0,3214
<i>T. angustula</i>	0,9294***	-0,9411*	0,3941	0,3143	0,6487
<i>P. subnuda</i>	0,6526*	-0,9276*	0	0,7945	0,018
Número de amostras	n=12	n=6	n=7	n=6	n=7

(1997).

Legenda: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,005$; **** = $p < 0,001$. Os valores de r_s foram considerados significativos para $p < 0,002$ (Ajuste de Bonferroni: $\alpha = 0,05/25$).

Tabela IX. Correlação entre o número médio de indivíduos coletados para cada espécie de abelha e os fatores abióticos analisados e a oferta floral, no cultivar Dover, em Atibaia

Atibaia/1997	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)	Intensidade luminosa (lux)	Velocidade do vento (m/s)	Oferta floral (flores/m ²)
<i>A. mellifera</i>	-0,0909	-0,3714	0,3214	0,0857	0,5636
<i>T. spinipes</i>	0,1439	0,0286	-0,4643	0,8117	0,903**
<i>G. subterranea</i>	0,5254	-0,7714	0,2883	-0,0857	0,8182*
<i>S. quadripunctata</i>	0,2632	-0,9429*	-0,0714	0,3714	0,8515*
<i>T. angustula</i>	0,8846***	-0,9276*	0,5946	0,8857*	0,4438
<i>P. subnuda</i>	0,9281***	-1,0*	0,3706	-0,0857	0,494
Número de amostras	n=12	n=6	n=7	n=6	n=10

(1997).

Legenda: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,005$; **** = $p < 0,001$. Os valores de r_s foram considerados significativos para $p < 0,002$ (Ajuste de Bonferroni: $\alpha = 0,05/25$).

No cultivar Dover, também foi obtido um coeficiente de correlação bastante elevado e a uma probabilidade baixa ($p= 0,0021$) para a relação entre *P. subnuda* e a temperatura do ar e para *T. spinipes* e a oferta floral ($p= 0,0067$) (Tabela IX). Porém, embora essas correlações não tenham sido consideradas significativas, elas sugerem a existência de uma associação intensa entre essas variáveis.

Em Valinhos, para o cultivar Campinas, também não houve uma correlação significativa entre o número médio de indivíduos de cada espécie de abelha e os fatores abióticos analisados, e entre estas e a oferta floral (Tabela X). Além disso, nesse cultivar, entre *Dialictus* sp e a umidade relativa do ar, o coeficiente de correlação foi igual a zero, indicando a ausência de qualquer relação entre eles (Tabela X). Também nesse cultivar, *T. angustula* apresentou, em relação à temperatura do ar, um coeficiente de correlação bastante elevado juntamente com uma baixa probabilidade ($p= 0,0043$), indicando mais uma vez uma forte associação positiva entre essas variáveis (Tabela X).

Tabela X. Correlação entre o número médio de indivíduos coletados para cada espécie de abelha e os fatores abióticos analisados e a oferta floral, no cultivar Campinas, em Valinhos (1998).

Valinhos/1998	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)	Intensidade luminosa (lux)	Velocidade do vento (m/s)	Oferta floral (flores/m ²)
<i>A. mellifera</i>	-0,0824	0,0714	0,9	0,5333	0,7697*
<i>T. spinipes</i>	0,1623	0,0727	0,8721	-0,3729	0,3189
<i>T. angustula</i>	0,8248***	-0,3424	0,8721	-0,4937	0,2093
<i>G. subterranea</i>	0,3046	-0,8571*	0,07	0,3096	0,5366
<i>Dialictus</i> sp	-0,1238	0	0,7071	-0,1009	0,0751
Número de amostras	n=13	n=7	n=5	n=9	n=10

Legenda: * = $p<0,05$; ** = $p<0,01$; *** = $p<0,005$; **** = $p<0,001$. Os valores de r_s foram considerados significativos para $p< 0,002$ (Ajuste de Bonferroni: $\alpha = 0,05/25$).

Tabela XI. Correlação entre o número médio de indivíduos coletados para cada espécie de abelha e os fatores abióticos analisados e a oferta floral, no cultivar Toyonoka, em Valinhos (1998).

Valinhos/1998	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)	Intensidade luminosa (lux)	Velocidade do vento (m/s)	Oferta floral (flores/m ²)
<i>A. mellifera</i>	-0,6758	0,7748	1,0*	0,6667	0,5515
<i>T. spinipes</i>	0,1504	0,6183	0,7	-0,1695	0,3426
<i>T. angustula</i>	0,9174***	-0,4643	0,7	0,636	0,2751
<i>G. subterranea</i>	0,4448	-0,8214*	0,7	-0,0848	0,2321
<i>Dialictus</i> sp	0,0336	0,2224	0,8721	0,8815*	-0,1616
Número de amostras	n=13	n=7	n=5	n=9	n=10

Legenda: * = $p<0,05$; ** = $p<0,01$; *** = $p<0,005$; **** = $p<0,001$. Os valores de r_s foram considerados significativos para $p< 0,002$ (Ajuste de Bonferroni: $\alpha = 0,05/25$).

Além disso, no cultivar Toyonoka, obteve-se, mesmo com o rigor da análise, uma correlação positiva significativa entre *T. angustula* e a temperatura do ar (Tabela XI).

Tabela XII. Acrofases de ritmos diários calculadas pelo número médio de indivíduos coletados a cada hora do dia nos cultivares Campinas e Dover, no município de Atibaia (1997).

Espécies de abelhas	Am	Ts	Ta	Gs	Sq	Ps
CA						
Número de indivíduos	149	81	21	185	50	21
Acrofase (hr:min)	11:47	12:12	12:50	11:47	12:13	13:11
Desvio Angular (hr:min)	1:49	1:37	1:09	1:39	1:53	1:12
Vetor <i>r</i>	0.885	0.909	0.953	0.906	0.877	0.950
Significância estatística	S	S	S	S	S	S
DO						
Número de indivíduos	265	271	66	89	49	45
Acrofase (hr:min)	12:11	11:43	12:58	12:23	12:32	12:50
Desvio Angular (hr:min)	1:47	1:36	1:25	1:48	1:48	1:23
Vetor <i>r</i>	0.891	0.911	0.930	0.887	0.889	0.933
Significância estatística	S	S	S	S	S	S

Acrofases dadas no horário local (h:min): referência = meia noite local. Significância da acrofase dada pelo teste de Rayleigh ($p < 0,05$). Legenda: CA = cultivar Campinas, DO = cultivar Dover, Am = *Apis mellifera*; Ts = *Trigona spinipes*; Gs = *Geotrigona subterranea*; Ta = *Tetragonisca angustula*; Ps = *Paratrigona subnuda*; S = significante; NS = não significante.

Para os ritmos diários, verificou-se que as abelhas apresentaram uma abundância maior em horários médios muito próximos, geralmente ao redor do meio dia. Contudo, a abundância de *T. angustula* e de *P. subnuda* foi maior em horários posteriores àqueles obtidos para as demais espécies, nas duas áreas de cultivo (Tabelas XII e XIII).

Tabela XIII. Acrofases de ritmos diários calculadas pelo número médio de indivíduos coletados a cada hora do dia nos cultivares Campinas e Toyonoka, no município de Valinhos (1998).

Espécies de abelhas	Am	Ts	Ta	Gs	D
CA					
Número de indivíduos	180	14	39	30	6
Acrofase (hr:min)	11:42	11:49	12:35	12:42	11:49
Desvio Angular (hr:min)	1:33	1:36	1:04	1:24	0:53
Vetor <i>r</i>	0,917	0,911	0,960	0,932	0,973
Significância estatística	S	S	S	S	S
TO					
Número de indivíduos	411	30	77	54	9
Acrofase (hr:min)	11:48	11:21	12:42	12:25	10:38
Desvio Angular (hr:min)	1:35	1:50	1:31	1:17	1:13
Vetor <i>r</i>	0,913	0,883	0,920	0,943	0,948
Significância estatística	S	S	S	S	S

Acrofases dadas no horário local (h:min): referência = meia noite local. Significância da acrofase dada pelo teste de Rayleigh ($p < 0,05$). Legenda: CA = cultivar Campinas, TO = cultivar Toyonoka, Am = *Apis mellifera*; Ts = *Trigona spinipes*; Gs = *Geotrigona subterranea*; Ta = *Tetragonisca angustula*; D = *Dialictus* sp; S = significante; NS = não significante.

Quanto à quantidade de flores produzidas por cada um dos cultivares estudados, verificou-se que, para os valores obtidos em cada data de amostragem, não houve uma diferença significativa na produção de flores entre eles, em cada área de cultivo (Atibaia: $T=9$ $n=10$ $0,05 < p < 0,10$; Valinhos: $T=21$ $n=11$ $0,20 < p < 0,50$). Contudo, quando se comparou os valores de cada uma das amostras, entre esses cultivares, obteve-se uma diferença significativa em Atibaia ($Z_c = -3,532$ $n_1 = 54$ $n_2 = 54$ $p = 0,0004$), com o cultivar Dover apresentando uma maior quantidade de flores (Tabela IX). Em Valinhos, não houve diferença significativa na oferta floral dos cultivares ($Z_c = -1,359$ $n_1 = 80$ $n_2 = 80$ $p = 0,1742$).

Tabela IX. Média, desvio padrão e amplitude para o número de flores produzidas por parcela, ao longo do período de floração, em cada cultivar e área de estudo.

Cultivar (Local/Ano) ^a	n	Flores/m ²	Amplitude
Campinas (Atibaia/97) ^a	54	16 (± 7)	32
Dover (Atibaia/97) ^a	54	34 (± 25)	101
Campinas (Valinhos/98) ^a	80	13 (± 12)	51
Toyonoka (Valinhos/98) ^a	80	9 (± 7)	23

Legenda: n= número total de amostras.

2.2 Utilização de recursos

Nas duas áreas de trabalho, as abelhas mais abundantes em cada cultivar também foram as principais coletoras do pólen de suas flores: em Atibaia, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, no cultivar DO, e *Geotrigona subterranea* e *A. mellifera*, no CA (Figura 7); em Valinhos, *A. mellifera*, nas flores dos dois cultivares de morangueiro (Figura 8).

Figura 7. Frequência relativa (%) de abelhas coletadas com e sem cargas de pólen nos dois cultivares de morango, em relação ao total de abelhas coletadas (Atibaia/1997).

De um modo geral, o DO (Atibaia) e o TO (Valinhos) foram os cultivares mais importantes como fontes de pólen para essas abelhas, exceto para *G. subterranea* (Figuras 7 e 8).

Figura 8. Frequência relativa (%) de abelhas coletadas com e sem cargas de pólen nos dois cultivares de morango, em relação ao total de abelhas coletadas (Valinhos/1998).

Em relação à proporção de abelhas coletadas com e sem cargas de pólen em cada espécie, verificou-se que, em Atibaia, *A. mellifera*, *T. spinipes*, *G. subterranea* e *S. quadripunctata* foram coletadas com maior frequência com pólen nas corbículas, nos dois cultivares (Figuras 9 e 10). Para *Tetragonisca angustula*, isto ocorreu somente no CA. As campeiras de *Paratrigona subnuda* foram coletadas mais frequentemente sem pólen, nos dois cultivares (Figuras 9 e 10).

Figura 9. Frequência relativa (%) de abelhas com e sem cargas de pólen em cada espécie coletada no cultivar Campinas (Atibaia/1997), em relação ao número de indivíduos obtido para cada espécie.

Figura 10. Frequência relativa (%) das abelhas com e sem cargas de pólen em cada espécie coletada no cultivar Dover (Atibaia/1997), em relação ao número de indivíduos obtido para cada espécie.

Em Valinhos (Figuras 11 e 12), *A. mellifera*, *Trigona spinipes* e *T. angustula* apresentaram um comportamento de forrageamento semelhante entre os cultivares, sendo as duas primeiras espécies capturadas mais frequentemente com pólen em suas corbículas e a última sem.

Figura 11. Frequência relativa (%) de abelhas com e sem cargas de pólen em cada espécie coletada no cultivar Campinas (Valinhos/1998), em relação ao número de indivíduos obtido para cada espécie.

Já as campeiras de *G. subterranea* e *Dialictus* sp modificaram o seu padrão de forrageamento entre os cultivares, sendo as da primeira espécie encontradas com maior frequência com cargas de pólen no cultivar CA (Figura 11), e sem no TO (Figura 12), enquanto para os indivíduos de *Dialictus* sp verificou-se o oposto (Figuras 11 e 12).

Figura 12. Frequência relativa (%) de abelhas com e sem cargas de pólen em cada espécie coletada no cultivar Toyonoka (Valinhos/1998), em relação ao número de indivíduos obtido para cada espécie.

DISCUSSÃO

1. Diversidade e abundância

As características pouco especializadas da flor do morangueiro - simetria radial, flor aberta em forma de prato, néctar bastante acessível, anteras expostas, boa oferta de pólen - atraem e permitem a visitação de uma grande variedade de insetos, como foi verificado neste estudo.

Contudo, as abelhas destacaram-se pela sua abundância nas duas áreas de cultivo, e este fato pode ser explicado por serem elas, em sua grande maioria, representadas por espécies eusociais, das tribos Apini e Meliponini. Essas abelhas vivem em colônias com centenas até milhares de indivíduos e necessitam de uma grande quantidade de pólen para alimentar a cria. Além disso, a presença de *A. mellifera*, nas duas áreas de estudo, esteve associada à existência de colméias racionais instaladas e mantidas em áreas vizinhas, próximas à cultura do morango.

Em outro estudo realizado em flores de morangueiro, no sul do Brasil (Godoy et al., 2000), a família Apidae apresentou uma abundância relativa inferior a duas famílias de Diptera, Tachinidae e Syrphidae. Dentre essas famílias, as espécies de Syrphidae são mais comuns como visitantes florais, alimentando-se de pólen e néctar em uma ampla variedade de flores em todo o mundo, sendo o pólen a base protéica para muitos sirfídeos adultos (Kevan & Baker, 1983). Ainda segundo esses autores, as espécies de Tachinidae, embora parasitas, também visitam as flores com uma certa frequência. Neste trabalho, porém, a família Tachinidae esteve representada por pouquíssimos indivíduos, enquanto Syrphidae foi a família mais abundante dentro os Diptera coletados nas flores do morangueiro, nas duas áreas de cultivo, representando 54% das moscas, em Atibaia, e 71%, em Valinhos.

Quanto as diferenças encontradas na abundância e na diversidade de abelhas visitando as flores do morangueiro, entre as duas áreas estudadas, sugere que, embora o uso de defensivos agrícolas tenha sido menos intenso em Valinhos, a pequena mancha de mata secundária preservada em Atibaia, entre outros fatores, deve ter favorecido a existência e

manutenção de ninhos de diversas espécies de abelhas, entre elas de meliponíneos. Na área estudada em Valinhos, praticamente não existiam faixas com vegetação natural, arbustiva e arbórea, e o solo disponível era quase totalmente utilizado para o cultivo de diversas espécies (figo, pêssego, lichia, caju, figo-da-índia, eucalipto, quiabo, tomate e couve-flor), o que também ocorria em sítios vizinhos.

A presença e a conservação de vegetação arbustiva e arbórea, não cultivada, próxima às áreas cultivadas, como capoeiras e remanescentes florestais, podem influenciar diretamente a abundância de ninhos selvagens de meliponíneos (Wille *et al.*, 1983; Boonithee *et al.*, 1991; Venturieri *et al.*, 1993; Heard & Exley, 1994; Brown & Albrecht, 2001). Se essas abelhas forem reconhecidas como polinizadores da cultura em questão, esta vegetação poderá também influenciar a sua produtividade. Outros autores têm demonstrado a existência da relação entre a presença de remanescentes florestais e o aumento na polinização e produção de culturas agrícolas (Coelho & De Marco Jr., 2001; Roubik, 2002).

Na Austrália, em pomares de macadamia, a abundância de *Trigona carbonaria* esteve correlacionada à extensão da vegetação natural de *Eucalyptus* sp circundante (Heard & Exley, 1994). Na Costa Rica, abelhas do gênero *Trigona* ocorreram em áreas cultivadas somente quando esta era circundada por 1 km de floresta (Wille *et al.*, 1983). Os meliponíneos foram visitantes comuns das flores de cupuaçu em áreas de cultivo próximas a florestas primárias, e estiveram ausentes quando estas áreas eram circundadas por habitats fragmentados (Venturieri *et al.*, 1993).

A faixa de mata secundária preservada em Atibaia deve ter garantido uma maior oferta de locais para a nidificação, não somente devido à presença de um maior número de ocos em troncos de árvores, mas também devido à presença de vegetação e solo não expostos continuamente a uma acentuada ação antrópica (capina, uso do arado, adubação, pastejo, etc.). Essa faixa, portanto, também pode favorecer o estabelecimento de espécies com nidificação subterrânea e aérea e a manutenção dessas populações de abelhas através da oferta de alimento (néctar e pólen) ao longo do ano.

As espécies mais abundantes em Atibaia, ou aquelas cujo número médio de indivíduos por coleta foi superior ao obtido em Valinhos, foram, justamente, aquelas que constroem ninhos aéreos, como *Trigona spinipes*, ou subterrâneos, como *Geotrigona subterranea*, *Schwarziana quadripunctata* e *Paratrigona subnuda*. No morangueiro cultivado no município de Jaboticabal (SP), *T. spinipes* foi a abelha mais freqüente (88,67%), seguida por *Apis mellifera* (11,33%) (Mota *et al.*, 1996). *T. spinipes* é uma espécie muito comum em ambientes modificados antropicamente, estando bem representada em áreas rurais e urbanas, onde haja disponibilidade de substrato adequado para a nidificação (Almeida & Laroca, 1988; Nogueira-Neto, 1997).

Quanto aos troncos das árvores da mata secundária existente em Atibaia, observou-se que a maioria deles apresentava um diâmetro relativamente pequeno, podendo abrigar em seus ocos apenas ninhos de espécies de menor porte. Essas espécies, nesse local, estiveram representadas nas flores do morangueiro por *T. angustula* e *Plebeia droryana*. Além disso, na borda da mata foram localizados dois ninhos: um de *T. angustula* e outro de *Nannotrigona testaceicornis*, sendo que esta última espécie nunca foi coletada ou observada nas flores do morangueiro, durante este estudo.

Em Valinhos, os meliponíneos com hábito de nidificação subterrâneo foram representados por *Geotrigona subterranea* e por *Schwarziana quadripunctata* embora se tenha obtido apenas um único exemplar desta última espécie nas flores do morangueiro.

O destaque de *A. mellifera* como espécie muito mais abundante nas flores do morangueiro em Valinhos, em relação a Atibaia, pode estar relacionado, principalmente, à ausência de outras fontes atrativas de alimento e à baixa intensidade de partilha nestas flores, devido à menor abundância de meliponíneos e outras abelhas no local.

O pequeno número de indivíduos e de espécies de meliponíneos coletados em Valinhos deve estar relacionado, por sua vez, à ausência de locais para a nidificação nas proximidades da cultura, devido ao uso intensivo do solo na região. Além disso, para *T. spinipes*, os valores reduzidos de abundância nesse local deve também refletir a destruição de seus ninhos pelos agricultores da região, uma vez que esta espécie tem causado danos a outras plantas cultivadas no local, como o pêssego e o figo-da-índia (Isaías Juliato, informação pessoal). Segundo diversos autores, *T. spinipes* já foi encontrada danificando plantas de diferentes culturas, como o feijão-guandu (Couto & Mendes, 1996), a acerola (Alves *et al.*, 1996) e a laranjeira (Malerbo, 1996).

O destaque de *Tetragonisca angustula* como o meliponíneo mais abundante nas flores do morangueiro, em Valinhos, deve estar associado à grande plasticidade de nidificação apresentada por esta espécie, ocupando os locais mais variados (cercas, muros de pedra ou alvenaria, paredes, caixotes abandonados, telhados, etc.), em áreas com grande influência antrópica (Nogueira-Neto, 1997).

2. Atividade de forrageamento e os fatores bióticos e abióticos

As espécies mais abundantes nas duas áreas de cultivo, *A. mellifera*, *T. spinipes*, *G. subterranea* e *S. quadripunctata*, em Atibaia, e *A. mellifera* e *T. angustula*, em Valinhos, estiveram, de um modo geral, mais fortemente associadas ao número total de abelhas coletadas em cada cultivar, revelando a sua importância local.

É interessante notar que, em Atibaia, a intensidade dessa associação variou entre os cultivares sendo, no Campinas, bem mais intensa para *G. subterranea* enquanto, no Dover, ela foi, de modo semelhante, mais intensa para as três primeiras espécies citadas acima. Essas diferenças sugerem que, embora as plantas dos dois cultivares tenham sido plantadas lado a lado, sujeitas às mesmas práticas de cultivo e às mesmas condições meteorológicas, entre o Dover e o Campinas, as espécies de abelhas exibiram uma distribuição diferenciada, de modo que a contribuição de cada espécie no número total de abelhas diferiu em cada cultivar.

Fatores como a densidade floral, o posicionamento das flores em relação às plantas, o volume de néctar e a quantidade de pólen produzidos por flor, a variação na taxa de produção do néctar e a sua concentração em açúcares, entre outros, juntamente com as características específicas das abelhas (condições climáticas necessárias para a atividade de vôo, sistemas de comunicação, tamanho da população colonial, etc.) podem ter produzido as diferenças encontradas nesse local. A densidade floral (flores/m²) foi avaliada neste estudo e revelou ser significativamente maior no Dover do que no Campinas.

Já em Valinhos, onde *A. mellifera* foi de longe a espécie mais abundante, e os meliponíneos praticamente escassos, não se obteve variações nessas relações entre os dois cultivares, e a associação entre *A. mellifera* e o total de abelhas coletadas no local foi bem mais intensa que aquela obtida para *T. angustula*, a segunda espécie mais abundante.

Os resultados obtidos para a correlação intraespecífica entre os dois cultivares, em Atibaia, revelaram que, para a maioria das espécies, incluindo-se as mais abundantes, o aumento no número de indivíduos em um cultivar não esteve intensa e significativamente

associado ao seu aumento no outro cultivar, embora esta relação tenha sido obtida para o total de abelhas coletadas no local. Somente *G. subterranea* apresentou esta associação entre os cultivares Campinas e o Dover. Já em Valinhos, obteve-se para todas as espécies de abelhas uma correlação positiva significativa entre os cultivares, com certas variações na intensidade dessas associações. A ausência de diferenças significativas na oferta floral e nas práticas culturais entre os cultivares Campinas e Toyonoka, plantados lado a lado, sugere que, em Valinhos, as diversas espécies apresentaram um padrão semelhante de forrageamento nestes cultivares, enquanto em Atibaia, para a maioria das espécies, isto não ocorreu. Entre os fatores que poderiam ter alterado esses padrões, cita-se a oferta floral diferenciada obtida para os dois cultivares e a ocorrência de floradas próximas mais atrativas, como a de assa-peixe (*Vernonia* sp – Asteraceae), planta comum nas proximidades da área de cultivo, cuja floração ocorreu no mês de julho.

Para os fatores abióticos, a ocorrência de coeficientes de correlação elevados e com baixa probabilidade somente foi obtida para a associação entre a temperatura do ar em relação às campeiras de *T. angustula* e de *P. subnuda*. Essas relações intensas, embora não significativas, devido ao grande rigor utilizado nesta análise, devem ser consideradas, uma vez que é de conhecimento geral que os meliponíneos de menor porte, incluindo-se essas duas espécies, apresentam uma dependência maior da temperatura para iniciar a sua atividade de vôo (Iwama, 1977; Kleinert-Giovannini, 1982; Mouga, 1984; Imperatriz-Fonseca *et al.*, 1985). Contudo, no cultivar Campinas, as campeiras de *P. subnuda* não apresentaram uma associação tão intensa com a temperatura, e a probabilidade foi mais elevada. É provável que o número de indivíduos coletados nesse cultivar, que foi menor em relação àquele obtido no Dover, tenha sido insuficiente para que este tipo de associação pudesse ser detectada.

É interessante notar que o horário médio no qual os indivíduos dessas duas espécies foram mais frequentes ocorreu sempre após o horário apresentado pelas outras espécies de maior porte, coincidindo com o período do dia no qual a temperatura do ar é geralmente mais elevada. Segundo Willmer & Unwin (1981), diferenças interespecíficas nos padrões de atividade das abelhas estão relacionadas diretamente à variação no tamanho corporal: insetos pequenos são mais ativos em níveis mais elevados de radiação solar, o que normalmente ocorre próximo ao meio do dia; insetos maiores obtêm e mantêm mais facilmente uma temperatura corporal mais elevada que a do ambiente, podendo alcançar mais rapidamente a temperatura necessária para iniciar a atividade de vôo, sob condições de baixa radiação. Portanto, espécies maiores podem iniciar a atividade de vôo mais cedo e apresentar um pico de atividade nas flores anterior ao de espécies de menor porte. Este padrão porém não foi obtido para *Dialictus* sp, um Halictidae de pequeno porte (3 a 5 mm - fêmea), mas o pequeno número de indivíduos coletados pode ter interferido nesse resultado.

Embora fosse esperada uma correlação entre o número de abelhas e a oferta floral, em cada cultivar, esta não ocorreu. Pode ser que fatores como a aplicação de inseticidas e a presença de outras floradas mais atrativas tenham influenciado neste resultado. Em uma coleta realizada logo após a aplicação de um acaricida, no cultivar Campinas, verificou-se uma queda acentuada no número de abelhas em atividade nas flores, até a completa interrupção do forrageamento. Infelizmente, não foi possível determinar mais claramente a influência dos pesticidas na atividade das abelhas, porque foram diversos os produtos utilizados e não houve regularidade nestas aplicações.

Também é preciso considerar que o aumento no número de flores não se traduz necessariamente em um aumento na oferta de recursos. No morangueiro, à medida que

aumenta a produção de flores, estas diminuem de tamanho. Flores de menor porte podem apresentar um néctario pequeno e produzir um menor volume de néctar; também podem apresentar um número inferior de anteras e, conseqüentemente, produzir uma quantidade menor de pólen. Teuber *et al.* (1980) mostraram que a produção de néctar, na alfafa, esteve relacionada ao tamanho do receptáculo floral.

3. Utilização de recursos florais

Os cultivares Dover e Toyonoka apresentaram uma abundância relativa maior de abelhas coletando pólen em suas flores que o Campinas, e isto pode estar relacionado à oferta de uma maior quantidade deste recurso nestes cultivares. Para o Dover, essa maior oferta de pólen pode estar associada à produção de uma maior quantidade de flores, pois este cultivar produziu significativamente mais flores que o Campinas. Como entre os cultivares Toyonoka e Campinas não se obteve uma diferença significativa para a oferta floral, pode-se sugerir que a produção de pólen por flor tenha sido maior.

Free (1993) verificou que abelhas visitando um cultivar de *Fragaria x ananassa* tinham cerca de duas vezes mais pólen que aquelas visitando outras cultivares, e que a maior parte desta variação deveria ser ocasionada pelas diferenças na quantidade de pólen produzido por estas flores.

Analisando-se cada espécie separadamente, verificou-se que, para *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Geotrigona subterranea*, a abundância relativa de abelhas com pólen em suas corbículas foi sempre superior a 60% nas duas áreas de estudo, exceto para *G. subterranea*, no cultivar Toyonoka, cultivado em Valinhos. Antonelli *et al.* (1988) verificaram que 80% das campeiras de *Apis mellifera* forrageavam pólen nas flores do morangueiro e, segundo Jaycox (1970), este recurso é o principal atrativo dessas flores. Contudo, como as abelhas podem coletar pólen e néctar ao mesmo tempo, e a coleta de néctar não foi quantificada neste estudo, não foi possível determinar o grau de atratividade desses recursos.

No cultivar Toyonoka, porém, o néctar pode ter sido o principal atrativo para as campeiras de *G. subterranea*, pois 80% delas foram capturadas sem cargas de pólen. Como em Valinhos não se obteve uma diferença significativa entre as floradas dos dois cultivares, a presença de um maior número de *A. mellifera* coletando pólen nas flores do Toyonoka deve ter ocasionado o esgotamento mais rápido deste recurso, em relação ao outro cultivar. Por sua vez, *G. subterranea* apresentou um maior abundância de indivíduos em um horário médio posterior àquele apresentado por *A. mellifera* nos dois cultivares. Conseqüentemente, no Toyonoka, as flores encontradas pelas campeiras de *G. subterranea* ou não apresentavam mais pólen, ou devem ter oferecido uma quantidade menor em relação ao outro cultivar, tornando a sua coleta menos proveitosa. É interessante notar que *Dialictus* sp apresentou uma maior abundância de indivíduos com pólen justamente no Toyonoka, e nenhum indivíduo com este recurso no cultivar Campinas. Porém, diferentemente de *G. subterranea*, esta espécie de abelha apresentou um maior número de indivíduos nas flores em um horário que antecedeu ao apresentado por outras espécies.

Para *Tetragonisca angustula*, as porcentagens de abelhas com e sem pelotas de pólen foram muito próximas e variáveis entre os cultivares utilizados, tanto em Atibaia como em Valinhos. Esta espécie normalmente apresenta um comportamento bastante plástico de forrageamento, coletando até mesmo o resto de pólen derrubado e deixado nas flores por abelhas de maior porte (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 1984).

Durante a contagem dos indivíduos com pelotas de pólen, observou-se a presença de uma grande quantidade deste recurso no corpo de *G. subterranea*, *S. quadripunctata* e *Trigona spinipes*, principalmente na porção inferior do tórax. Observando o comportamento dessas abelhas na flor, verificou-se que este foi muito semelhante àquele descrito por Chagnon *et al.* (1993) para *A. mellifera*, principal espécie utilizada em regiões de clima temperado para a polinização do morangueiro (Crane & Walker, 1984). Estas observações, juntamente com a abundância relativa obtida para essas espécies nas áreas de cultivo estudadas, sugerem que esses meliponíneos podem ser de grande importância para a polinização dessa cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.C. & LAROCA, S. 1988 *Trigona spinipes* (Apidae, Meliponinae): taxonomia, bionomia e relações tróficas em áreas restritas. *Acta Biol. Par.*, Curitiba, v.17, n.1 a 4, p.67-108.
- ALVES, E.U. AZEREDO, G.A.de & LORENZON, M.C.A. 1996 *Trigona spinipes* (Hym: Meliponinae) danificando acerola (*Malpighia glabra*). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- ANTONELLI, D.F. MAYER, D.F. BURGETT, D.M. & SJULIN, T. 1988 Pollinating insects and the strawberry yields in the Pacific Northwest. *American Bee Journal*, v.128, n.9, p. 618-620.
- BOONITHEE, A. JUNTAWONG, N. PECHHACKER, H. & HÜTTINGER, E. 1991 Floral visits to select crops by four *Apis* species and *Trigona* sp. in Thailand. *Int. Symp. Pollin.*, 6th, Tilburg, *Acta Hort.*, v.288, p.74-80.
- BROWN, J.C. & ALBRECHT, C. 2001 The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. *Journal of Biogeography*, v.28, p.623-634.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1989 Pollination rate of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, v.82, p.1350-1353.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1993 Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, v.86, p.416-420.
- COELHO, F.M. & DE MARCO JR., P 2001 Serviços ambientais: influência de remanescentes florestais na polinização e produção de culturas agrícolas. *Anais V Congresso de Ecologia do Brasil*, Porto Alegre (RS), p.234.
- CONNOR L.J. & MARTIN, E.C. 1973 Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience*, v.8, n.4, p.304-306.
- COUTO, L.A. & MENDES, J.N. 1996 Influência da polinização entomófila na cultura do feijão guandú (*Cajanus cajan* L.). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- CRANE, E. & WALKER, P. 1984 *Pollination directory for world crops*. International Bee Research Association, London, 183p.
- CRUZ, P.C. 1999 A situação da cultura do morangueiro no Estado de São Paulo. In: *Morango. Tecnologia de produção e processamento*. (Jaime Duarte Filho, Geraldo M. A. Cançado, Murillo A. Regina, Luís E. C. Antunes & Marcos A. M. Fadini eds.) Editora Agropecuária, pp.129-130.

- FREE, J.B. 1993 *Insect pollination of crops*. London: Academic.
- GODOY, W.I. BARROS, I.B.I.de & JAMHOUR, J. 2000 Identificação das principais famílias de polinizadores em duas cultivares de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.), Campinas e Oso Grande. *Anais XIII Congresso Brasileiro de Apicultura*, Florianópolis (SC), A. 029.
- GOODMAN, R.D. & OLDROYD, B.P. 1988 Honeybee pollination of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.28, p.435-438.
- HEARD, T.A. & EXLEY, E.M. 1994 Diversity, abundance, and distribution of insect visitors to macadamia flowers. *Environ. Entomol.*, v.23, p.91-100.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. KLEINERT-GIOVANNINI, A. CORTOPASSI-LAURINO, M. & RAMALHO, M. 1984 Hábitos de coleta de *Tetragonisca angustula* Latreille (Apidae, Meliponinae). *Bol. Zool.*, v.8, p.115-31
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. KLEINERT-GIOVANNINI, A. & PIRES J.T. 1985 Climate variations influence on the flight activity of *Plebeia remota* Holmberg (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Rev. Bras. Ent.*, v.29, n.3-4, p.427-434.
- IWAMA, S. 1977 A influência de fatores climáticos na atividade externa de *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponinae). *Bol. Zool. USP*, v.2, p.189-201.
- JAYCOX, E.R. 1970 Pollination of strawberries. *American Bee Journal*, v.110, n.1, p.176-177.
- KAKUTANI, T. INOUE, T. TEZUKA, T. & MAETA, Y. 1993 Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, and the honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. *Rev. Popul. Ecol.*, v.35, p.95-111.
- KEVAN, P.G. & BAKER, H.G. 1983 Insects as flowers visitors and pollinators. *Ann. Rev. Entomol.*, v.28, p. 407-453.
- KLEINERT-GIOVANNINI, A. 1982 The influence of climatic factors on flight activity of *Plebeia emerina* Friese (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) in winter. *Rev. Bras. Ent.*, v.26, n.1, p.1-13.
- MAETA, Y. TEZUKA, T. NADANO, H. & SUZUKI, K. 1992 Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis*, as a pollinator of strawberries. *Honeybee Sci.*, v.13, p.71-78.
- MALERBO-SOUZA, D.T. 1996 Polinização utilizando atrativos químicos em cafezal e laranjais. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- MOTA, M.O.S. & NOGUEIRA-COUTO, R.H. 1996 Polinização e uso de atrativos para as abelhas *Apis mellifera* em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* D.). *Anais do II Encontro sobre Abelhas*, Ribeirão Preto (SP), p.319.
- MOUGA, D.M.D.S. 1984 Atividade de coleta de *Paratrigona subnuda* (Moure) (Apidae, Meliponinae). Tese (mestrado). Depto. de Zoologia, USP, São Paulo, 117p.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997 *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. Editora Nogueirapis, São Paulo, 445p.
- NYE, W.P. & ANDERSON, J.L. 1974 Insect pollinators frequenting strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.99, n.1, p.40-44.
- PESSON, P. & LOUVEAUX, J. 1984 *Pollinisation et productions végétales*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, 663p.
- ROUBIK, D.W. 2002 The value of bees to the coffee harvest. *Nature*, v.417, p.708.

- SVENSSON, B. 1991 The importance of honey-bee-pollination for the quality and the quantity of strawberries (*Fragaria x ananassa*) in Central Sweden. *Acta Hortic.*, v.288, p.260-264.
- TEUBER, L.R. ALBERTSEN, M.C. BARNES, D.K. & HEICHEL, G.H. 1980 Structure of floral nectaries of alfafa (*Medicago sativa* L.) in relation to nectar production. *Am. J. Bot.*, v.67, p.433-439.
- VENTURIERI, G.A., PICKKERSGILL, B. & OVERAL, W.L. 1993 Floral biology of the Amazonian fruit tree "cupuassu" (*Theobroma grandiflorum*). In *Biodiversity and Environment – Brazilian Themes for the Future*, London, p.23. London: Linn. Soc. London, R. Bot. Gard.
- WILLE, A. OROZCO, E. & RAABE, C. 1983 Polinización del chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, v.31, p.145-154.
- WILLMER, P.G. & UNWIN, D.M. 1981 Fields analyses of insect heat budgets: reflectance, size and heating rates. *Oecologia*, v.50, p.250-255.
- ZAR, J.H. 1999 *Biostatistical analysis* 4th edition, Prentice Hall, New Jersey, 663p.
- ZEBROWSKA, J. 1998 Influence of pollination medes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Plant Breeding*, v.17, p.255-260.

CAPÍTULO 3

A contribuição de diversos agentes de polinização na produção de diferentes cultivares de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne).

ABSTRACT

In order to know the contribution of several pollination agents in strawberry yield we studied floral and reproductive biology of primary flowers in three cultivars 'Campinas', 'Sweet Charlie' and 'Oso Grande'. This study was conducted in two commercial fields in São Paulo State (Brazil). First we verified floral longevity and availability, pollen viability, stigma receptivity, nectar volume and its sugar concentration. Later we used several pollination treatments: emasculation, spontaneous self-pollination, hand self-pollination, hand cross-pollination, wind-motion pollination, stingless bee pollination and open pollination (control). We also evaluated bee effect on pollination after one and four visits and we registered some behavioural aspects: length of visits, stigma contact, gathered material, presence of pollen loads and movement patterns on flowers. Our results revealed that although self compatible, primary flowers of these cultivars need a pollinator to produce marketable berries because floral morphology and maturation patterns of stigma and stamens do not favour self-pollination, mediated by gravity, wind or human interference. For the 'Oso Grande' cultivar stingless bee pollination and control presented the highest percentage of well formed berries and the heaviest fruits. Moreover we verified that differences in behavioural patterns of bees can result in pollination of different areas of floral receptacle suggesting the existence of a complementary effect by bees in these primary flowers.

RESUMO

Com o objetivo de se avaliar o efeito da polinização na produção do morangueiro, fez-se um estudo da biologia floral e reprodutiva das flores primárias dos cultivares 'Campinas', 'Oso Grande' e 'Sweet Charlie' nos municípios de Jarinu e Atibaia, no Estado de São Paulo (Brasil). Verificou-se a longevidade e a oferta floral, a viabilidade polínica, a receptividade dos estigmas, a produção néctar e a sua concentração em açúcares. No período de produção comercial (de maio a outubro), ao longo de 4 anos, foram realizados diversos tratamentos: emasculação, autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual, polinização pelo vento, polinização por *Tetragonisca angustula*, polinização natural (controle) e polinização controlada (flores expostas a um número restrito de visitas). Os resultados obtidos revelaram que, embora autocompatíveis, as flores primárias desses cultivares necessitam de um polinizador para a produção de frutos para o mercado *in natura* (sem deformações), pois a morfologia destas flores e o padrão de maturação de seus estames e pistilos não favoreceram a ocorrência da autopolinização, quer mediada pela gravidade, pelo vento ou pelo manejo da cultura. No cultivar 'Oso Grande', a polinização por *T. angustula* e o controle produziram os frutos mais pesados e as porcentagens mais elevadas de frutos bem formados. Além disso, no cultivar 'Oso Grande', verificou-se que os diferentes padrões de comportamento na flor, apresentado por diferentes espécies de abelhas, resultaram na polinização de diferentes regiões do receptáculo floral, sugerindo a existência de um efeito complementar na polinização por essas abelhas.

INTRODUÇÃO

Embora as flores de todos os cultivares comerciais de morango sejam bissexuais e autoférteis (Crane & Walker, 1984), os diversos cultivares apresentam variações na capacidade de autopolinização de suas flores (Connor & Martin, 1973; Zebrowska, 1998). Geralmente, essas variações estão relacionadas à morfologia e à fisiologia floral e determinam o grau de dependência destes cultivares à polinização por insetos (Bagnara & Vincent, 1988; Zebrowska, 1998).

Os morangos resultam do desenvolvimento do receptáculo da flor e, na natureza, não há o crescimento do morango sem que o óvulo contido nos pistilos tenha sido fertilizado (Nitsch, 1950). A fertilização de apenas parte dos óvulos resulta em morangos

com diferentes padrões de deformação, enquanto as flores completamente fertilizadas produzem frutos bem formados, de bom tamanho e de maturação precoce, sendo o seu peso aproximadamente proporcional ao número de óvulos fecundados (Nitsch, 1950; Chagnon *et al.*, 1989).

Porém, para que os óvulos sejam fertilizados, é preciso que antes ocorra a polinização. No morangueiro, vários são os agentes que promovem a autopolinização: a gravidade, quando alguns grãos de pólen caem sobre os estigmas; o vento, quando o pólen de uma flor é derrubado ou levado até os estigmas da própria flor; e os insetos ao balançarem e/ou se movimentarem na flor (Jaycox, 1970; Connor & Martin, 1973; Nye & Anderson, 1974; Zebrowska, 1998). Porém, somente os insetos são capazes de transportar o pólen entre as flores de diferentes plantas, promovendo a polinização cruzada (Jaycox, 1970; Zebrowska, 1998). Segundo diversos autores (Nye & Anderson, 1974; Crane & Walker, 1984; Free, 1993), a ocorrência da polinização cruzada é favorecida pela diferença temporal que existe na maturação dos estigmas e das anteras nas flores dos morangueiros.

Contudo, para se avaliar a importância da polinização por insetos na produção de morangos, é preciso considerar a hierarquia floral. Como as flores primárias possuem o maior número de pistilos, e isto se traduz em um maior número de óvulos a ser fecundados, estas flores podem apresentar uma dependência maior da polinização por insetos para serem completamente polinizadas (Chagnon *et al.*, 1989; Zebrowska, 1998). Além disso, as flores primárias possuem, de um modo geral, anteras com uma altura inferior à do receptáculo, o que também contribui para uma redução na eficiência da autopolinização (Connor & Martin, 1973).

O objetivo deste estudo foi determinar a contribuição relativa dos diversos agentes de polinização na produção de alguns cultivares de morangueiro, utilizados no Estado de São Paulo, (Brasil), bem como compreender a suas causas.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Biologia floral

Em 1998, no município de Jarinu (SP) (23°06'S/46°43'W, altitude 889m), para os cultivares 'Campinas' (CA) e 'Oso Grande' (OS), verificou-se a longevidade floral, a deiscência e a receptividade em flores primárias. Os dois primeiros itens foram estudados através da observação direta do desenvolvimento de flores primárias, marcadas ainda em botão.

Para o teste de receptividade, foram utilizadas flores com diferentes idades, sem nenhum estigma polinizado (sem coloração escura), que haviam sido ensacadas ainda em botão. Como as flores receptivas apresentam enzimas em seus estigmas, utilizou-se o teste com peróxido de hidrogênio (H₂O₂ – 20 volumes) para se detectar a peroxidase, cuja presença é indicada pela formação de borbulhas no estigma. Estas borbulhas ocorrem devido à liberação do gás oxigênio promovida pela quebra das moléculas de peróxido de hidrogênio.

Em 1999 e em 2000, estudou-se a biologia floral dos cultivares OS e 'Sweet Charlie' (SC), no município de Atibaia (SP) (25°07'S/46°50'W, altitude 744m), sob diferentes sistemas de cultivo: aberto (no campo, em 1999, e em uma área coberta, em 2000) e fechado (na estufa). Os seguintes aspectos foram avaliados:

a) longevidade floral, momento da antese, período de exposição do pólen, alterações na coloração e na posição dos verticilos florais – através da observação direta e registro diário de flores individuais (n=15), desde o botão até a sua senescência;

- b) viabilidade polínica de flores com diferentes idades – através da determinação da porcentagem de grãos de pólen germinando em solução açucarada (germinação “in vitro” - Dafni, 1992), obtida pela contagem, em microscópio óptico, de cerca de 100 grãos em cada amostra;
- c) receptividade dos estigmas em flores de diferentes idades – através da determinação da porcentagem de estigmas com reação positiva à solução de Baker (Dafni, 1992);
- d) volume de néctar – retirando-se o néctar de flores primárias com diferentes idades, com o auxílio de microseringas graduadas (5µl e 10µl); essas flores foram ensacadas no momento da antese e a coleta foi realizada em dois períodos do dia: das 9:00 às 12:00h e das 15:00 às 18:00h;
- e) concentração de açúcares no néctar – (total de sólidos dissolvidos em peso de sucrose por peso da solução) foi determinada logo após a coleta do néctar, através de refratômetros manuais, individualmente para as flores que apresentaram um volume igual ou superior a 6 µl ou para duas ou mais flores com valores inferiores a este. Após a obtenção dos valores no refratômetro, estes foram corrigidos pela temperatura do ar no momento da leitura.

Em função da normalidade ou não dos dados, para a análise estatística, foram aplicados testes paramétricos ou não paramétricos: teste t para amostras pareadas (t), Mann-Whitney (Z), Kruskal-Wallis (H) e Dunn (Q) (Zar, 1999). Esses testes foram sempre realizados com um α igual a 0,05.

2. Biologia reprodutiva

Em todos os tratamentos de polinização, foram utilizadas somente flores primárias, por serem mais dependentes da polinização por insetos e por produzirem frutos grandes, de maior interesse comercial.

Diariamente, diversos botões florais primários foram etiquetados e acompanhados até o momento de sua abertura, quando foram ensacados ou não, de acordo com o tratamento de polinização a ser recebido.

Em 1998, em uma área de cultivo aberto, no município de Jarinu (SP), as flores primárias dos cultivares ‘Campinas’ (CA) e ‘Oso Grande’ (OS) foram utilizadas em dois tratamentos: polinização natural (controle) e autopolinização espontânea (flores ensacadas com papel permeável). A autopolinização espontânea foi considerada, tanto neste ano como nos anos subsequentes, como aquela promovida pela gravidade e pelo balanço das flores provocado tanto pelo vento, quanto pelo homem no manejo da cultura. Os frutos, após a colheita, foram pesados e classificados quanto à sua formação: bem formado, regular, deformado ou muito deformado (conforme Kakutani *et al.*, 1993).

A classificação dos frutos quanto à forma foi utilizada para a determinação da porcentagem de morangos para o comércio *in natura*: os frutos bem formados e regulares, aceitos para este mercado, foram agrupados como frutos com valor comercial, enquanto os deformados e muito deformados, geralmente não aceitos para este mercado e destinados à indústria para a fabricação de geléias, sucos e iogurtes, foram agrupados como frutos sem valor comercial.

Em 1999, no município de Atibaia (SP), foi realizado um estudo preliminar da biologia reprodutiva dos cultivares ‘Sweet Charlie’ (SC) e OS, sob dois sistemas de cultivo: aberto (campo) e fechado (estufa). Foram utilizados cinco tratamentos: emasculação, autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e polinização natural (controle).

Para verificar a ocorrência de agamospermia, foram emasculados 5 botões florais pequenos (com pétalas não visíveis) de cada cultivar, em cada área (campo e estufa), e estes permaneceram ensacados até o momento da colheita. No tratamento de

autopolinização espontânea, as flores foram ensacadas no início da antese, e assim permaneceram até o período de maturação dos frutos.

Visando a padronização dos demais experimentos, em ambos os cultivares, e nos dois sistemas de cultivo (campo e estufa), os tratamentos de polinização manual foram sempre aplicados em flores com 4 dias de idade. Essas flores foram escolhidas por apresentarem as condições necessárias para a realização desses tratamentos: acúmulo de pólen nas anteras, grãos de pólen com uma taxa de viabilidade próxima aos valores máximos e mais de 90% de seus estigmas receptivos e nenhum deles polinizado espontaneamente.

Para a polinização cruzada, foi utilizada uma mistura de pólen de, no mínimo, dez flores primárias (doadoras), com 4 dias de idade, oriundas de outras plantas do mesmo cultivar. De um modo geral, o pólen obtido dessas dez flores foi suficiente para a polinização manual de outras três ou quatro flores.

Em 2000, no município de Atibaia (SP), os mesmos cultivares de 1999, cultivados no campo e na estufa, receberam três tratamentos: polinização cruzada manual, polinização natural (controle) e autopolinização espontânea. Para cada um dos tratamentos, procurou-se utilizar cerca de 30 flores, de cada cultivar, em cada área. Para a polinização cruzada manual, foram utilizadas, como doadoras de pólen, flores com 3 dias de idade, por apresentarem, geralmente, uma taxa de viabilidade polínica maior.

Um quarto tratamento foi utilizado em estufa, no cultivar OS: a polinização por *Tetragonisca angustula*. As flores primárias expostas ao forrageamento de *T. angustula* foram visitadas livremente por estas abelhas, sem o registro do número de visitas.

Em 2001, com o objetivo de melhor avaliar os resultados obtidos em anos anteriores, utilizou-se, nos cultivares OS e SC, em área aberta, os seguintes tratamentos: polinização natural (controle), polinização pelo vento e autopolinização espontânea. Na polinização pelo vento, a emasculação das flores não foi utilizada porque, no morangueiro, o vento não transporta o pólen entre as flores de diferentes plantas, como o faz em plantas anemófilas, promovendo uma autopolinização (Goodman & Oldroyd, 1988; Zebrowska, 1998).

O efeito dos tratamentos utilizados em 1999, 2000 e 2001, na produção de morangos, foi avaliado através da determinação do peso fresco dos frutos colhidos e da classificação desses frutos, quanto à forma, em quatro categorias: bem formado, regular, deformado ou muito deformado. Também foram registrados os locais dos frutos em que ocorriam as deformações: base, lateral e ponta. Para estabelecer a efetividade de cada tratamento, determinou-se a taxa de fecundação de cada fruto através da contagem dos aquênios fecundados e não fecundados. Para a realização dessa contagem utilizou-se, com algumas modificações, o método de Thompson (1971), que consiste em separar os aquênios viáveis dos não viáveis através da sua capacidade de flutuação. Esse autor, verificou, através de testes de germinação, que os aquênios viáveis afundam em solução aquosa enquanto aqueles não viáveis flutuam e contando esses aquênios ele quantificou a taxa de fecundação. Neste estudo, diferentemente do modo utilizado por Thompson (1971), os aquênios foram removidos dos frutos manualmente com o auxílio de pinças e, em seguida, colocados em recipientes com água para avaliação da sua capacidade de flutuação.

Ainda em 2001, em uma área coberta de cultivo, flores primárias dos dois cultivares estudados, previamente ensacadas, foram expostas a 6 tratamentos de polinização controlada: 1 visita por *Apis mellifera* (Apidae), 1 visita por *Trigona spinipes* (Apidae), 1 visita por *Dialictus* sp (Halictidae), 4 visitas por *A. mellifera*, 4 visitas por *T. spinipes* e 4 visitas mistas (*A. mellifera* e *T. spinipes*). Essas flores foram expostas aos visitantes quando apresentavam todos os seus estigmas receptivos e nenhum deles polinizado. Após a obtenção do número de visitas desejado, elas foram novamente ensacadas, assim permanecendo até o período de maturação dos frutos.

Cada pouso na flor foi considerado como uma visita e, durante cada exposição, os seguintes aspectos do comportamento das abelhas foram registrados: tempo de permanência na flor, presença de carga de pólen, tipo de alimento coletado, contato com os estigmas e padrões de deslocamento na flor durante a coleta de alimento. Após a colheita, os frutos foram pesados, classificados quanto à sua forma e congelados, para posterior determinação do número de aquênios e da taxa de fecundação em cada tratamento. Para o tratamento de polinização em uma visita, também foi feito o registro das regiões nas quais os frutos apresentavam deformações (ponta, lateral e base).

Os dados obtidos para cada variável estudada - número de aquênios, taxa de fecundação, peso fresco e classificação dos frutos quanto à forma - foram analisados estatisticamente através de comparações: 1) entre os cultivares e os sistemas de cultivo em um mesmo tratamento, 2) entre os tratamentos em um mesmo cultivar e 3) entre os dois anos de estudo (2000 e 2001). Para a análise estatística, foram utilizados testes não-paramétricos, Mann-Whitney (Z), Kruskal-Wallis (H) e o teste *a posteriori* de Dunn (Q). Como a distribuição dos dados, referentes ao ano de 1998, não apresentou um desvio significativo em relação à distribuição normal, estes foram analisados através do teste t para amostras não pareadas (t) (Zar, 1999). Todos esses testes foram realizados com um α igual a 0,05.

O efeito dos diversos agentes de polinização na produção foi determinado através da contribuição percentual no peso médio dos frutos primários, em cada tratamento realizado em 2001, utilizando-se a fórmula abaixo, conforme Zebrowska (1998):

$$A = \frac{X_a}{X_i} \times 100\%$$

$$V = \frac{X_v - X_a}{X_i} \times 100\%$$

$$I = \frac{X_i - X_v}{X_i} \times 100\%$$

$$A(\%) + V(\%) + I(\%) = 100\% (X_i)$$

onde: A é o efeito da autopolinização espontânea, V é o efeito da polinização pelo vento, I é o efeito da polinização por insetos, X_a é o peso médio dos frutos resultantes da autopolinização espontânea, X_v é o peso médio dos frutos da polinização pelo vento e X_i é o peso médio dos frutos da polinização natural (controle).

Essa fórmula também foi utilizada em relação à porcentagem de frutos para a comercialização *in natura*, com objetivo de se quantificar a contribuição percentual dos diversos agentes de polinização neste outro aspecto da produção. Para isto, os valores de peso médio dos frutos foram substituídos pela frequência relativa de frutos para o mercado *in natura*.

Ainda com o objetivo de verificar a interferência da polinização sobre a comercialização do morango, foram determinados, para os frutos com valor e sem valor comercial, em cada cultivar, a média e o desvio padrão para as taxas de fecundação, o número de aquênios e o peso dos frutos. A estatística utilizada para a análise desses dados foi o teste de Mann-Whitney (Z). O teste de Kruskal-Wallis (H) e o teste *a posteriori* de Dunn (Q) foram aplicados nos valores obtidos para estas mesmas variáveis, ao se comparar as quatro categorias utilizadas na classificação dos frutos quanto à forma - bem formado, regular, deformado e muito deformado -, com o objetivo de se verificar a existência de diferenças significativas entre elas.

Em 2001, fez-se o registro da temperatura do ar e da umidade relativa, na área aberta e na estufa, utilizando-se termohigrômetros digitais. As leituras foram efetuadas simultaneamente nessas duas áreas, por volta das 9:00h da manhã, nos meses de julho a setembro. Também foram registrados os valores máximos e mínimos para essas duas

variáveis. O teste de Wilcoxon para amostras pareadas (Zar, 1999) foi utilizado para comparar os valores obtidos ao longo dos 3 meses entre as duas áreas.

RESULTADOS

1. Biologia floral

Em 1998, no município de Jarinu (SP), verificou-se que as flores primárias do ‘Campinas’ (CA) e do ‘Oso Grande’ (OS) apresentaram, sob cultivo aberto, uma longevidade de 6 dias. A liberação do pólen teve início no botão floral grande (com as pétalas parcialmente visíveis) e a reação dos estigmas ao peróxido de hidrogênio foi mais intensa nas flores mais velhas. Como as flores primárias possuem centenas de pistilos, este resultado indica que um maior número de estigmas se torna receptivo à medida que a flor envelhece. Inicialmente, a reação ocorreu nos estigmas inferiores e laterais e, posteriormente, nos estigmas superiores, indicando que a maturação dos estigmas ocorre da base para o ápice do receptáculo floral.

Em 1999 e em 2000, no município de Atibaia (SP), verificou-se que a antese ocorreu em diferentes horas do dia e, uma vez aberta, a flores do OS e do ‘Sweet Charlie’ (SC) assim permaneceram durante 6 dias. As pétalas que se encontravam na posição vertical, no momento da antese, inclinaram-se até o 4º dia, atingindo a posição horizontal, voltando no 6º dia à posição inicial. Os estames também acompanharam este movimento das pétalas, afastando-se dos estigmas após o 2º dia (Tabela I), sendo este processo muito sutil no cultivar SC, e bastante acentuado no OS.

No 6º dia após a antese, as pétalas, murchas e escurecidas, soltaram-se da flor e, apesar disso, essas flores ainda apresentavam néctar e os estigmas não polinizados receptivos.

Tabela I. Eventos nas flores dos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’ cultivados em área aberta (campo).

Idade floral	Exposição do pólen		Aparência dos estigmas		Distância entre anteras e estigmas		Cor e aparência: Pétalas	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS
1 dia	parcial	parcial	secos	alguns úmidos	juntos	juntos	brancas e firmes	brancas e firmes
2 dias	total	total	alguns úmidos	maioria úmido	juntos	próximos	brancas e firmes	brancas e firmes
3 dias	total	total	alguns úmidos	úmidos	próximos	afastados	brancas e firmes	brancas e firmes
4 dias	total	total	maioria úmido	úmidos	afastados	distantes	brancas e firmes	brancas e firmes
5 dias	total	total	úmidos	úmidos	próximos	afastados	brancas e firme	brancas e firme
6 dias	total	total	úmidos	úmidos	próximos	próximos	escuras e murchas	escuras e murchas

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’, OS = ‘Oso Grande’.

Para o cultivar SC, verificou-se, no final da vida da flor, uma redução acentuada na porcentagem de grãos de pólen viáveis. Esta redução foi obtida em momentos distintos, em função do sistema de cultivo: na estufa, ela ocorreu no 5º dia de vida da flor e, na área aberta, no 6º dia (Tabela II).

Tabela II. Viabilidade polínica em diferentes idades florais: porcentagem de germinação *in vitro* - média, (desvio padrão) e [valor mínimo e máximo].

Cultivar	Sistema de cultivo	Idade floral									
		2 dias	n	3 dias	n	4 dias	n	5 dias	n	6 dias	n
SC	Estufa	37,4 (16,2) [18,5 a 60,4]	7		0	35,7 (13,5) [15,7 a 62,0]	9	10,3 (5,2) [2,5 a 17,1]	7	8,0 (4,2) [1,7 a 14,0]	7
	Campo	40,3 (17,8) [19,1 a 57,1]	5	52,4 (21,0) [15,0 a 80,8]	13	50,5 (18,5) [18,0 a 72,6]	6	51,5 (15,1) [27,1 a 67,0]	5	11,0 (16,3) [1,9 a 43,9]	5
OS	Estufa	38,5 (11,7) [26,2 a 52,5]	4		0	45,1 (13,8) [20,4 a 60,8]	8	32,0 (14,0) [17,0 a 53,6]	6	4,0 (3,8) [0 a 11,5]	8
	Campo	47,8 (11,2) [32,4 a 63,6]	10	44,8 (16,5) [20,5 a 67,7]	13	54,8 (14,9) [31,7 a 68,1]	5	40,8 (19,1) [14,6 a 70,2]	6	19,5 (11,5) [0 a 39,1]	8

Legenda: SC = cultivar 'Sweet Charlie', OS = 'Oso Grande', n= número de flores.

No OS, nos dois sistemas de cultivo, obteve-se uma redução nos valores médios de viabilidade polínica somente no 6º dia de vida da flor, sendo esta redução mais acentuada na estufa (Tabela II). Apesar de os valores médios obtidos para a viabilidade polínica serem relativamente baixos, em ambos os cultivares, houve uma grande variação entre os valores mínimo e máximo em cada idade floral (Tabela II).

As flores primárias do SC, quando em área aberta (campo), apresentaram todos os seus estigmas receptivos a partir do 5º dia de vida, enquanto no OS isto ocorreu do 3º dia em diante (Tabela III). Quando sob cultivo fechado, as flores do SC apresentaram 100% de seus estigmas receptivos a partir do 4º dia e as do OS já no 2º dia (Tabela III). Através do teste de Baker, confirmou-se que, nestes cultivares, os estigmas da região basal são os primeiros a se tornarem receptivos e os superiores os últimos.

Tabela III. Receptividade do estigma (% de estigmas corados em solução de Baker): média aritmética e desvio padrão.

Cultivar	Sistema de cultivo	Idade floral									
		2 dias	n	3 dias	n	4 dias	n	5 dias	n	6 dias	n
SC	Estufa	0,0	2	88,8 (±14,4)	7	98,4 (±2,1)	9	100,0 0,0	5	100,0 0,0	5
	Campo		0	35,9 (±49,5)	5	92,1 (±4,9)	7	99,8 (±0,7)	8	100,0 0	5
OS	Estufa	100,0 0,0	2	100,0 0,0	5	100,0 0,0	5	100,0 0,0	5	100,0 0,0	5
	Campo	94,7 (±1,9)	5	97,9 (±2,3)	8	100,0 0,0	6	100,0 0,0	8	100,0 0,0	6

Legenda: SC = cultivar 'Sweet Charlie', OS = 'Oso Grande', n= número de flores.

Analisando-se os dois cultivares em um mesmo sistema de cultivo, verificou-se que o SC produziu mais flores que o OS, nos dois sistemas de cultivo e nos dois anos de estudo, e essa diferença foi significativa (Tabela IV). Deve-se lembrar que, em 1999, e em 2000, o sistema de cultivo denominado aberto (não fechado) correspondeu ao campo e à área coberta, respectivamente.

Em 1999, comparando-se o mesmo cultivar em diferentes sistemas de cultivo, verificou-se que as plantas da estufa, para ambos os cultivares, apresentaram uma produção maior de flores em relação àquelas cultivadas no campo, e essa diferença foi significativa

(Tabela IV). Já no ano de 2000, quando foram comparados os resultados da estufa e da área coberta para os dois cultivares, não se obteve uma diferença significativa (Tabela IV).

Tabela IV. Número de flores produzidas ao longo da florada (flores/m²) pelos cultivares SC e OS, em diferentes sistemas de cultivo: média e desvio padrão. Em 1999, utilizou-se o campo como sistema de cultivo não fechado e, em 2000, uma área coberta.

Cultivar (cultivo)	'Sweet Charlie (estufa)	n	Sweet Charlie (não fechado)	n	Osogrande (estufa)	n	Osogrande (não fechado)	n
1999	17 (±10) _{ac}	17	12 (±4) _{bc}	17	11 (±8) _{ad}	17	7 (±3) _{bd}	17
2000	13 (±5) _e	16	11 (±3) _f	16	8 (±5) _e	16	7 (±3) _f	16

Legenda: n = número de contagens (com 5 repetições cada).

As médias assinaladas com uma mesma letra apresentaram diferença significativa (Teste t para amostras pareadas - Zar, 1999):

a = (t=2,0833 gl= 32 0,005<p<0,01), b = (t=5,684 gl= 32 p<0,001), c = (t=2,74 gl= 32 0,01<p<0,02), d = (t=2,438 gl= 32 0,02<p<0,05), e = (t=3,867 gl= 30 0,001<p<0,002), f = (t=4,149 gl= 30 p<0,001).

Comparando-se o volume de néctar coletado em flores primárias, com idade floral de 4 dias, entre os 2 cultivares e os dois sistemas de cultivo (campo e estufa), obteve-se uma diferença significativa para o período da manhã (Hc= 16,6332 gl= 3 p= 0,0008) e não para o período da tarde (Hc= 6,9334 gl= 3 p= 0,0741). No teste a *posteriori* verificou-se que, no período da manhã, somente as flores do OS e do SC sob cultivo aberto apresentaram uma diferença significativa no volume do néctar (Q= 3,376 0,002<p<0,005). O volume médio de néctar coletado foi maior no SC (Tabela V).

Já para as flores com 5 dias, nos dois períodos do dia, obteve-se diferenças significativas entre os cultivares e entre os dois sistemas de cultivo (Manhã: H= 8,66 gl= 2 p=0,0132; Tarde: Hc= 15,1776 gl= 2 p=0,0005). Essas diferenças ocorreram entre os cultivares SC e OS em área aberta, tanto no período da manhã (Q=3,5 0,025<p<0,05) quanto à tarde (Q= 3,3530 0,002<p<0,005) e para o OS entre os dois sistemas de cultivo (Q= 2,8186 0,01<p<0,02). No campo, os valores médios obtidos para o volume de néctar foram superiores nas flores do SC em relação ao OS e para o OS este valor foi inferior na estufa em relação ao campo (Tabela V).

Analisando-se o volume de néctar em diferentes idades florais no cultivo aberto (campo), obteve-se uma diferença significativa (p<0,05) para ambos os cultivares, nos dois períodos de amostragem (manhã e tarde). No período da manhã, tanto para o cultivar SC quanto para o OS, obteve-se uma diferença significativa entre o volume de néctar produzido por flores com idade de 2 e 5 dias (SC: Q=3,407 0,005<p<0,01; OS: Q=2,941 0,02<p<0,05), sendo o volume médio de néctar maior nas flores com 5 dias (tabela V). No período da tarde, essa mesma diferença, entre flores com idade de 2 e 5 dias, foi obtida nas amostras do SC (Q=3,125 0,01<p<0,02).

Para o cultivar OS, no período da tarde, houve uma diferença significativa no volume do néctar entre flores com idade de 2 e 3 dias (Q=3,3001 0,005<p<0,01) e entre 2 e 4 dias (Q=3,105 0,01<p<0,02). Novamente, as flores mais velhas apresentaram um volume médio maior de néctar (Tabela V).

Comparando-se os dois períodos do dia, não se obteve uma diferença significativa (p>0,10) no volume coletado em flores com 4 dias, em ambos os cultivares e nos dois sistemas de cultivo. Para aquelas com idade floral de 5 dias, porém, obteve-se uma diferença significativa somente para o OS em área aberta (Zc= -2,4289 n₁= 5 n₂= 12 p= 0,0151).

Tabela V. Volume (μl) de néctar coletado em diferentes idades florais, em dois períodos do dia, nos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’, sob dois sistemas de cultivo: média (em negrito) e desvio padrão.

Idade floral		2 dias		3 dias		4 dias		5 dias		6 dias	
Cultivar	Cultivo	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
SC	campo	3,8 $\pm 1,3$	1,6 $\pm 1,3$	9,8 $\pm 3,8$	7,5 $\pm 8,5$	9,5 $\pm 3,4$	8,6 $\pm 8,1$	22,2 $\pm 8,0$	18,5 $\pm 7,6$	16,3 $\pm 13,8$	16,1 $\pm 11,7$
	n	5	8	5	6	7	8	5	4	5	5
	estufa			0,8 $\pm 0,7$		11,3 $\pm 7,6$	6,2 $\pm 3,8$	29,5 $\pm 11,2$	15,6 $\pm 10,6$	21,0 $\pm 5,0$	15,7 $\pm 11,3$
	n	0	0	4	0	9	7	5	5	5	5
OS	campo	0,5 $\pm 1,1$	0,1 $\pm 0,1$	1,5 $\pm 1,7$	2,4 $\pm 1,8$	2,3 $\pm 1,9$	1,8 $\pm 1,8$	4,7 $\pm 3,1$	3,4 $\pm 5,4$	1,3 $\pm 1,5$	0,4 $\pm 0,6$
	n	6	6	6	6	8	8	5	12	5	10
	estufa					4,5 $\pm 2,0$	3,8 $\pm 2,4$	3,8 $\pm 4,8$	1,3 $\pm 9,0$	3,5 $\pm 1,1$	3,0 $\pm 3,6$
	n	0	0	0	0	7	8	5	5	5	5

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’, OS = ‘Oso Grande’, M = período da manhã (das 9:00 às 12:00hs), T = período da tarde (das 15:00 às 18:00hs), n = número de flores.

No período da manhã (das 9:00h às 12:00h), os valores obtidos para a concentração de açúcares no néctar (porcentagem do peso do soluto em 100 gramas de solução) variaram entre 6,8% e 24,7% enquanto, no período da tarde (das 15:00hs às 18:00hs), a menor concentração obtida foi igual a 11,6%, e a maior, superior a 32%.

No cultivar SC, de cujas flores foi possível obter um maior número de amostras para a determinação da concentração de açúcares no néctar, verificou-se que somente na estufa houve uma diferença significativa entre o período da manhã e o da tarde (Campo: $Z_c = -0,2322$ $n_1 = 16$ $n_2 = 12$ $p = 0,8164$; Estufa $Z_c = -2,8533$ $n_1 = 11$ $n_2 = 9$ $p = 0,0043$) e o valor médio obtido foi inferior no período da manhã (Tabela VI).

É preciso considerar que os valores médios de concentração de açúcares no período da tarde foram subestimados neste cultivar porque, neste período, certas amostras (uma do campo e três da estufa) apresentaram valores superiores a 32%, e estes não puderam ser determinados com exatidão, devido ao limite superior de leitura do refratômetro utilizado ser igual a este valor. Nos testes estatísticos, esses valores foram considerados como iguais a 32%.

No período da manhã, não houve uma diferença significativa na concentração de açúcares do néctar entre os dois cultivares e entre os dois sistemas de cultivo ($H_c = 2,3697$ $gl = 3$ $p = 0,4993$). No período da tarde, porém, houve uma diferença significativa nessa variável, no cultivar SC, entre os dois sistemas de cultivo ($Z_c = -2,4598$ $n_1 = 12$ $n_2 = 9$ $p = 0,0139$), sendo a concentração média de açúcares superior na estufa (Tabela VI).

Tabela VI. Concentração de açúcares no néctar das flores dos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’ em diferentes períodos do dia, nos dois sistemas de cultivo: média (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Cultivar	Tipo de cultivo	Manhã	n	Tarde	n
SC	campo	16,8 ($\pm 4,8$)	16	18,3 ($\pm 6,3$)	12
	estufa	15,9 ($\pm 4,9$)	11	26,0 ($\pm 6,5$)	9
OS	estufa	15,1 ($\pm 1,6$)	4	22,8 ($\pm 4,7$)	2
	campo	17,6 ($\pm 4,6$)	6	21,6 ($\pm 2,7$)	2

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’, OS = ‘Oso Grande’, n = número de flores.

2. Biologia reprodutiva

2.1 Tratamentos realizados em 1998

Os frutos dos cultivares ‘Campinas’ (CA) e ‘Oso Grande’ (OS) apresentaram diferenças significativas no peso fresco entre a polinização natural (controle) e a autopolinização espontânea (CA $t = 3,888$ $gl = 65$ $p = 0,0002$; OS $t = 5,2843$ $gl = 35$ $p = 0,0001$). O valor médio desta variável foi superior no controle (Tabela VII). Uma diferença significativa foi obtida para a classificação dos frutos quanto à forma entre esses tratamentos, nos dois cultivares (CA $Z = -4,8763$ $n_1 = 36$ $n_2 = 32$ $p = 0,0001$; OS $Z_c = -4,3401$ $n_1 = 25$ $n_2 = 12$ $p = 0,0001$).

Tabela VII. Resultados dos experimentos de polinização realizados nos cultivares ‘Campinas’ e ‘Oso Grande’, em 1998, em área aberta (campo), no município de Jarinu (SP): média (em negrito), desvio padrão (entre parênteses) e porcentagem de frutos para o mercado *in natura*.

Tratamentos	Número de flores		Peso fresco (g)		% venda <i>in natura</i>	
	CA	OS	CA	OS	CA	OS
AP espontânea	31	12	10,5 ($\pm 5,9$)	6,6 ($\pm 3,6$)	32,3	16,7
PN (controle)	36	25	15,2 ($\pm 3,8$)	16,0 ($\pm 5,6$)	94,4	88,0

Legenda: CA = cultivar ‘Campinas’, OS = cultivar ‘Oso Grande’, AP = autopolinização, PN = polinização natural, % venda *in natura* = porcentagem de frutos para o mercado *in natura*. No CA, o número de frutos utilizados para a classificação quanto à forma no tratamento de autopolinização espontânea foi igual a 32.

Tanto no CA quanto no OS, os resultados da autopolinização espontânea apresentaram uma porcentagem menor de frutos para a venda *in natura* que o controle (Tabela VII) e, com maior frequência, frutos com um desenvolvimento incompleto, sendo classificados, em sua maioria, como deformados ou muito deformados (Figura 1).

Comparando-se os resultados de um mesmo tratamento entre os dois cultivares, verificou-se que, na autopolinização espontânea, houve uma diferença significativa somente no peso fresco dos frutos (Peso: $t = 2,1841$ $gl = 41$ $p = 0,0347$; Classificação: $Z_c = -1,3515$ $n_1 = 32$ $n_2 = 12$ $p = 0,1765$). O cultivar OS apresentou um peso médio inferior ao SC e, embora não se tenha obtido uma diferença significativa para a classificação dos frutos quanto à forma, o SC apresentou um maior porcentagem de frutos para o mercado *in natura*.

Já no controle, os valores obtidos para o peso fresco e para a porcentagem de frutos para a venda *in natura*, entre os dois cultivares, foram mais próximos (Tabela VII), e somente para a classificação dos frutos quanto à forma se obteve uma diferença significativa (Peso: $t = -0,6677$ $gl = 59$ $p = 0,507$; Classificação: $Z_c = -2,2472$ $n_1 = 36$ $n_2 = 25$ $p = 0,0246$).

Legenda: OS = cultivar ‘Oso Grande’; CA = cultivar ‘Campinas’; AP = autopolinização espontânea, PN = polinização natural (controle); n = número de frutos.

Figura 1. Porcentagem de frutos com diferentes graus de deformação, nos cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Campinas’, resultantes de dois tratamentos: autopolinização espontânea e polinização natural (controle).

2.2 Tratamentos realizados em 1999

Analisando-se os resultados obtidos na emasculação das flores dos cultivares ‘Sweet Charlie’ e OS verificou-se que, tanto na área aberta quanto na estufa, essas flores não produziram frutos (Tabelas VIII e IX) indicando que a agamospermia não ocorre nesses cultivares.

Em cada cultivar, comparando-se os resultados obtidos para o peso fresco e a classificação dos frutos quanto à forma, entre os tratamentos realizados no campo – autopolinização espontânea (AP), autopolinização manual (APm), polinização cruzada manual (PC) e polinização natural ou controle (PN) - verificou-se que, tanto para o SC quanto para o OS, estas variáveis apresentaram diferenças significativas (SC - Peso: Hc= 13,5979 k=4 p= 0,0035; Classificação: Hc= 18,6296 k=4 p= 0,003; OS - Peso: Hc= 29,6181 k=3 p= 0,0001; Classificação: Hc= 24,1418 k=3 p=0,0001).

No teste *a posteriori*, obteve-se uma diferença significativa entre a autopolinização espontânea (AP) e os demais tratamentos nos dois cultivares, tanto para o peso fresco (SC APxPN Q= 4,3726 0,002<p<0,005; APxPC Q= 2,862 0,02<p<0,05; OS APxPN Q= 4,008 p<0,001; APxAPm Q= 3,544 0,001<p<0,002) quanto para as categorias de classificação (SC APxPN Q= 2,8021 0,02<p<0,05; APxPC Q= 3,2837 0,005<p<0,01; APxAPm Q= 4,0697 p<0,001; OS APxPN Q= 4,278 p<0,001; APxAPm Q= 4,013 p<0,001). A única exceção ocorreu para o peso entre a autopolinização espontânea e a autopolinização manual no SC (Q= 2,1385 0,10<p<0,20). A porcentagem de frutos para a venda *in natura* e os valores médios de peso fresco foram sempre inferiores na autopolinização espontânea em relação aos demais tratamentos (Tabela VIII).

Tabela VIII. Resultados dos experimentos de polinização realizados nos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’, em 1999, em área aberta (campo), no município de Atibaia (SP): média (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Tratamentos	Número de flores (n)		Número de aquênios		Peso fresco dos morangos (g)		Taxa de fecundação (%)		Morangos para venda <i>in natura</i> (%)	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS
Agamospermia	5	5	—	—	0	0	0	0	0	0
AP espontânea	6	26	—	—	8,6 (±5,2)	4,2 (±3,8)	—	—	0	0
AP manual	6	6	553 (±64)	638 (±81)	21,4 (±7,1)	26,4 (±2,0)	75,0 (±17,0)	82,5 (±6,3)	100,0	83,3
PC manual	7	0	597 (±76)	—	22,9 (±4,3)	—	76,6 (±7,7)	—	100,0	—
PN (Controle)	6	6	557 (±68)	626 (±35)	26,9 (±6,9)	31,1 (±7,4)	73,6 (±8,3)	89,6 (±2,5)	100,0	100,0

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’; AP = autopolinização; PC = polinização cruzada; PN = polinização natural.

Para as demais variáveis, número de aquênios e taxa de fecundação, não se obteve diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos, nos dois cultivares.

Na estufa, entre os tratamentos realizados no SC, e entre os tratamentos realizados no OS, diferenças significativas foram detectadas para o peso fresco e a classificação dos frutos quanto à forma (SC - Peso: $H_c = 11,9204$ $k=3$ $p= 0,0026$; Classificação: $H_c = 13,3785$ $k=3$ $p= 0,0012$; OS - Peso: $H_c = 15,8224$ $k=3$ $p= 0,0004$; Classificação: $H_c = 19,5331$ $k=3$ $p= 0,0001$).

Novamente, essa diferença ocorreu entre a autopolinização espontânea (AP) e os demais tratamentos, tanto para o peso fresco (SC APxPC $Q= 3,117$ $0,005<p<0,01$; APxAPm $Q= 2,799$ $0,01<p<0,02$; OS APxPN $Q= 3,337$ $0,002<p<0,005$; APxAPm $Q= 3,2427$ $0,002<p<0,005$), quanto para as categorias de classificação (SC APxPC $Q= 3,161$ $0,002<p<0,005$; APxAPm $Q= 3,132$ $0,005<p<0,01$; OS APxPN $Q= 3,317$ $0,002<p<0,005$; APxAPm $Q= 4,579$ $p<0,001$). A porcentagem de frutos para a venda *in natura* e os valores médios obtidos para o peso fresco dos morangos foram inferiores na autopolinização espontânea, em relação aos outros tratamentos aplicados em ambos os cultivares (Tabela IX).

Para as demais variáveis – número de aquênios e taxa de fecundação – comparando-se os tratamentos de autopolinização e polinização cruzada manuais, no SC, e a autopolinização manual e o controle, no OS, obteve-se uma diferença significativa somente para a taxa de fecundação neste último cultivar ($Z_c = -2,2857$ $n_1= 7$ $n_2= 6$ $p= 0,0223$) sendo o valor médio desta variável inferior no tratamento de autopolinização manual (Tabela IX).

Comparando-se os resultados obtidos em um mesmo tratamento, entre os cultivares e os dois sistemas de cultivo, verificou-se que diferenças significativas ocorreram somente na autopolinização espontânea, para o peso fresco e a classificação dos frutos quanto à forma (Peso fresco: $H_c = 18,1898$ $k=4$ $p= 0,004$; Classificação: $H_c=11,314$ $k=4$ $p=0,0101$). No teste *a posteriori*, diferenças significativas foram obtidas somente para o cultivar OS, entre os dois sistemas de cultivo, na classificação dos frutos quanto à forma ($Q= 3,721$ $0,001<p<0,002$) e no peso fresco dos mesmos ($Q= 4,9605$ $p<0,001$). O valor médio obtido para o peso dos frutos foi superior na área aberta em relação à estufa (Tabelas VIII e IX) e, embora a porcentagem de frutos para a venda *in natura* tenha sido

igual a zero, nos dois sistemas de cultivo, tanto frutos deformados quanto muito deformados foram colhidos na área aberta, enquanto na estufa foram colhidos somente frutos muito deformados.

Tabela IX. Resultados dos experimentos de polinização realizados nos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’, em 1999, em área fechada (estufa), no município de Atibaia (SP): média aritmética (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Tratamentos	Número de flores (n)		Número de aquênios		Peso fresco dos morangos (g)		Taxa de fecundação (%)		Morangos para venda <i>in natura</i> (%)	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS
Agamospermia	5	5	—	—	0	0	0	0	0	0
AP espontânea	7	11	—	—	11,0 (±5,9)	2,0 (±1,7)	—	—	0	0
AP manual	6	7	551 (±69)	612 (±119)	21,4 (±2,9)	26,3 (±5,6)	74,6 (±12,5)	65,8 (±19,4)	100,0	100,0
PC manual	7	0	520 (±81)	—	22,9 (±5,4)	—	69,4 (±15,8)	—	85,7	—
PN (Controle)	0	6	—	577 (±53)	—	25,9 (±12,3)	—	85,9 (±7,3)	—	100,0

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’; AP = autopolinização; PC = polinização cruzada; PN = polinização natural.

2.3 Tratamentos realizados em 2000

2.3.1 Polinização natural (controle)

No controle, comparando-se os resultados obtidos entre os cultivares e os dois sistemas de cultivo, verificou-se a existência de diferenças significativas em todas as variáveis (Número de aquênios: Hc= 12,1424 k=3 p= 0,0023; Peso: Hc= 6,4653 k=3 p= 0,0395; Taxa: Hc= 28,3203 k=3 p= 0,0001; Classificação: Hc= 24,6325 k=3 p=0,0001). No teste *a posteriori*, obteve-se uma diferença significativa para todas as variáveis, entre os dois cultivares, sob cultivo aberto (Número de aquênios Q= 6,1152 p<0,001; Peso Q= 2,4847 0,02<p<0,05; Taxa Q= 5,3168 p<0,001; Classificação Q= 4,7969 p<0,001), e para o número de aquênios e a taxa de fecundação, no cultivar SC, entre os dois sistemas de cultivo (Número de aquênios: Q= 6,1152 p<0,001; Taxa de fecundação: Q= 2,7977 0,01<p<0,02).

No campo, tanto os valores médios do peso fresco e da taxa de fecundação, quanto a porcentagem de frutos para a venda *in natura* do cultivar OS foram superiores àqueles obtidos no SC, mas o número médio de aquênios foi inferior (Tabela X). Entre os dois sistemas de cultivo, o SC apresentou valores superiores para o número médio de aquênios na área aberta e para a taxa de fecundação na estufa (Tabelas X e XI).

Tabela X. Resultados dos experimentos de polinização realizados no ano de 2000, nos cultivares SC e OS, sob cultivo aberto (campo), no município de Atibaia (SP): média aritmética (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Tratamentos	Número de flores (n)		Número de aquênios		Taxa de fecundação (%)		Peso fresco dos morangos (g)		Morangos para venda <i>in natura</i> (%)	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS
AP	16	25	510 (±229)	469 (±91)	44,7 (±15,6)	46,2 (±20,8)	20,1 (±5,9)	18,2 (±5,0)	18,8	13,5
PC manual	19	0	726 (±119)	—	63,4 (±9,8)	—	29,2 (±5,3)	—	76,5	—
PN (controle)	32	35	642 (±142)	554 (±126)	54,4 (±17,9)	80,3 (±13,2)	22,8 (±4,5)	25,9 (±5,7)	36,7	88,2

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’; AP = autopolinização espontânea; PC = polinização cruzada; PN = polinização natural.

2.3.2 Autopolinização espontânea

Na autopolinização espontânea, comparando-se os resultados obtidos nos dois cultivares e nos dois sistemas de cultivo, também foram obtidas diferenças significativas para o peso fresco e a classificação quanto à forma (Peso: $H_c = 12,9753$ $k=4$ $p=0,0047$; Classificação: $H_c = 10,9995$ $k=4$ $p=0,0117$). No teste *a posteriori*, verificou-se que esta diferença ocorreu para o peso fresco dos frutos na estufa, entre os dois cultivares ($Q = 2,7887$ $0,02 < p < 0,05$), e para a classificação quanto à forma no cultivar OS, entre os dois sistemas de cultivo ($Q = 2,760$ $0,02 < p < 0,05$). Na estufa, o valor médio do peso fresco dos frutos do OS foi inferior àquele obtido para o SC. Entre os sistemas de cultivo, o OS apresentou uma porcentagem de frutos para a venda *in natura* superior no campo (Tabelas X e XI).

Tabela XI. Resultados dos experimentos de polinização realizados no ano de 2000 nos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’, sob cultivo fechado (estufa), no município de Atibaia (SP): média aritmética (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Tratamentos	Número de flores (n)		Número de aquênios		Taxa de fecundação (%)		Peso fresco dos morangos (g)		Morangos para venda <i>in natura</i> (%)	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS
AP	13	21	—	—	—	—	20,0 (±7,7)	12,2 (±9,0)	15,4	4,8
PC manual	26	21	560 (±70)	536 (±84)	71,9 (±9,1)	66,6 (±17,0)	26,3 (±4,5)	24,4 (±7,0)	96,0	81,0
PN (controle)	31	0	594 (±82)	—	69,1 (±22,6)	—	23,1 (±6,6)	—	63,6	—
<i>T. angustula</i>	0	48	—	620 (±91)	—	84,6 (±8,6)	—	36,4 (±7,4)	—	97,9

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’; AP = autopolinização espontânea, PC = polinização cruzada, PN = polinização natural.

Para a área aberta, também foi possível comparar os resultados obtidos para o número de aquênios e para a taxa de fecundação, entre os dois cultivares, e não se obteve uma diferença significativa ($p > 0,05$).

2.3.3 Polinização cruzada manual

Na polinização cruzada manual, obteve-se uma diferença significativa somente para o número de aquênios ($H_c = 26,0221$ $k=3$ $p=0,0001$) e, através do teste *a posteriori*, verificou-se que esta diferença ocorreu no SC, entre os dois sistemas de cultivo ($Q = 4,1003$ $p < 0,001$), sendo o número médio de aquênios superior no campo (Tabela X e XI).

2.3.4 Comparações entre diferentes tratamentos

No SC, cultivado em área aberta, obteve-se entre os três tratamentos utilizados – autopolinização espontânea (AP), polinização cruzada manual (PC) e controle (PN) – diferenças significativas em todas as variáveis (Número de aquênios: $H_c = 11,4409$ $k=3$ $p=0,0033$; Peso fresco: $H_c = 20,9723$ $k=3$ $p=0,0001$; Taxa de fecundação: $H_c = 11,935$ $k=3$ $p=0,0026$; Classificação: $H_c = 11,9366$ $k=3$ $p=0,0026$). No teste *a posteriori*, essa diferença ocorreu, em todas as variáveis, entre os tratamentos de autopolinização espontânea e de polinização cruzada manual (Número de aquênios: $Q = 3,3768$ $p < 0,001$; Peso fresco: $Q = 4,3522$ $p < 0,001$; Taxa de fecundação: $Q = 3,4258$ $0,001 < p < 0,002$; Classificação: $Q = 3,3961$ $0,002 < p < 0,005$) e entre a polinização cruzada manual e o controle (PN) para o peso fresco ($Q = 3,5343$ $0,001 < p < 0,002$) e à classificação dos frutos quanto à forma ($Q = 2,4170$ $0,02 < p < 0,05$).

A polinização cruzada manual apresentou uma porcentagem de frutos com valor comercial (PC = 76,5%) superior à obtida com a autopolinização espontânea (AP = 18,8%) e os valores médios para o número de aquênios (PC = 726 ± 119 ; AP = 510 ± 229), a taxa de fecundação (PC = $63,4\% \pm 9,8$; AP = $44,7\% \pm 15,6$) e o peso fresco (PC = $29,2g \pm 5,3$; AP = $20,1g \pm 5,9$) também foram maiores neste primeiro tratamento (Tabela X). Na polinização cruzada manual, tanto os valores médios de peso ($29,2g \pm 5,3$ e 76,5%) quanto a porcentagem de frutos com valor comercial foram superiores em relação ao controle ($22,8g \pm 4,5$ e 36,7%) (Tabela X).

No cultivar OS, em área aberta, todas as variáveis apresentaram diferenças significativas entre o controle (PN) e a autopolinização espontânea (AP) (Número de aquênios: $Z = -2,617$ $n_1=35$ $n_2=25$ $p=0,0089$; Peso: $Z = -5,5$ $n_1=37$ $n_2=36$ $p=0,0001$; Taxa: $-5,256$ $n_1=35$ $n_2=25$ $p=0,0001$; Classificação: $Z = -6,28$ $n_1=37$ $n_2=35$ $p=0,0001$). Os valores médios obtidos para o número de aquênios (AP = 469 ± 91 ; PN = 554 ± 126), a taxa de fecundação (AP = $46,2\% \pm 20,8$; PN = $80,3\% \pm 13,2$), o peso fresco (AP = $18,2g \pm 5,0$; PN = $25,9g \pm 5,7$) e a porcentagem de frutos para a venda *in natura* (AP = 13,5%; PN = 88,2%) foram inferiores na autopolinização espontânea, em relação ao controle (Tabela X).

Na estufa, verificou-se a ocorrência de diferenças significativas entre os valores obtidos nos três tratamentos aplicados no SC – autopolinização espontânea, polinização cruzada manual e controle – para o peso fresco ($H_c = 6,534$ $k=3$ $p=0,0381$) e a classificação dos frutos quanto à forma ($H_c = 26,3073$ $k=3$ $p=0,0001$). Entre todos esses tratamentos obteve-se, no teste *a posteriori*, diferenças significativas para a classificação quanto à forma (AP x PC $Q = 4,9695$ $p < 0,001$; AP x PN $Q = 2,4917$ $0,02 < p < 0,05$; PC x PN $Q = 3,3316$ $0,002 < p < 0,005$). Para o peso fresco, houve uma diferença significativa ($Q = 2,7027$ $0,02 < p < 0,05$) somente entre os tratamentos de autopolinização espontânea e polinização cruzada.

O valor obtido para a porcentagem de morangos para a venda *in natura* (AP = 15,4%; PN = 63,6%; PC = 96,0%) foi superior na polinização cruzada e inferior na autopolinização espontânea e, em relação ao peso fresco dos frutos, o valor médio obtido na polinização cruzada manual foi superior àquele resultante da autopolinização espontânea (AP = $20,0g \pm 7,7$; PC = $26,3g \pm 4,5$) (Tabela XI).

Para o número de aquênios e a taxa de fecundação, determinadas somente para a polinização cruzada manual e para o controle, verificou-se que não houve diferença

significativa entre esses tratamentos (Número de aquênios: $Z = -1,931$ $n_1=26$ $n_2=31$ $p = 0,0535$; Taxa de fecundação: $Z = -1,026$ $n_1=26$ $n_2=31$ $p = 0,3051$).

Para o cultivar OS, na estufa, obteve-se diferenças significativas no peso fresco ($H_c = 54,9195$ $k=3$ $p = 0,0001$) e na classificação dos frutos ($H_c = 44,1432$ $k=3$ $p = 0,0001$) entre os três tratamentos aplicados: autopolinização espontânea, polinização cruzada manual e polinização por *Tetragonisca angustula* (TA). Diferenças significativas foram detectadas, no teste *a posteriori*, para o peso fresco entre todos os tratamentos (AP x PC $Q = 2,5014$ $0,02 < p < 0,05$; PC x TA $Q = 4,1582$ $p < 0,001$; AP x TA $Q = 7,1088$ $p < 0,001$), e na classificação quanto à forma entre a autopolinização espontânea e os demais tratamentos (AP x PC $Q = 4,5955$ $p < 0,001$; AP x TA $Q = 6,5853$ $p < 0,001$). A porcentagem de frutos com valor comercial (AP = 4,8%; PC = 81,0%; TA = 97,9%) e o peso médio dos mesmos (AP = $12,2g \pm 9,0$; PC = $24,4g \pm 7,0$; TA = $36,4g \pm 7,4$) alcançaram valores máximos na polinização por *T. angustula*, sendo estes valores inferiores no tratamento de autopolinização espontânea (Tabela XI).

Para o número de aquênios e a taxa de fecundação, determinados somente para a polinização cruzada manual e para a polinização por *T. angustula*, verificou-se que houve uma diferença significativa para estas duas variáveis entre estes tratamentos (Número de aquênios: $Z = -3,326$ $n_1=21$ $n_2=47$ $p = 0,0009$; Taxa de fecundação: $Z = -4,812$ $n_1=21$ $n_2=47$ $p = 0,0001$). Tanto o número médio de aquênios (PC = 536 ± 84 ; TA = 620 ± 91), quanto a taxa média de fecundação (PC = $66,6\% \pm 17,0$; TA = $84,6\% \pm 8,6$), exibiram valores superiores no tratamento de polinização por *T. angustula* (Tabela XI).

Comparando-se os valores obtidos para o OS, na polinização por *T. angustula* e no controle, em área aberta (Tabelas X e XI), verificou-se que o número de aquênios ($Z = -3,089$ $n_1=45$ $n_2=35$ $p = 0,002$) e o peso fresco dos frutos ($Z = -6,226$ $n_1=47$ $n_2=37$ $p = 0,0001$) entre esses tratamentos foram significativamente diferentes. Essas variáveis apresentaram valores médios superiores na polinização por *T. angustula* (Número de aquênios: TA = 620 ± 91 , PN = 554 ± 126 ; Peso: TA = $36,4g \pm 7,4$, PN = $25,9g \pm 5,7$) (Tabelas X e XI). Mas, apesar da classificação dos frutos quanto à forma não ter apresentado uma diferença significativa ($Z = -0,156$ $n_1=45$ $n_2=34$ $p = 0,8764$), é importante notar que a porcentagem de frutos para o comércio *in natura* foi superior no tratamento com *T. angustula* (TA = 97,9%; PN = 88,2%) (Tabelas X e XI). Deve-se ainda levar em conta que as flores polinizadas por esta espécie de abelha apresentaram um número significativamente maior de óvulos a serem fecundados que aquelas polinizadas naturalmente no campo.

2.4. Tratamento realizados em 2001

2.4.1 Autopolinização espontânea

Nesse tratamento, os frutos dos cultivares SC e OS apresentaram um número de aquênios estatisticamente semelhante ($Z = -0,32$ $n_1=35$ $n_2=52$ $p = 0,7488$) e diferenças significativas na taxa de fecundação ($Z = -3,333$ $p = 0,0009$) e no peso fresco ($Z = -4,701$ $n_1=36$ $n_2=52$ $p = 0,0001$). Para essas duas últimas variáveis os valores médios foram inferiores no OS (Tabela XII). Também se obteve uma diferença significativa na classificação dos frutos quanto à forma ($Z = -2,159$ $n_1=36$ $n_2=52$ $p = 0,0309$), sendo a porcentagem de frutos para o comércio *in natura* também inferior no OS (Tabela XII).

Tabela XII. Resultados dos experimentos de polinização realizados no ano de 2001, nos cultivares ‘Sweet Charlie’ e ‘Oso Grande’, sob cultivo aberto (campo), no município de Atibaia (SP): média aritmética (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Tratamentos	Número de flores (n)		Número de aquênios		Taxa de fecundação (%)		Peso fresco dos morangos (g)		Morangos para venda <i>in natura</i> (%)	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS	SC	OS
AP	36	52	543 (±105)	541 (±80)	35,5 (±18,8)	24,1 (±16,0)	19,9 (±5,6)	13,5 (±6,1)	13,9	3,8
PN (controle)	41	50	593 (±78)	519 (±82)	74,6 (±9,6)	90,9 (±6,0)	28,6 (±5,3)	30,9 (±7,5)	48,8	96,0
PV	40	48	623 (±104)	538 (±85)	67,4 (±13,6)	58,5 (±17,7)	28,2 (±5,5)	27,5 (±5,1)	30,0	35,4

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’; AP = autopolinização espontânea; PN = polinização natural; PV = polinização pelo vento.

Comparando-se os resultados obtidos no tratamento de autopolinização espontânea entre os anos de 2000 e 2001, verificou-se que, no SC, a taxa de fecundação ($Z = -2,03$ $n_1=16$ $n_2=35$ $p = 0,0423$) e a classificação quanto à forma ($Z = -2,279$ $n_1=16$ $n_2=36$ $p = 0,0227$) apresentaram diferenças significativas. A taxa média de fecundação foi maior no ano de 2000 ($44,7\% \pm 15,6$), assim como a porcentagem de frutos para a venda *in natura* ($18,8\%$) (Tabelas X e XII).

No cultivar OS, entre esses dois anos, somente para o peso fresco dos frutos ($Z = -1,896$ $n_1=36$ $n_2=51$ $p = 0,0579$) não se obteve uma diferença significativa (Número de aquênios $Z = -3,155$ $n_1=25$ $n_2=52$ $p = 0,0016$; Taxa de fecundação $Z = -4,46$ $n_1=25$ $n_2=52$ $p = 0,0001$; Classificação: $Z = -3,645$ $n_1=37$ $n_2=52$ $p = 0,0003$). Verificou-se que, em 2000, o número médio de aquênios (469 ± 91) foi inferior àquele obtido em 2001, enquanto o valor médio da taxa de fecundação e a porcentagem de frutos com valor comercial foram superiores (Em 2000: Taxas de fecundação = $46,2\% \pm 18,8$; Porcentagem para a venda = $13,5\%$) (Tabelas X e XII).

2.4.2 Polinização pelo vento.

Nesse tratamento, as flores ficaram sujeitas tanto à autopolinização espontânea quanto à autopolinização promovida pelo vento, ao transportar os grãos de pólen das anteras para os estigmas da mesma flor.

Os resultados obtidos revelaram que houve uma diferença significativa, entre os cultivares SC e OS, no número de aquênios ($Z = -4,253$ $n_1=40$ $n_2=48$ $p = 0,0001$) e na taxa de fecundação ($Z = -2,569$ $n_1=40$ $n_2=48$ $p = 0,0102$), sendo os valores médios destas variáveis superiores no cultivar SC, quando comparados com os do cultivar OS (Tabela XII).

2.4.3 Polinização natural (controle)

No controle, diferenças significativas entre os cultivares SC e OS foram obtidas para todas as variáveis avaliadas, exceto para o peso fresco dos frutos (Número de aquênios $Z = -3,626$ $n_1=41$ $n_2=50$ $p = 0,0003$; Taxa $Z = -6,872$ $n_1=41$ $n_2=50$ $p = 0,0001$; Peso $Z = -1,169$ $n_1=41$ $n_2=50$ $p = 0,2425$; Classificação $Z = -2,8$ $n_1=41$ $n_2=50$ $p = 0,0051$). Os frutos do SC exibiram um número médio de aquênios superior ao OS e uma taxa média de fecundação e uma porcentagem de frutos para a venda *in natura* inferiores (Tabela XII).

Comparando-se os valores obtidos no controle, realizado no SC, em área aberta, entre os anos de 2000 e 2001, verificou-se a ocorrência de diferenças significativas no número de aquênios ($Z = -2,201$ $n_1=32$ $n_2=41$ $p = 0,0277$), na taxa de fecundação ($Z = -4,797$

$n_1=32$ $n_2=41$ $p=0,0001$) e no peso fresco ($Z= -4,42$ $n_1=32$ $n_2=41$ $p= 0,0001$). O número médio de aquênios foi superior em 2000 (642 ± 142) em relação a 2001 (593 ± 78) e, neste primeiro ano, os valores médios da taxa média de fecundação ($54,4\%\pm17,9$) e do peso fresco ($22,8g\pm4,5$) foram inferiores ao ano de 2001 (Taxa: $74,6\%\pm9,6$; Peso $28,6g\pm5,3$) (Tabelas X e XII).

No OS, a taxa de fecundação e o peso fresco dos frutos apresentaram diferenças significativas entre os dois anos (Taxa $Z= -5,363$ $n_1=35$ $n_2=50$ $p= 0,0001$; Peso $Z= -2,997$ $n_1=37$ $n_2=50$ $p=0,0027$) e, em 2000, essas duas variáveis apresentaram valores médios inferiores ao ano de 2001 (2000 e 2001: taxa = $80,3\%\pm12,2$ e $90,9\%\pm6,0$; peso = $25,9g\pm5,7$ e $30,9g\pm7,5$) (Tabelas X e XII).

2.4.4 Comparação entre diferentes tratamentos de polinização

No SC, foram obtidas diferenças significativas em todas as variáveis (Número de aquênios $H_c= 13,7805$ $k=3$ $p= 0,001$; Taxa $H_c= 54,7787$ $k=3$ $p= 0,0001$; Peso $H_c= 42,1835$ $k=3$ $p= 0,0001$; Classificação $H_c= 30,1998$ $k=3$ $p= 0,0001$) entre os três tratamentos utilizados: autopolinização espontânea (AP), polinização pelo vento (PV) e controle (PN). No teste *a posteriori*, verificou-se a existência de diferença significativa ($p<0,05$) em todas as variáveis entre a autopolinização espontânea e a polinização pelo vento, e entre a autopolinização espontânea e o controle, sendo exceção o número de aquênios nesta última comparação. Já entre o controle e a polinização pelo vento não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis ($p\geq0,05$).

A porcentagem de frutos para o mercado in natura e os valores médios da taxa de fecundação e do peso fresco dos frutos foram superiores no controle e na polinização pelo vento em relação à autopolinização espontânea (Tabela XII). O número médio de aquênios na polinização pelo vento também foi superior àquele obtido na autopolinização espontânea (Tabela XII).

No OS, por sua vez, entre os três tratamentos utilizados - autopolinização espontânea (AP), polinização pelo vento (PV) e controle (PN) - somente o número de aquênios não apresentou uma diferença significativa ($H_c= 1,0998$ $k=3$ $p= 0,577$) e, através do teste *a posteriori*, verificou-se que, entre todos estes tratamentos, houve diferenças significativas na taxa de fecundação (AP x PV $Q= 5,0184$ $p<0,001$; PV x PN $Q= 5,6610$ $p<0,001$; AP x PN $Q=10,8469$ $p<0,001$) e na classificação quanto à forma (AP x PV $Q= 4,6319$ $p<0,001$; PV x PN $Q= 4,1409$ $p<0,001$; AP x PN $Q=8,9055$ $p<0,001$). Já para o peso dos frutos obteve-se, no teste *a posteriori*, uma diferença significativa entre a autopolinização espontânea e a polinização pelo vento ($Q= 7,1868$ $p<0,001$) e entre a autopolinização espontânea e o controle ($Q= 8,7309$ $p<0,001$).

Tanto a taxa média de fecundação quanto a porcentagem de frutos para o mercado in natura apresentaram valores inferiores na autopolinização espontânea ($24,1\%\pm16,0$ e $3,8\%$), intermediários na polinização pelo vento ($58,5\%\pm17,7$ e $35,4\%$) e superiores no controle ($90,9\%\pm6,0$ e $96,0\%$) (Tabela XII). O peso médio, por sua vez, foi inferior na autopolinização espontânea, em relação aos outros dois tratamentos (AP = $13,5\pm6,1$; PV = $27,5\pm5,1$; PN = $30,9\pm7,5$) (Tabela XII).

2.4.5 Polinização controlada

De um modo geral, todas as abelhas observadas nos tratamentos de polinização controlada tocaram os estigmas das flores com a porção ventral do tórax e do abdômen.

Nos tratamentos de polinização em uma única visita, foram obtidas diferenças significativas entre as três espécies de abelhas avaliadas - *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Dialictus* sp - na taxa de fecundação e na classificação dos frutos quanto à forma, bem como no tempo de permanência da abelha na flor (Taxa $H_c= 15,8645$ $k=3$ $p=0,0004$; Classificação $H_c= 14,3483$ $k=3$ $p=0,0008$; Tempo $H_c= 17,9087$ $k=3$ $p=0,0001$). Para

essas três variáveis, houve diferenças significativas entre *Dialictus* sp e *A. mellifera* (Taxa $Q = 2,6581$ $0,02 < p < 0,05$; Classificação $Q = 3,6994$ $p < 0,001$; Tempo $Q = 3,4234$ $0,001 < p < 0,002$) e os valores médios obtidos foram superiores no tratamento de polinização por *A. mellifera* (Tabela XIII). Entre *Dialictus* sp e *T. spinipes*, também houve diferenças significativas na taxa de fecundação ($Q = 2,6422$ $0,02 < p < 0,05$) e no tempo de permanência na flor ($Q = 4,0588$ $p < 0,001$). A taxa média de fecundação obtida na polinização por *Dialictus* sp foi inferior àquela resultante da polinização realizada por *T. spinipes* e o tempo médio de permanência na flor foi superior (Tabela XIII).

Embora *Dialictus* sp tenha despendido mais tempo nas flores que *A. mellifera* e *T. spinipes*, nenhum dos frutos resultantes da sua ação como polinizador puderam ser destinados ao comércio *in natura* (Tabela XIII), ou seja, todos eles estavam deformados e, portanto, inadequados a este tipo de comercialização. Embora uma diferença significativa não tenha sido obtida para a classificação dos frutos quanto à forma entre *Dialictus* sp e *T. spinipes*, a polinização em uma única visita por esta última espécie produziu frutos para o mercado *in natura* (Tabela XIII).

Tabela XIII. Média e desvio padrão (entre parênteses) para as diversas variáveis avaliadas no tratamento de polinização em 1 visita, nos cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’.

Variáveis	<i>A. mellifera</i> OS	<i>T. spinipes</i> OS	<i>Dialictus</i> sp OS	<i>A. mellifera</i> SC
Peso fresco (g)	20,4 ($\pm 6,2$)	19,5 ($\pm 8,6$)	18,2 ($\pm 2,9$)	24,8 ($\pm 6,1$)
Número de aquênios	586 (± 121)	577 (± 99)	673 (± 141)	542 (± 85)
Taxa de fecundação (%)	77,4 ($\pm 9,5$)	52,8 ($\pm 19,0$)	46,4 ($\pm 15,4$)	71,0 ($\pm 9,0$)
Tempo de visita (seg)	56 (± 37)	41 (± 34)	183 (± 36)	53 (± 53)
% para venda "in natura"	83,3	30,8	0	87,5
Número de frutos (n)	12	13	8	16

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’.

Observando-se o comportamento de *Dialictus* sp nas flores primárias do OS, verificou-se que esta espécie se deteve, principalmente, à região basal dos pistilos, junto às anteras, coletando néctar e pólen (87,5%). Dos frutos resultantes da polinização em 1 visita por essa abelha, 83,3% apresentaram deformações na região apical, enquanto em 1 visita por *A. mellifera* ou por *T. spinipes* apenas 18,2% deles exibiram defeitos neste local (Tabela XIV). Além disso, é interessante notar que 100% dos frutos resultantes da polinização em 1 visita por *A. mellifera* ou por *T. spinipes* apresentaram algum defeito em sua lateral, enquanto apenas 33% dos frutos resultantes de 1 visita de *Dialictus* sp exibiram defeitos nesta mesma região (Tabela XIV).

Tabela XIV. Porcentagem de frutos com defeito apical, lateral ou basal no tratamento de polinização em 1 visita, nos cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’.

Local da deformação	<i>A. mellifera</i> OSC	<i>T. spinipes</i> OSC	<i>Dialictus</i> sp OSC	<i>A. mellifera</i> SCC
Ponta	18,2	18,2	83,3	51,7
Lateral	100,0	100,0	33,3	51,7
Base	9,1	27,3	0	21,4
Número de frutos	11	11	6	14

Legenda: SC = cultivar ‘Sweet Charlie’; OS = cultivar ‘Oso Grande’. A soma das porcentagens é superior a 100%, porque alguns frutos apresentaram defeitos em mais de uma região.

Nesse experimento, também foi verificado que o principal recurso obtido nas flores diferiu entre as duas espécies: 66,6% das *A. mellifera* foram observadas coletando néctar nas flores visitadas, 16,7% pólen e 16,7% tanto néctar quanto pólen; enquanto 10,0% das *T. spinipes* coletaram néctar, 50,0% pólen e 40,0% ambos os recursos. Ainda de acordo com o padrão de forrageamento apresentado por essas duas espécies, 90,9% e 16,7% das campeiras de *T. spinipes* e *A. mellifera*, respectivamente, possuíam cargas de pólen em suas corbículas ao pousarem nas flores expostas.

Nos tratamentos de polinização em 4 visitas, foi permitido a uma mesma abelha visitar quatro vezes uma mesma flor, devido a dois fatores: 1) o longo tempo de espera necessário para que um indivíduo visitasse a flor exposta e 2) a dificuldade em se obter flores primárias totalmente receptivas, sem nenhum pistilo polinizado, juntamente com condições climáticas favoráveis ao forrageamento das abelhas. Nesses tratamentos, nos quais as quatro visitas foram realizadas por *A. mellifera*, ou por *T. spinipes*, ou por ambas, somente o tempo de permanência das abelhas na flor apresentou diferença significativa entre eles ($H_c = 7,8382$ $k=3$ $p= 0,0199$) e, através do teste *a posteriori*, verificou-se que esta diferença significativa ocorreu entre a polinização por *A. mellifera* e por *T. spinipes*. O tempo médio resultante dessas visitas foi superior no tratamento com *T. spinipes* (Tabela XV).

Tabela XV. Média e desvio padrão (entre parênteses) para as diversas variáveis avaliadas nos tratamentos de polinização em 4 visitas, nos cultivares OS e SC.

Variáveis	<i>A. mellifera</i> OS	<i>T. spinipes</i> OS	Mista OS	<i>A. mellifera</i> SC
Peso fresco (g)	24,7 ($\pm 6,6$)	22,5 ($\pm 4,8$)	24,6 ($\pm 6,9$)	22,2 ($\pm 4,6$)
Número de aquênios	561 (± 101)	587 (± 140)	589 (± 59)	601 (± 70)
Taxa de fecundação (%)	78,2 ($\pm 14,6$)	72,3 ($\pm 11,6$)	82,8 ($\pm 5,4$)	67,2 ($\pm 19,6$)
Tempo de visita (seg)	72 (± 46)	139 (± 82)	80 (± 47)	56 (± 28)
% para venda "in natura"	76,9	53,8	71,4	57,1
Número de frutos (n)	13	13	7	8

Legenda: Mista = tratamento cujas flores receberam visitas tanto de *A. mellifera* quanto de *T. spinipes*; OS = cultivar 'Oso Grande'; SC = cultivar 'Sweet Charlie'.

Quando foram comparados os resultados obtidos nos tratamentos de polinização realizada por *T. spinipes* em 1 e 4 visitas, no cultivar OS, obteve-se uma diferença significativa para a taxa de fecundação ($Z = -2,692$ $n_1=13$ $n_2=13$ $p=0,0071$) e o tempo de permanência dessas abelhas na flor ($Z = -3,565$ $n_1=13$ $n_2=13$ $p=0,0004$). Os valores médios dessas variáveis foram superiores na polinização em 4 visitas em relação a 1 visita (Taxa = $52,8\% \pm 19,0$; Tempo = $41s \pm 34$) (Tabelas XIII e XV). Embora a classificação dos frutos quanto à forma não tenha apresentado uma diferença significativa entre esses tratamentos ($Z = -1,479$ $n_1=13$ $n_2=13$ $p=0,1392$), houve um aumento na porcentagem de frutos para o comércio *in natura* na polinização por *T. spinipes* em 4 visitas em relação a 1 visita (30,8%) (Tabelas XIII e XV).

Quanto aos resultados de *A. mellifera*, nos tratamentos com 1 e 4 visitas, tanto no SC quanto no OS, não se obteve diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas ($p > 0,05$).

Quando foram comparados os resultados obtidos em um mesmo tratamento de polinização por *Apis mellifera* entre os dois cultivares, seja em 1 visita ou em 4 visitas, verificou-se que os resultados obtidos foram estatisticamente semelhantes ($p \geq 0,05$).

Contudo, é interessante notar que o tratamento com 1 visita produziu, no SC, uma porcentagem menor de frutos com defeitos nas laterais e uma porcentagem maior com deformações apicais, em relação ao OS (Tabela XIV).

3. A polinização e os componentes da produção.

Para os experimentos realizados em área aberta, no ano de 2001, verificou-se o efeito dos diversos tipos de polinização em dois componentes da produção: peso médio dos frutos (PF) e frequência relativa de frutos para o comércio *in natura* (FC) (Tabela XVI).

No cultivar SC, os resultados obtidos no controle mostraram que a contribuição dos insetos, para ambos os componentes da produção, foi bastante inferior ao OS e, nos dois cultivares, o efeito da entomofilia foi mais acentuado em relação à frequência relativa de frutos para o mercado *in natura* (Tabela XVI).

O efeito da autopolinização espontânea, nos dois componentes da produção, foi mais acentuado no cultivar SC que no OS (Tabela XVI). Em ambos os cultivares, porém, a contribuição percentual desses agentes foi maior no peso que na frequência de frutos para o mercado *in natura* (Tabela VI).

A contribuição percentual da polinização pelo vento, no OS, foi maior no peso fresco dos frutos (45,3%) que na frequência destes para a venda *in natura* (32,9%), enquanto no SC, esta contribuição apresentou valores mais próximos entre esses dois componentes da produção (Tabela XVI).

Tabela XVI. Contribuição percentual dos diferentes tratamentos de polinização, em relação ao peso médio dos frutos e à frequência relativa de frutos para o mercado *in natura*, nos cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’ (dados de 2001).

Tratamentos	PF (%)		FC (%)		Frutos (n)	
	SC	OS	SC	OS	SC	OS
Autopolinização espontânea	69,6	43,7	28,5	4,0	36	52
Polinização pelo vento	29,0	45,3	33,0	32,9	40	48
Polinização natural (controle)	1,4	11,0	38,5	63,1	41	50

Legenda: PF= peso fresco dos frutos; FC= frequência relativa de frutos para o mercado *in natura*; Frutos (n)= número de frutos utilizados em cada tratamento; OS= cultivar ‘Oso Grande’; SC= cultivar ‘Sweet Charlie’.

Para os frutos com valor (bem formados e regulares) e sem valor para o mercado *in natura* (deformados e muito deformados) determinou-se, em ambos os cultivares, a frequência relativa em relação aos valores obtidos para a taxa de fecundação (Figuras 2 e 3).

Verificou-se que a maioria dos frutos sem valor para esse tipo de mercado, 70,9% no cultivar SC e 83,7% no OS, apresentou taxas de fecundação inferiores a 60% (Figuras 2 e 3). Por outro lado, a maior parte dos frutos com valor para o mercado *in natura*, 80,2% no SC e 91,7% no OS, apresentou taxas de fecundação superiores a 60% (Figuras 2 e 3).

Figura 2. Porcentagem de frutos com e sem valor para o comércio *in natura* em relação à taxa de fecundação (%) no cultivar ‘Sweet Charlie’ (dados de 2000 e 2001).

Figura 3. Porcentagem de frutos com e sem valor para o comércio *in natura* em relação à taxa de fecundação (%), no cultivar ‘Oso Grande’ (dados de 2000 e 2001).

Comparando-se os valores obtidos entre os frutos com e sem valor comercial para o mercado *in natura*, em todas as variáveis, em cada cultivar, verificou-se que houve uma diferença significativa entre todas elas no cultivar SC (Número de aquênios $Z_c = -3,7665$ $n_1=141$ $n_2=126$ $p=0,0002$; Taxa $Z_c = -10,3811$ $n_1=141$ $n_2=126$ $p=0,0001$; Peso $Z_c = -4,5359$ $n_1=141$ $n_2=126$ $p=0,0001$). No cultivar OS, somente para o número de aquênios dos frutos não se obteve uma diferença significativa (Número de aquênios $Z_c = -0,6692$ $n_1=129$ $n_2=250$ $p=0,5034$; Taxa $Z_c = -14,266$ $n_1=129$ $n_2=250$ $p=0,0001$; Peso $Z_c = -8,664$ $n_1=129$ $n_2=250$ $p=0,001$). Os valores médios obtidos para essas variáveis foram superiores para os morangos classificados como frutos com valor comercial (Tabela XVII).

Tabela XVII. Média (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses) para os frutos com e sem valor comercial para o mercado *in natura*, nos cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’ (dados de 2000 e 2001).

Variáveis	OS		SC	
	Sem valor	Com valor	Sem valor	Com valor
Nº de aquênios	548 (± 105)	540 (± 92)	619 (± 128)	563 (± 104)
Taxa de fecundação	38,6 ($\pm 19,7$)	81,8 ($\pm 11,8$)	48,7 ($\pm 19,2$)	74,0 ($\pm 11,6$)
Peso fresco (g)	19,8 ($\pm 8,6$)	29,2 ($\pm 8,2$)	23,7 ($\pm 6,6$)	27,1 ($\pm 5,3$)
Nº de frutos (n)	129	205	141	126

Legenda: OS = cultivar ‘Oso Grande’, SC = cultivar ‘Sweet Charlie’.

Em relação à classificação dos frutos quanto à forma, analisando-se os resultados obtidos nos dois cultivares, verificou-se que as quatro categorias estabelecidas subjetivamente - bem formado (BF), regular (R), deformado (D) e muito deformado (MD) -, apresentaram diferenças significativas em cada cultivar (Tabela XVIII).

Tabela XVIII. Resultados do teste de Kruskal-Wallis entre as categorias estabelecidas quanto ao formato dos frutos, para os dois cultivares (dados de 2000 e 2001).

Cultivar	Número de aquênios	Taxa de fecundação	Peso fresco
'Sweet Charlie'	Hc = 28,0221	Hc = 141,2584	Hc = 34,9772
(k=4)	p = 0,0001	p = 0,0001	p = 0,0001
'Oso Grande'	Hc = 14,8875	Hc = 228,4687	Hc = 89,5143
(k=4)	p = 0,0019	p = 0,0001	p = 0,0001

Contudo, somente para a taxa de fecundação se obteve, entre todos as categorias, uma diferença significativa (Tabela XIX), revelando que a classificação utilizada para a forma dos frutos esteve de acordo com este dado quantitativo, aumentando a sua confiabilidade. As taxas de fecundação, em ambos os cultivares, apresentaram valores médios crescentes dos frutos muito deformados até os frutos bem formados (Tabela XX).

Tabela XIX. Resultados do teste de Dunn para a taxa de fecundação entre as categorias estabelecidas para a classificação dos frutos quanto à forma, nos dois cultivares (dados de 2000 e 2001).

Cultivar	F x MD	F x D	F x R	R x MD	R x D	D x MD
SC	Q=9,6975 p<0,001	Q=6,8962 p<0,001	Q=2,7056 0,02<p<0,05	Q=9,6440 p<0,001	Q=6,4336 p<0,001	Q=5,1157 p<0,001
OS	Q=12,8447 p<0,001	Q=9,550 p<0,001	Q=3,3545 0,002<p<0,005	Q=10,6901 p<0,001	Q=7,0952 p<0,001	Q=3,5027 0,002<p<0,005

Legenda: F = bem formado, R = regular, D = deformado, BD = bem deformado, OS = cultivar 'Oso Grande', SC = cultivar 'Sweet Charlie'.

É interessante notar que, mesmo se utilizando somente flores primárias, houve uma diferença significativa no número de aquênios obtidos entre essas flores, e que estas diferenças ocorreram tanto nos resultados obtidos em diversos tratamentos de polinização, quanto entre as categorias de formato dos frutos. No SC, essas diferenças ocorreram entre os frutos bem formados e as demais categorias (F x MD Q=3,4118 0,002<p<0,005; F x D Q=5,1942 p<0,001; F x R Q=3,4994 0,002<p<0,005), enquanto no OS, somente os frutos bem formados e regulares apresentaram uma diferença significativa (Q=3,6168 0,001<p<0,002) para essa variável. No SC, os frutos bem formados apresentaram um número médio de aquênios inferior às demais categorias e, no OS, os frutos bem formados e os regulares apresentaram, respectivamente, o menor e o maior valor médio obtido para o número de aquênios (Tabela XX).

Tabela XX. Média (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses) das variáveis avaliadas para os frutos em relação à sua classificação quanto à forma, nos cultivares OS e SC (dados de 2000 e 2001).

Variáveis	OS				SC			
	MD	D	R	BF	MD	D	R	BF
Nº de aquênios	551 ±79	546 ±123	558 ±92	514 ±87	599 ±140	626 ±124	582 ±98	495 ±100
Nº de fecundados	139 ±93	281 ±113	442 ±108	442 ±86	171 ±95	349 ±123	418 ±93	401 ±77
Taxa de fecundação	24,8 ±14,6	50,7 ±15,0	78,7 ±12,1	86,2 ±9,9	28,3 ±13,0	55,4 ±15,9	72,0 ±11,6	81,5 ±8,0
Peso fresco (g)	16,1 ±8,4	23,0 ±7,3	28,9 ±8,5	29,7 ±7,9	19,6 ±7,2	25,1 ±5,9	27,0 ±5,1	27,4 ±6,0
Nº de frutos (n)	60	69	85	120	34	106	99	27

Legenda: MD = frutos muito deformados, D = frutos deformados, R = frutos regulares e BF = frutos bem formados.

Para a temperatura do ar e a umidade relativa, tanto os valores obtidos às 9:00h da manhã quanto os valores máximos e mínimos, apresentaram diferenças significativas entre a estufa e o campo (Temperatura mínima: $T = 106,5$ $n=32$ $0,001 < p < 0,005$; Demais variáveis $T = 0$ $n=32$ $p < 0,001$). No interior da estufa, os valores médios obtidos para a temperatura do ar foram mais elevados, enquanto para a umidade relativa eles foram mais baixos (Tabela XXI).

Tabela XXI. Média (em negrito) e desvio padrão para a temperatura do ar e a umidade relativa obtidas no campo e na estufa, referentes aos meses de julho a setembro de 2001.

Local (n=32)	T (°C)	U (%)	T máx.(°C)	U máx. (%)	T mín.(°C)	U mín.(%)
Campo	18,0 ±2,7	77,9 ±9,6	26,4 ±3,4	93,0 ±4,2	10,5 ±3,2	36,4 ±13,9
Estufa	24,1 ±4,0	42,6 ±11,1	35,2 ±4,5	70,2 ±11,9	10,8 ±3,1	15,8 ±7,8

Legenda: T= temperatura do ar às 9:00h da manhã, U= umidade relativa às 9:00h da manhã, T máx.= temperatura máxima, U máx.= umidade relativa máxima, T mín.= temperatura mínima, U mín.= umidade relativa mínima, n= número de amostras.

DISCUSSÃO

As variações obtidas entre os dois cultivares estudados em relação à quantidade de flores produzidas, ao volume de néctar e ao período de receptividade do estigma quando sob um mesmo sistema de cultivo (condições ambientais e práticas de cultivo semelhantes), devem estar associadas à variabilidade genética existente entre esses cultivares. A variação genética como fonte de variação na produção de néctar, por exemplo, já foi demonstrada em alfafa (*Medicago sativa*) (Teuber & Barnes, 1979).

Segundo Larson (1994), a extensiva hibridação sofrida pelas plantas do morangueiro, desde o século XVIII, fizeram de *Fragaria x ananassa* uma espécie altamente variável, altamente heterozigota, que possui uma ampla extensão de características morfológicas e fisiológicas, com variações consideráveis em suas respostas ambientais.

Também verificou-se que, em ambiente fechado, os dois cultivares produziram um número significativamente maior de flores e apresentaram 100% de seus estigmas receptivos, com uma antecedência de um dia em relação ao cultivo em área aberta. Essas alterações, por sua vez, devem ter ocorrido em função das diferenças climáticas existentes entre os dois sistemas de cultivo. Kakutani *et al.*, (1993) avaliando a polinização do morangueiro em estufa, verificaram que as flores do cultivar 'Houkou-wase', sob cultivo fechado, apresentaram um período de vida mais curto devido à elevada temperatura em seu interior. Pezzopane *et al.* (1995), avaliando as alterações climáticas provocadas pelo uso de estufa plástica em Campinas (SP), com características semelhantes àquela utilizada neste estudo, verificaram que a temperatura máxima do ar foi sempre maior no interior da estufa, assim como a umidade relativa. Em Atibaia, o ambiente no interior da estufa também apresentou temperaturas mais elevadas que a área externa, porém, foi mais seco.

Embora seja de conhecimento geral que os cultivares comerciais de morango apresentam uma certa protoginia (Pesson & Louveaux, 1984; Free, 1993), as flores do SC e do OS apresentaram uma protandria temporária. Algumas anteras iniciaram a liberação do pólen ainda no botão floral (botão grande), quando os estigmas não estavam receptivos, e somente no 3º e no 5º dia após a abertura da flor, respectivamente para os cultivares OS e SC, 100% dos estigmas tornaram-se completamente receptivos, e assim permaneceram até a senescência floral. Considerando-se o período de fertilização como sendo aquele no qual todos os estigmas encontram-se receptivos, o OS apresentou um período de fertilização maior que o SC. Sob as condições de estufa, porém, houve uma antecipação de um dia na receptividade dos estigmas, aumentando esse período de fertilização. Como verificado por Kakutani *et al.* (1993), a temperatura do ar no cultivo do morangueiro também pode modificar o período de fertilização de suas flores.

Quanto à viabilidade polínica, somente o cultivar 'Sweet Charlie' apresentou uma alteração acentuada no cultivo fechado: uma elevada porcentagem de grãos perderam a sua capacidade de germinação um dia antes em relação ao campo. A viabilidade do pólen, embora geneticamente controlada, também pode ser modificada pela temperatura do ar durante a floração, diminuindo em temperaturas abaixo de 15°C e acima de 25°C (Hortynski & Zebrowska, 1991 apud Zebrowska, 1997).

Nos cultivares 'Sweet Charlie' (SC) e 'Oso Grande' (OS), confirmou-se que não há a formação do fruto sem que os óvulos sejam fecundados, e que não existem barreiras limitando a autofecundação, quando a autopolinização ocorre. Entretanto, os resultados da autopolinização espontânea (gravidade e ação do vento e do homem ao balançarem as flores) e da polinização promovida pelo vento (autopolinização pelo vento) confirmaram que, embora autocompatíveis, as flores primárias dos cultivares OS e SC necessitam de um polinizador para a produção de frutos sem deformações (para o mercado *in natura*).

A baixa porcentagem de frutos obtida para esse tipo de mercado, na autopolinização espontânea, nos cultivares 'Campinas' (CA), SC e OS, foi ocasionada pelo distanciamento existente entre as anteras e os estigmas superiores e/ou pelo padrão de maturação dos estames e dos pistilos das flores desses cultivares, que não favoreceram a sua ocorrência. Connor & Martin (1973) verificaram que, quando se impediu o acesso das abelhas às flores, a altura dos estames esteve correlacionada ao desenvolvimento dos aquênios nas flores primárias e secundárias. No cultivar OS, além da altura dos estames ser inferior à do receptáculo, estes se deslocam em direção às pétalas, afastando-se completamente dos estigmas receptivos quatro dias após a abertura da flor.

Segundo Crane & Walker (1984), a separação temporal existente na maturação dos estigmas e das anteras nos cultivares comerciais de morango aumenta, em suas flores, a contribuição da polinização cruzada.

Como verificado em outros cultivares, os polinizadores são necessários para maximizar a produção de morangos (Nye & Anderson, 1974; Antonelli *et al.*, 1988; Goodman &

Oldroyd, 1988; Chagnon *et al.*, 1989; Svensson, 1991) e a presença desses polinizadores, particularmente das abelhas, torna-se ainda mais importante quando as taxas de autopolinização espontânea são baixas (Zebrowska, 1998).

Os resultados do controle, obtidos nos anos de 1998, 2000 e de 2001, revelaram que as populações de insetos silvestres presentes no local de estudo, particularmente de abelhas, foi adequada à polinização dos cultivares CA e OS, embora o mesmo não tenha ocorrido para o SC. No cultivar OS, as porcentagens de frutos primários com deformações no controle, nos anos de 2000 e 2001, foram 11,8% e 4,0% respectivamente, enquanto no SC foram 63,3% e 51,2%.

O maior número de flores produzidas pelo SC e o maior volume de néctar obtido em suas flores primárias, em relação ao OS, embora possam tornar este cultivar mais atrativo para as abelhas, podem resultar em um menor de visitas por flor, se não houver uma população adequada de abelhas para esta oferta maior de recursos (néctar e pólen). Conseqüentemente, haverá uma polinização inadequada nessas flores e um aumento na porcentagem de frutos deformados.

No cultivar SC, os resultados obtidos no controle mostraram que houve uma maior deficiência de polinização nos pistilos superiores das flores primárias, pois mais de 85% dos frutos colhidos exibiram algum defeito em sua porção apical, com um acúmulo de óvulos não fecundados justamente nesta região, em oposição aos 25% obtidos para o OS. Como os estigmas superiores são os últimos a se tornar receptivos, e as flores do SC apresentam um menor período de fertilização que o OS, para serem bem polinizadas, elas devem receber um maior número de visitas, por parte dos polinizadores, em um período mais curto de tempo, em torno de 48 horas. Já as flores primárias do OS, cujos estigmas superiores tornaram-se receptivos mais cedo, apresentaram um período de fertilização em torno de 96 horas.

Em 2000, os frutos primários do SC, resultantes do controle realizado na estufa, na ausência de abelhas, apresentaram uma taxa média de fecundação superior ao controle, em área aberta, e a porcentagem de frutos para o comércio *in natura*, foi relativamente elevada no cultivo fechado. Diversos fatores podem ter contribuído para estes resultados: a presença de diversos insetos visitando as flores no interior da estufa, principalmente moscas, formigas, lacerdinhas e besouros; o aumento no período de fertilização das flores primárias do SC, quando sob cultivo fechado, ocasionado pela maturação precoce de seus estigmas superiores; a utilização de flores com um número menor de óvulos no controle realizado na estufa em relação ao campo (menor número de aquênios nos frutos).

Além disso, esses resultados também revelaram que a contribuição das abelhas na polinização do SC, em área aberta, em 2000, ficou muito aquém do esperado, resultando em uma taxa média de fecundação e em uma porcentagem de frutos para a venda *in natura* muito inferiores àquelas obtidas na estufa, na ausência de abelhas. Fatores como um inverno mais rigoroso, como ocorreu em 2000, com a ocorrência de geadas durante a realização dos experimentos, podem ter diminuído o número de abelhas em atividade nas flores e/ou o período de forrageamento das mesmas, em prejuízo da polinização. Além disso, o sistema de irrigação utilizado nesse ano, a aspersão, pode ter diminuído a atratividade dessas flores aos seus polinizadores, pois neste sistema, normalmente, a água lava o pólen e o néctar existentes nas mesmas.

Já em 2001, o inverno menos rigoroso (sem geadas) e a utilização de outro sistema de irrigação, o gotejamento, devem ter favorecido a atividade das abelhas nessas flores, produzindo o aumento significativo obtido para a taxa de fecundação e para o peso fresco dos frutos no controle, em área aberta, em relação ao ano anterior, embora estes resultados ainda tenham ficado aquém dos esperados. Como verificado por Kevan (1977) e Watanabe (1994), em certas localidades, e em alguns anos, ocorrem reduções na produtividade das culturas, devido à escassez de polinizadores, em adição a outros fatores.

Quanto ao tratamento de polinização cruzada manual, realizado em 2000, as taxas de fecundação obtidas foram insatisfatórias, mesmo com a utilização de flores mais jovens como fornecedoras de pólen. Diversos fatores poderiam ser apontados como prováveis causas: a necessidade de uma maior quantidade de pólen, a utilização de flores ainda não completamente receptivas, a ocorrência de danos aos pistilos durante o manejo para aplicação manual do tratamento, entre outros. Contudo, é interessante notar que, para o SC cultivado no campo, os resultados da polinização cruzada manual foram superiores àqueles obtidos no controle, sendo esta diferença não significativa somente para o número de aquênios dos frutos. Isto revelou que, em flores com um mesmo número de óvulos, a polinização realizada pela população local de insetos, incluindo-se as abelhas, foi menos eficiente que a polinização cruzada manual, o que mais uma vez sugere a escassez de polinizadores para este cultivar, na área de estudo.

Também em 2001, a inexistência de diferenças significativas nos resultados obtidos no SC entre o controle e a polinização pelo vento, em todas as variáveis, revelaram que as populações de abelhas do local, mesmo sob condições climáticas e de irrigação mais favoráveis, não foram adequadas para a polinização destas flores, embora tenham sido adequadas para a polinização das flores do OS, cultivado lado a lado com o SC.

Conforme Pion *et al.* (1989, apud Chagnon *et al.*, 1993), a taxa de polinização dos aquênios raramente supera 60%, se não houver o transporte de pólen pelos insetos. Esses autores encontraram, na ausência da polinização por insetos, taxas de malformação de 46,5% e concluíram que a polinização entomófila tem, portanto, um papel essencial na redução desta taxa e, conseqüentemente, na produtividade da cultura do morango.

Utilizando-se os dados obtidos em 2000 e 2001, verificou-se que mais de 70% dos frutos com deformações apresentaram taxas de fecundação inferiores a 60%, revelando que, de um modo geral, se a taxa de fecundação está abaixo desse nível, ou próximo a ele, não se deve esperar uma boa formação dos frutos nos dois cultivares estudados.

Ainda em relação às taxas de fecundação, os resultados obtidos para o cultivar OS, em 2001, revelaram que a autopolinização espontânea foi responsável pelo desenvolvimento de 24% dos aquênios, a polinização pelo vento elevou este valor para 59% e a polinização por insetos para 91%. Connor & Martin (1973), avaliando a polinização de 11 cultivares de morango, concluíram que a autopolinização espontânea foi responsável por 53% dos aquênios fecundados, que a ação do vento elevou este valor para 67% e a polinização por insetos para 91%. Também verificaram que a contribuição dos insetos foi maior naqueles cultivares cujos estames apresentaram uma altura inferior à do receptáculo floral, e foi menor naqueles com estames mais altos. É importante notar que, no cultivar OS, os estames encontram-se distantes dos pistilos, sendo esta distância maior em relação aos pistilos superiores.

Em 2001, as diferenças significativas obtidas para a taxa de fecundação nos tratamentos de autopolinização espontânea e de polinização pelo vento, comparando-se os dois cultivares, revelaram que estes agentes da polinização apresentaram uma contribuição maior no SC do que no OS. Isto deve estar relacionado à maior proximidade existente entre as anteras e os estigmas das flores do SC, bem como ao fato deste cultivar produzir um pólen pulverulento, que deve ser mais facilmente disperso que o pólen grumoso presente nas flores do OS. Contudo, também no SC, estes tratamentos produziram uma porcentagem baixa de frutos para o mercado *in natura*, inferior àquela obtida no controle. No morangueiro, o formato dos frutos, quando não danificados por pragas, doenças ou ação mecânica, depende do modo como ocorre a distribuição do pólen entre os seus estigmas: se a distribuição for irregular, os frutos produzidos serão deformados, se ela for uniforme produzirá frutos bem formados. Portanto, as porcentagens elevadas de frutos deformados obtidas nos tratamentos de autopolinização espontânea e de polinização pelo vento revelaram que os agentes envolvidos nestes dois tipos de polinização não foram

capazes de distribuir homogeneamente o pólen entre os estigmas destas flores, realçando a importância dos insetos na polinização desses dois cultivares.

Por sua vez, no cultivo fechado, em 2000, o tratamento de polinização por *T. angustula*, no OS, resultou em frutos com valores médios superiores para o peso fresco e para a taxa de fecundação em relação àqueles obtidos com a polinização cruzada manual, também realizada na estufa. Deve-se notar que as flores utilizadas na polinização por *T. angustula* possuíam um número de óvulos maior que aquelas utilizadas na polinização cruzada manual, demonstrando que, apesar de seu pequeno porte, essas abelhas foram efetivas na polinização dessas flores. Além disso, as suas forrageadoras apresentaram um comportamento adequado nas flores primárias desse cultivar, produzindo uma porcentagem elevada de frutos para o mercado *in natura*, superior àquela obtida no controle, em área aberta, para este mesmo cultivar, nos dois anos de estudo.

Nos tratamentos de polinização controlada, utilizados para avaliar a efetividade de diferentes espécies de abelhas na polinização do morangueiro, verificou-se que, embora *Dialictus* sp (Halictidae) tenha permanecido mais tempo na flor que *A. mellifera* e *T. spinipes*, e produzido frutos com peso semelhante ao destas abelhas, o seu comportamento na flor não promoveu uma polinização uniforme, originando somente frutos deformados, inadequados ao mercado *in natura*.

É interessante notar, entretanto, que *Dialictus* sp, por permanecer principalmente na base da flor, junto aos estames, polinizou de modo mais eficiente os pistilos desta região e aqueles presentes na lateral do receptáculo. Por outro lado, *A. mellifera* e *T. spinipes* foram mais eficientes na polinização dos pistilos apicais, onde permaneceram com maior frequência durante suas visitas às flores. Desse modo, o comportamento exibido por essas abelhas nas flores, polinizando com maior eficiência diferentes regiões do receptáculo floral, sugere que, durante a polinização natural, existe um efeito complementar na polinização realizada por essas espécies nas flores primárias do cultivar OS.

Chagnon *et al.* (1993) já haviam diagnosticado esse efeito de complementaridade na polinização do cultivar 'Veestar', em Quebec, no Canadá. Esses autores também verificaram que as *A. mellifera* permaneciam, principalmente, na região apical das flores, enquanto as abelhas nativas (Halictidae e Andrenidae), menores que 1,0 cm, detinham-se à região basal e próxima aos estames.

A semelhança estatística obtida nos resultados da polinização em 4 visitas por *A. mellifera* e *T. spinipes*, sugerem que *T. spinipes* também é efetiva na polinização do morangueiro. Essa espécie de meliponíneo é considerada pelos produtores rurais como uma praga, por danificar flores e frutos em diversas culturas (Kerr *et al.*, 1981; Alves *et al.*, 1996; Couto & Mendes, 1996; Malerbo-Souza, 1996). Contudo, os resultados obtidos neste estudo e a observação do comportamento de *T. spinipes* em áreas abertas de cultivo, ao longo de vários anos, revelaram que essa abelha, tão comum em campos de plantação comercial, além de não ser prejudicial à cultura do morango, pode beneficiar a sua produção.

Quanto à contribuição percentual dos diversos agentes de polinização na produção de frutos, verificou-se que, no cultivar SC, sob cultivo aberto, a contribuição dos insetos no peso dos frutos primários foi bastante reduzida, e pouco elevada em relação à porcentagem desses frutos para a venda *in natura*. Entretanto, esses resultados não refletem a real contribuição da entomofilia no processo de polinização do SC, uma vez que os valores obtidos no controle deste cultivar estiveram muito aquém dos esperados.

Já no OS, os valores satisfatórios, obtidos no controle, permitiram verificar que, embora a polinização por insetos tenha resultado em uma contribuição percentual relativamente baixa no peso fresco dos frutos, ela teve um papel fundamental na redução do número de frutos deformados, elevando bastante a porcentagem de frutos para a venda *in natura*. Porém, é importante notar que, apesar da autopolinização espontânea e da

polinização pelo vento serem responsáveis pela maior parte do peso alcançado por esses frutos, esses agentes de polinização não foram capazes de garantir uma distribuição uniforme do pólen entre os estigmas, produzindo uma grande quantidade de frutos deformados, que são inadequados ao mercado *in natura*, para prejuízo do produtor.

Zebrowska (1998) obteve uma ampla variação no efeito dos diversos agentes de polinização, quanto ao peso médio dos frutos, em cinco cultivares de morango, e verificou que as flores primárias foram as mais dependentes da polinização por insetos. Além disso, entre os cultivares examinados, ele obteve dois extremos: em um cultivar, a contribuição dos insetos foi de apenas 1,0%, enquanto em outro, essa contribuição foi superior a 60%. Segundo Antonelli *et al.* (1988), na presença dos polinizadores, os ganhos podem ocorrer em um ou mais componentes da produção, como número de frutos, peso fresco e formato, em função das características de cada cultivar.

Os resultados obtidos, para os cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’, revelaram que ambos dependem da polinização por abelhas para a produção comercial de frutos, sendo a principal contribuição desses insetos a redução acentuada na porcentagem de frutos deformados. Entretanto, o cultivar SC revelou possuir uma dependência ainda maior das abelhas, devido ao curto período de fertilização de suas flores. Os produtores de morango devem, portanto, estar atentos à polinização destes cultivares, para que possam garantir uma boa produtividade em suas lavouras. A presença de pistilos com uma coloração clara e amarelada, logo no início da formação dos frutos (entre o sétimo e o oitavo dia após a abertura da flor), indica que eles não foram polinizados e o produtor pode utilizar esta informação para avaliar os níveis de polinização em sua cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.U. AZEREDO, G.A.de & LORENZON, M.C.A. 1996 *Trigona spinipes* (Hym: Meliponinae) danificando acerola (*Malpighia glabra*). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- ANTONELLI, D.F. MAYER, D.F. BURGETT, D.M. & SJULIN T. 1988 Pollinating insects and the strawberry yields in the Pacific Northwest. *American Bee Journal*, v.128, n.9, p. 618-620.
- BAGNARA, D. & VINCENT, C. 1988 The role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. *Journal of Horticultural Science*, v.63, n.1, p. 69-75.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1989 Pollination rate of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, v.82, p.1350-1353.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1993 Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, v.86, p.416-420.
- CONNOR, L.J. & MARTIN, E.C. 1973 Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience*, v.8, n.4, p.304-306.
- COUSTON, R. 1991 Insect pollination of soft fruits and associated problems. *Acta Hortic.* v.288, p.249-254.
- COUTO, L.A. & MENDES, J.N. 1996 Influência da polinização entomófila na cultura do feijão guandú (*Cajanus cajan* L.). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- CRANE, E. & WALKER, P. 1984 *Pollination directory for world crops*. International Bee Research Association, London, 183p.
- DAFNI, A. 1992 *Pollination ecology: a practical approach*. The practical Approach Series (Series eds. D. Rickwood & B. D. Hames). IRL Press, Oxford University Press. 250p.
- FREE, J.B. 1993 *Insect pollination of crops*, 2nd Edition. Academic Press, London, 684p.

- GILBERT, C. & BREEN, P.J. 1987 Low pollen production as a cause of fruit malformation in strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.111, n.6, p.56-60.
- GOODMAN, R.D. & OLDROYD, B.P. 1988 Honeybee pollination of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.28, p.435-438.
- JAYCOX, E.R. 1970 Pollination of strawberries. *American Bee Journal*, v.110, n.1, p.176-177.
- KAKUTANI, T. INOUE, T. TEZUKA, T. & MAETA, Y. 1993 Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, and the honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. *Rev. Popul. Ecol.*, v.35, p.95-111.
- KERR, W.E. BLUM, M. & FALES, H.M. 1981 Communication of food between workers of *Trigona* (*Trigona*) *spinipes*. *Rev. Brasil. Biol.*, v.41, n.3, p.619-623.
- KEVAN, P.G. 1977 Blueberry crops in Nova Scotia and New Brunswick: pesticides and crop reductions. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, v.25, n.1, p.64.
- LARSON, K.D. 1994 Strawberry. In: B. Schaffer e P. C. Andersen eds. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*, v.1, pp. 271-297.
- MALERBO-SOUZA, D.T. 1996 Polinização utilizando atrativos químicos em cafezal e laranjais. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- NITSCH, J.P. 1950 Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, v.37, p.211-215.
- NYE, W.P. & ANDERSON, J.L. 1974 Insect pollinators frequenting strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.99, n.1, p.40-44.
- PESSON, P. & LOUVEAUX, J. 1984 *Pollinisation et productions végétales*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, 663p.
- PEZZOPANE, J.E.M. PEDRO, JR. M.J & ORTOLANI, A.A. 1995 Modificações microclimáticas provocadas por estufa com cobertura plástica. *Bragantia*, Campinas, v.54, n.2, p. 419-425.
- SVENSSON, B. 1991 The importance of honey-bee-pollination for the quality and the quantity of strawberries (*Fragaria x ananassa*) in Central Sweden. *Acta Hort.* v.288, p.260-264.
- TEUBER, L.R. & BARNES, D.K. 1979 Environmental and genetic influences on alfafa nectar. *Crop Sci.*, v.19, p.874-878.
- THOMPSON, P.A. 1971 Environmental effects on pollination and receptacle development in strawberry. *J. Hort. Sci.*, v.46, p.1-12.
- WATANABE, M. 1994 Pollination worries rise as honey bees decline. *Science*, v.265, p.1170.
- ZAR, J.H. 1999 *Biostatistical analysis* 4th edition, Prentice Hall, New Jersey, 663p.
- ZEBROWSKA, J. 1997 Factors affecting pollen grain viability in the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Horticultural Science*, v.72, n.2, p.213-219.
- ZEBROWSKA, J. 1998 Influence of pollination medes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Plant Breeding*, v.17, p.255-260.

CAPÍTULO 4

Adaptação e manejo de meliponíneos (Apidae, Meliponini) em estufas para a polinização do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.).

ABSTRACT

To evaluate the possibility of rational use of stingless bees as strawberry pollinators in greenhouses five species of stingless bees - *Nannotrigona testaceicornis*, *Tetragonisca angustula*, *Schwarziana quadripunctata*, *Scaptotrigona bipunctata* and *Trigona spinipes* – were introduced in small greenhouses (200m²) during the strawberry blossom. We verified flight orientation and the time spent to the beginning of foraging. We also registered flight activity and the general condition of *N. testaceicornis*, *S. bipunctata* and *T. angustula* colonies. Only *Scaptotrigona bipunctata* and *Schwarziana quadripunctata* did not forage under greenhouse conditions in this study. Other species showed a reduction in their daily foraging activity inside the greenhouse despite resources availability and favourable values of air temperature and relative humidity. The monthly activity period of stingless bees was limited mainly because they had to be removed out of the greenhouse for pesticide application. We also verified that the production of ‘Sweet Charlie’ and ‘Oso Grande’ cultivars inside greenhouses needs bee pollination. Before the foraging activity of *T. angustula* and *T. spinipes* inside greenhouses these cultivars yielded a high percentage of malformed fruits. Among all species *T. angustula* was remarkable for its relatively quick adaptation and the ability to keep satisfactory internal colony conditions. Besides foraging activity the artificial food keep these colonies well inside the greenhouse and we observed a continuous process of cell construction and oviposition even with frequent removals and reintroductions in the greenhouses.

RESUMO

Colônias de cinco espécies de meliponíneos - *Nannotrigona testaceicornis* (iraí), *Scaptotrigona bipunctata* (mandaguari), *Schwarziana quadripunctata* (guira ou guiruçu), *Tetragonisca angustula* (jataí) e *Trigona spinipes* (irapuá) - foram instaladas em estufas de pequeno porte (200m²), ao longo da florada de morangueiro. Durante o confinamento dessas espécies, verificou-se a orientação de vôo e o tempo para o início do forrageamento. A atividade externa e as condições internas das colônias de *N. testaceicornis* (iraí), *S. bipunctata* (mandaguari) e *T. angustula* (jataí) também foram observadas. Dentre as espécies utilizadas, somente *S. quadripunctata* (guira) e *S. bipunctata* (mandaguari) não se adaptaram ao confinamento, pois não forragearam na estufa. Para as demais espécies, verificou-se uma redução no período diário de forrageamento, mesmo na presença de temperatura e umidade relativa do ar superiores ao limite necessário à realização desta atividade por essas abelhas. Ao longo do estudo, a atividade dos meliponíneos nas estufas foi limitada, principalmente, pela necessidade de remoção das colônias para a aplicação de defensivos químicos na cultura. Também verificou-se que a produção dos cultivares SC e OS, sob cultivo fechado, depende da introdução de ninhos de abelhas para a polinização, pois antes do forrageamento de *T. angustula* (jataí) e de *T. spinipes* (irapuá), esses cultivares produziram um percentagem bastante elevada de frutos deformados (sem valor comercial para o mercado *in natura*). As campeiras de *T. angustula* revelaram possuir um grande potencial para a utilização em estufas de pequeno porte, por terem se adaptado relativamente bem ao forrageamento sob confinamento, e por manterem, de modo satisfatório, as condições internas de suas colônias. Além disso, a atividade de forrageamento dessas abelhas, juntamente com a alimentação artificial fornecida durante o estudo, foi capaz de manter as colônias nas estufas, havendo continuidade no processo de construção de células e de postura, mesmo face às freqüentes retiradas e reinstalações de seus ninhos.

INTRODUÇÃO

Diversas culturas em todo o mundo são mantidas em estufas, quer devido ao rigor do inverno em regiões de clima temperado, quer devido à maior proteção que este tipo de cultivo oferece contra eventuais adversidades climáticas, como chuvas torrenciais e geadas, em regiões tropicais e subtropicais.

Segundo Free (1993), o uso da polinização por insetos, em estufas, surgiu da necessidade de se isolar plantas específicas para a produção de sementes não contaminadas, da tentativa em se avaliar se certas espécies de plantas poderiam aumentar a sua produção de sementes e frutos pela visitação por insetos, e da necessidade de se cultivar certas plantas em um ambiente aquecido artificialmente.

Entre as espécies de abelhas manejadas em larga escala para a polinização de culturas em estufas, destacam-se *Apis mellifera*, normalmente preferida para a polinização em áreas fechadas de grande porte, e as mamangavas do gênero *Bombus*, particularmente *Bombus terrestris*, utilizada, principalmente, para a polinização do tomateiro (Free, 1993) e de pimentão (Velthuis, 2002).

Na década de 90, foram realizados os primeiros testes de polinização em estufa, utilizando os meliponíneos, com o objetivo de avaliar o seu potencial para a polinização. Sete espécies de meliponíneos foram importadas pelo Japão: *Trigona minangkabau*, *T. moorei* e *T. itama*, do Sudeste Asiático, e *Nannotrigona testaceicornis*, *Plebeia droryana*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona barrocoloradensis*, do Brasil (Amano *et al.*, 2000). Nesses primeiros testes, verificou-se que *N. testaceicornis* (Maeta *et al.*, 1992) e *T. minangkabau* (Kakutani *et al.*, 1993) foram polinizadoras efetivas das flores do morangueiro, sob cultivo fechado, e que a produção econômica de frutos poderia ser mantida pela introdução de colônias nas estufas.

Ainda no Japão, o processo de introdução e avaliação de outras espécies de meliponíneos para a polinização em estufa continua, devido à grande demanda por polinizadores, ocasionada pelo uso intensivo do cultivo fechado. Essa demanda ultrapassa as 120.000 colônias de *A. mellifera* e as 40.000 de *B. terrestris* disponíveis e utilizadas com este propósito (Amano *et al.*, 2000).

Os meliponíneos são abelhas sociais pertencentes à tribo Meliponini (Michener, 2000), também conhecidas como abelhas indígenas sem ferrão, e apresentam sua maior diversidade e abundância nos trópicos úmidos, principalmente na América do Sul (Camargo, 1989). Além de partilharem com *A. mellifera* diversas características que favorecem a sua utilização na polinização de plantas cultivadas, essas abelhas apresentam outras vantagens, como a ausência de um ferrão funcional, não oferecendo perigo ao homem (Heard, 1999). Essa característica, juntamente com a baixa agressividade de diversas espécies (Nogueira-Neto, 1997), a menor amplitude do vôo de forrageamento (Nieuwstadt & Iraheta, 1996) e o menor tamanho populacional de suas colônias (Nogueira-Neto, 1970), tornam os meliponíneos particularmente adequados para a utilização em estufas de pequeno porte.

Alguns experimentos de adaptação e utilização das abelhas sem ferrão sob cultivo fechado, também foram desenvolvidos em sua área de distribuição. Na Costa Rica, Slaa *et al.* (2000) testaram *N. testaceicornis* e *T. angustula* para a polinização de *Salvia farinaceae*, uma planta ornamental. No México, Macias *et al.* (2001) utilizaram *N. perilampoides* para

a polinização do tomateiro. Esses autores verificaram que essas abelhas poderiam ser utilizadas como polinizadores em estufas, sendo uma alternativa para *A. mellifera*.

Este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho e a adaptação de algumas espécies de meliponíneos em estufas, visando a polinização do morangueiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante três anos consecutivos, diferentes espécies de meliponíneos (*Nannotrigona testaceicornis*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Schwarziana quadripunctata*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona spinipes*) foram testadas em estufas para a polinização do morangueiro, no município de Atibaia (SP) (25°07'S/46°50'W). Com exceção de *S. bipunctata*, a escolha das espécies baseou-se no fato de as mesmas, anteriormente, terem sido observadas em campos comerciais nas flores do morangueiro, ou por já terem sido utilizadas na polinização desta cultura por outros autores.

As estufas utilizadas foram do tipo capela, com uma área de 200m² (8m x 25m) cada, dispostas no sentido noroeste-sudeste, cobertas com filme de polietileno de baixa densidade (0,1mm de espessura), e fechadas totalmente, em suas laterais, com tela anti-afídeo. Em cada estufa, foi utilizado um único cultivar: 'Osogrande' (OS) ou 'Sweet Charlie' (SC).

As colônias de meliponíneos foram fornecidas pelo Laboratório de Abelhas do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Logo após a abertura das colméias, nas estufas, o comportamento de vôo das abelhas, ao sair do ninho, foi observado e, diariamente, durante 5 a 10 minutos, duas vezes ao dia, foi verificado se as abelhas haviam ou não iniciado a atividade de forrageamento.

Por ocasião da aplicação de defensivos agrícolas, as colônias foram retiradas das estufas e mantidas em áreas próximas, também cultivadas com o morangueiro. Durante a sua permanência nas estufas, as abelhas foram alimentadas, quinzenal ou mensalmente, com xarope (solução com água, sacarose e mel de *Apis mellifera*), água filtrada e pólen umedecido (pólen e água). Aquelas que não iniciaram a atividade de forrageamento, foram retiradas da estufa e devolvidas ao Laboratório de Abelhas.

Em junho de 1999, foram introduzidas, em cada estufa, uma colônia de *Tetragonisca angustula* e uma de *Schwarziana quadripunctata*. O cultivar SC, por apresentar um maior número de flores, recebeu uma segunda colônia de *S. quadripunctata*. As colônias foram instaladas em cavaletes individuais, localizados na porção central das estufas, para facilitar o vôo de orientação das abelhas. Em sua porção central, a estufa alcançava uma altura máxima, cerca de 3,00m, enquanto nas laterais essa altura era inferior a 1,70m. Nesse ano, também se utilizou um ninho natural de *Trigona spinipes*, obtido na própria região.

Em 2000, foram utilizadas 4 novas estufas, geminadas 2 a 2, em uma nova área de cultivo, distante cerca de 2 km da área utilizada anteriormente. Em cada uma delas, foi utilizado um único cultivar: duas foram utilizadas para o cultivo do SC e duas para o OS. As colônias de meliponíneos foram introduzidas no mês de julho utilizando-se, inicialmente, apenas 2 estufas, cada uma com um cultivar. Em cada uma delas, foram instaladas uma colônia de *T. angustula* e uma de *Nannotrigona testaceicornis*. Posteriormente, introduziu-se um ninho de *Scaptotrigona bipunctata* em outra estufa. Nesse ano, o forrageamento nas estufas foi observado até o dia 13 de outubro.

Durante os experimentos, duas armadilhas foram utilizadas no interior de uma das estufas, com o objetivo de se monitorar a população de lacerdinhas (*Frankliniella* sp - Thysanoptera), praga comum do morangueiro. Essas armadilhas, lâminas planas de material plástico azul, cobertas com uma fina camada de substância adesiva transparente (cola), foram fixadas no canteiro, a cerca de 20 cm do solo. Por ocasião do uso dessas armadilhas, que também capturam outros insetos além das lacerdinhas, procurou-se verificar se os meliponíneos, sob confinamento, seriam ou não capturados por elas.

Em 2001, nas mesmas estufas do ano anterior, foram utilizadas somente colônias de *T. angustula*, e aquelas que haviam recebido o cultivar SC, no ano anterior, foram utilizadas para o cultivo do OS e vice-versa.

Nos últimos dois anos de estudo, as colônias também foram avaliadas em relação à atividade externa e às condições internas (alimento armazenado e construção de células), com o objetivo de se verificar a influência do confinamento na atividade das abelhas e na manutenção das colônias, e evitar o enfraquecimento e a perda das mesmas.

A atividade externa das colônias foi determinada, através da contagem do número de abelhas que saíam e entravam em suas colméias durante 5 minutos, cerca de três vezes por semana, de uma a três vezes ao dia, após às 9:00 h da manhã. Os dados obtidos no período das 11:00 h às 14:30 h, em maior número, foram utilizados para a realização de comparações entre as diferentes espécies, entre as colônias da mesma espécie e entre os anos. Dados sobre a temperatura e a umidade relativa do ar foram registrados antes de cada contagem, utilizando-se um termohigrômetro digital.

Já as condições internas das colônias foram verificadas a cada 15 ou 30 dias, quando elas recebiam a alimentação artificial, verificando-se a existência ou não de favos novos e velhos, de células em construção e de potes de armazenagem de mel ou de pólen.

RESULTADOS

1. Adaptação e manutenção das colônias nas estufas

Em 1999, foram utilizadas as seguintes colônias de abelhas: duas de *Tetragonisca angustula* (Ta-1 e Ta-2), três de *S. quadripunctata* (Sq-3, Sq-4, Sq-5) e uma (ninho natural) de *Trigona spinipes* (Ts-6).

Para essas colônias, foi observado o seguinte comportamento de vôo: as operárias de *T. angustula* saíram de suas colônias voando na altura do ninho (a cerca de 1 m do solo), com alguns indivíduos subindo em direção ao teto da estufa, onde acabavam morrendo, e outros voando mais próximos ao canteiro; todas as campeiras de *S. quadripunctata* que deixaram a colônia foram diretamente para cima, chocando-se contra o teto ou com a lateral da estufa, onde também acabaram morrendo; as operárias de *Trigona spinipes* apresentaram um padrão semelhante ao observado para *T. angustula*. O número de indivíduos voando em direção ao teto diminuiu com o passar dos dias, porém esta diminuição ocorreu de modo mais acentuado a partir do momento que as abelhas iniciaram o forrageamento nas flores do morangueiro.

Tabela I. Manejo das colônias de meliponíneos nas estufas e dados sobre o forrageamento no interior das mesmas: início e período de forrageamento nas flores do morangueiro (1999).

Espécie e colônia	Cultivar e local	Data da abertura	Início da atividade	Tempo para o início	Retirada da colônia	Período de atividade
Ta - 1	SC1	10/jun	15/jun	6 dias	28/jun ^φ	14 dias
Sq - 3	SC1	10/jun	não houve	-----	28/jun ^φ	-----
Sq - 4	SC1	10/jun	não houve	-----	28/jun ^φ	-----
Ta - 2	OS2	10/jun	não houve	-----	28/jun ^φ	-----
Sq - 5	OS2	10/jun	não houve	-----	28/jun ^φ	-----
Ta - 1	SC1	15/jul	21/jul	7 dias	(?)	(?)
Sq - 3	SC1	15/jul	não houve	-----	13/set	-----
Sq - 4	SC1	15/jul	não houve	-----	13/set	-----
Ta - 2	OS2	15/jul	21/jul	7 dias	24/ago ^φ	35 dias
Sq - 5	OS2	15/jul	não houve	-----	24/ago ^φ	-----
Ts - 6	SC1	13/ago	13/ago	4 horas	28/ago	16 dias [#]

Legenda: Ta= *Tetragonisca angustula*; Sq= *Schwarziana quadripunctata*; Ts= *Trigona spinipes*; SC = cultivar 'Sweet Charlie', OS = cultivar 'Oso Grande', ^φ = a colônia foi retirada da estufa para aplicação de defensivos agrícolas; [#] = a colônia foi retirada da estufa por problemas no forrageamento; (?) = dados não registrados. O número após a sigla da espécie de abelha indica a colônia a qual ela pertence, e o número após a sigla do cultivar indica a estufa na qual a espécie foi introduzida.

O tempo para o início da atividade de forrageamento variou tanto entre as espécies como entre as colônias de uma mesma espécie, e até mesmo para a mesma colônia em momentos distintos (Tabela I). Além de *T. angustula*, somente as campeiras de *T. spinipes* foram capazes de forragear nas flores do morangueiro presentes no interior das estufas, e estas últimas iniciaram o forrageamento mais rapidamente que as primeiras (Tabela I). *T. spinipes* foi introduzida em uma estufa na qual as campeiras de *T. angustula* encontravam-se em plena atividade de forrageamento e, embora não se tenha observado interações agressivas entre elas, verificou-se que a intensidade de forrageamento de *T. angustula* foi diminuindo com o passar dos dias. As campeiras de *T. spinipes* saíam mais cedo do ninho para forragear, e em maior número que *T. angustula*.

Contudo, após 10 dias forrageando sob confinamento, observou-se, pela primeira vez, as campeiras de *T. spinipes* coletando polpa de morango maduro, e transportando-a para o ninho, em suas corbículas. Em vários pontos da estufa, várias abelhas foram observadas coletando a polpa de um mesmo fruto, destruindo-o por completo. Após o fornecimento de xarope, durante 5 dias consecutivos, 3 vezes ao dia, em cinco pontos distintos da estufa, simultaneamente, esse comportamento indesejável diminuiu drasticamente, porém não desapareceu por completo, e o ninho foi retirado da estufa.

As colônias de *S. quadripunctata*, após permanecerem 19 dias na estufa sem forragear, foram deixadas na área externa de cultivo de morango, por cerca de uma semana, para que suas abelhas pudessem forragear livremente nas flores do morangueiro e, posteriormente, pudessem repetir este comportamento nas estufas. Entretanto, nesse período, as condições climáticas foram desfavoráveis, impossibilitando o forrageamento.

Após três meses, por não iniciarem essa atividade, as colônias de *S. quadripunctata* foram retiradas do local (Tabela I).

Em 2000, foram utilizadas as seguintes colônias: duas de *Nannotrigona testaceicornis* (Nt-7 e Nt-9), três de *T. angustula* (Ta-8, Ta-10 e Ta-11) e uma de *Scaptotrigona bipunctata* (Sb-12). Ao saírem do ninho, verificou-se que, de modo semelhante ao observado para *T. angustula* no ano anterior, as operárias de *N. testaceicornis* voaram ao redor da colméia e entre esta e o canteiro de morango logo abaixo, com vários indivíduos voando em direção ao teto e às laterais da estufa, onde morreriam mais tarde. Diversas campeiras de *T. angustula* também morreram nesse ano.

Já as campeiras de *S. bipunctata*, de modo semelhante ao verificado para *S. quadripunctata*, foram observadas com maior frequência voando diretamente em direção ao teto ou às laterais da estufa, onde acabaram morrendo.

No início do experimento, somente as campeiras da colônia Ta-10 localizaram as flores do morangueiro (Tabela II). Durante todo o período de estudo, essa colônia foi utilizada para os testes de polinização dirigida, sendo transferida de uma estufa para outra, visitando as flores de ambos os cultivares (Tabela II).

Já as operárias das colônias Nt-7 e Nt-9 encontraram, inicialmente, uma certa dificuldade para sair da colméia, devido ao fato de as campeiras de *T. angustula* tentarem, constantemente, entrar em seus ninhos. Agressão entre os indivíduos dessas duas espécies também foi observada: suas operárias foram encontradas presas umas às outras sobre o canteiro de morango, logo abaixo da colônia de *N. testaceicornis*.

Tabela II. Manejo das colônias de meliponíneos em estufas e dados sobre o forrageamento no interior das mesmas: início e período de forrageamento nas flores do morangueiro (2000).

Espécie e colônia	Cultivar e local	Data da abertura	Início da atividade	Tempo início	Retirada	Período de atividade
Nt-7	SC1	28/jul	-----	-----	26/ago ^Φ	-----
Ta-8	SC1	28/jul	-----	-----	17/ago	-----
Nt-9	OS3	28/jul	-----	-----	17/ago	-----
Ta-10	OS3	28/jul	29/jul	1 dia	26/ago ^Φ	29 dias
Ta-11	OS3	11/set	27/set	16 dias	30/out	18 dias
Sb-12	OS4	11/set	-----	-----	30/out	-----
Nt-7	SC1	11/set	-----	-----	13/set	-----
Ta-10	SC2	11/set	11/set	2 horas	30/out	33 dias
Nt-9	SC1	15/set	18/set	3 dias	30/out	26 dias

Legenda: Nt = *Nannotrigona testaceicornis*, Ta= *Tetragonisca angustula*; Sb= *Scaptotrigona bipunctata*, SC = cultivar ‘Sweet Charlie’, OS = cultivar ‘OsoGrande’, ^Φ = retirada das colônias para aplicação de defensivos agrícolas. O número após a sigla da espécie de abelha indica a colônia a qual ela pertence, e o número após a sigla do cultivar indica a estufa na qual a espécie foi introduzida.

Em 2000, duas colônias de *T. angustula* (Ta-10 e Ta-11) e uma de *N. testaceicornis* (Nt-7) foram observadas forrageando nas estufas (Tabela II). Novamente, foram obtidas variações no tempo necessário para o início do forrageamento (Tabela II).

As campeiras da colônia Nt-7, embora tenham sido observadas visitando as flores do morangueiro (Tabela II), apresentaram um forrageamento mais intenso e constante nas flores de uma planta conhecida popularmente como picão-branco (*Galinsoga* sp - Asteraceae) que, naquela ocasião, apresentava diversos indivíduos em floração no interior da estufa.

A colônia de *S. bipunctata* permaneceu no local por aproximadamente 3 meses e, embora uma campeira tenha sido observada visitando a flor do morangueiro, o forrageamento não ocorreu (Tabela II).

Quanto ao uso de armadilhas, verificou-se que nenhum meliponíneo foi capturado por elas e, além disso, foi muito interessante notar que as campeiras de *T. angustula* coletaram a cola existente nas mesmas, sendo capazes de pousar sobre este material sem ficar aderidas a ele.

Como resultado do monitoramento dos ninhos (Tabela III), verificou-se, particularmente para *T. angustula* (devido ao maior período de acompanhamento de seus ninhos), uma boa adaptação às estufas de morango, uma vez que estas, durante o experimento, mantiveram seus estoques de mel e o processo de construção de células e de postura, sendo ainda observado, na colônia Ta-11, a armazenagem de pólen das flores do próprio morangueiro. Durante as vistorias, também foi observada a aceitação da alimentação artificial pelas abelhas e, algumas vezes, foi possível ver as rainhas sobre os favos de cria.

Tabela III. Acompanhamento das colônias de meliponíneos no interior das estufas (2000).

Espécie de abelha	Identificação da colônia	Cultivar e local	Pote mel	Pote pólen	Favo velho	Favo novo	Células em construção
<i>S. bipunctata</i> (mandaguari)	Sb-12	OS4	S	S	S	S	S
			S	N	S	S	N
<i>N. testaceicornis</i> (iraí)	Nt-7	SC1	S	S	S	N	N
			N	N	S	S	S
			N	N	S	(?)	N
<i>T. angustula</i> (jataí)	Ta-10	SC2	S	N	S	N	N
			N	N	S	S	N
			S	N	S	S	S
			S	N	S	S	S
			S	N	N	S	S
	Ta-11	OS3	S	N	S	S	S
			S	N	S	S	S
			S	N	S	S	S
			S	S	N	S	S
			S	S	S	S	S
			S	S	S	S	S
			S	S	N	S	S
			S	S	S	S	S
			S	S	S	S	N

Legenda: OS = cultivar 'OsoGrande', SC = cultivar 'Sweet Charlie', S = presente, N = não encontrado, (?) = não verificado. O número após a sigla da espécie de abelha indica a colônia a qual ela pertence, e o número após a sigla do cultivar indica a estufa na qual a espécie foi introduzida.

Em 2001, foram utilizadas quatro colônias de *T. angustula*, sendo duas já utilizadas no ano anterior (Ta-8 e Ta-10) e duas novas (Ta-13 e Ta-14). Nesse ano, não se repetiu o plantio do mesmo cultivar na mesma estufa do ano anterior, e também houve um maior número de aplicações de defensivos químicos no interior das estufas, com as colônias sendo mais freqüentemente deslocadas de uma estufa para a outra (Tabela IV).

Todas as 4 colônias de *Tetragonisca angustula*, testadas em 2001, foram capazes de forragear nas flores do morangueiro no interior das estufas. Contudo, as campeiras da colônia Ta-8 levaram um tempo maior para iniciar o forrageamento em relação àquelas pertencentes a outras colônias.

O número de dias para a localização da fonte de alimento variou do início imediato, após a abertura do ninho, a até 21 dias, e esta variação ocorreu tanto entre as colônias, quanto para a mesma colônia, em momentos distintos (Tabela IV). Contudo, é preciso considerar que o início imediato do forrageamento somente ocorreu quando as abelhas já haviam forrageado anteriormente.

Quanto à variação obtida para o período de forrageamento, entre as colônias (Tabela IV), deve-se notar que ele foi limitado, principalmente, pela necessidade de remoção das colônias por ocasião da aplicação de defensivos químicos no interior das estufas.

Durante o período de estudo, em 2001, as campeiras da colônia Ta-13 foram observadas, na estufa, coletando cola da fita crepe, utilizada para marcar alguns morangos utilizados em experimentos de polinização. A partir dessa observação, pedaços resinados de troncos de *Pinus* sp foram esparramados pelos canteiros de morango no interior das estufas, para que as abelhas pudessem coletar sua resina. Após um certo tempo, várias campeiras foram observadas coletando esse recurso.

Tabela IV. Manejo das colônias de *T. angustula* nas estufas e dados sobre o forrageamento no interior das mesmas e na área coberta de cultivo: início e período de atividade nas flores do morangueiro (2001).

Colônia	Cultivar e local	Data da abertura	Início da atividade	Tempo para início (dias)	Data retirada	Período de atividade (dias)
Ta-10	SC3	28/jun	3/jul	6	27/jul	25
Ta-8	SC4	28/jun	18/jul	21	27/jul	10
Ta-13	OS-C	27/jul	2/ago	7	13/ago	7
Ta-10	SC3	13/ago	14/ago	0	3/set	21
Ta-8	OS1	13/ago		-----	24/ago	-----
Ta-13	SC4	13/ago	14/ago	0	24/ago	11
Ta-8	OS-C	24/ago		-----	17/set	-----
Ta-13	OS1	24/ago	25/ago	0	3/set	10
Ta-14	SC4	24/ago	28/ago	5	3/set	7
Ta-10	SC4	17/set	18/set	0	24/set	-----
Ta-8	SC3	17/set	5/out	19	(?)	(?)
Ta-13	OS1	17/set	18/set	0	(?)	(?)

Legenda: Nt = *Nannotrigona testaceicornis*, Ta= *Tetragonisca angustula*; Sb= *Scaptotrigona bipunctata*, SC = cultivar 'Sweet Charlie', OS = cultivar 'OsoGrande', OS-C = cultivar OS sob cultivo protegido, porém aberto. O número após a sigla da espécie de abelha indica a colônia a qual ela pertence, e o número após a sigla do cultivar indica a estufa na qual a espécie foi introduzida.

Tabela V. Acompanhamento das colônias de *Tetragonisca angustula* no interior das estufas (2001).

Espécie e colônia	Cultivar e local	Data	Potes com mel	Potes com pólen	Favo velho	Favo novo	Células em construção
Ta-13	Campo	4/jul	V	P	S	S	S
	Coberta	2/ago	V	V	S	(?)	A
	OS1	31/ago	P	M	S	S	S
		20/set	V	V	(?)	S	S
Ta-10	SC3	4/jul	M	A	(?)	S	S
	Coberta	2/ago	V	A	S	S	S
	SC3	31/ago	P	A	S	(?)	A
	SC4	20/set	P	P	S	S	S
Ta-8	SC4	4/jul	P	V	S	(?)	A
	Coberta	2/ago	A	V	S	(?)	A
		31/ago	P	P	S	S	S
	SC3	20/set	P	P	S	S	S
Ta-14	SC4	31/ago	M	M	(?)	S	S
	Coberta	20/set	M	M	S	S	A
	SC4	31/ago	M	M	(?)	S	S
	Coberta	20/set	M	M	S	S	A

Legenda: Coberta = área de cultivo protegido, porém aberta; P = poucos, V = vários, M = muitos, S = presente, A = ausente, (?) = não verificado. O número após a sigla da espécie de abelha indica a colônia a qual ela pertence, e o número após a sigla do cultivar indica a estufa na qual a espécie foi introduzida.

Como resultado do monitoramento dos ninhos (Tabela V), verificou-se que, de uma certa forma, as colônias de *T. angustula* se adaptaram bem às freqüentes transferências de seus ninhos da estufa para outras áreas e vice-versa.

Elas mantiveram estoques de alimento, principalmente de mel, e o processo de construção de células e de postura (Tabela V), sendo que, algumas vezes, foi possível ver as rainhas sobre os favos de cria. A alimentação artificial utilizada, também nesse ano, foi bem aceita pelas diversas colônias.

2. Atividade externa dos meliponíneos em estufas

Verificou-se que, de um modo geral, a atividade externa das diversas espécies de meliponíneos nas estufas, nos 3 anos de estudo, teve início por volta das 11:00 h, nos meses de julho a agosto, e diminuiu drasticamente após às 15:30 h, sendo que, depois das 16:00 h, nenhuma atividade externa foi observada nas colônias. Entretanto, em 1999, as campeiras de *T. spinipes* saíram de seu ninho mais cedo, após as 9:00 h, e em outubro de 2000, as colônias de *Tetragonisca angustula* e *Nannotrigona testaceicornis* também iniciaram sua atividade externa neste horário. Para todas as colônias, a atividade externa mais intensa foi observada, em geral, no período próximo ao meio do dia, em dias de céu claro.

Em 2000, de modo semelhante ao observado para *N. testaceicornis*, alguns indivíduos de *T. angustula* foram observados visitando as flores de plantas invasoras nas estufas. Essas últimas, porém, estabeleceram o seu forrageamento nas flores do morangueiro, sendo observadas, em grande número, coletando néctar e pólen nestas flores. Também foram vistas campeiras de *T. angustula* entrando no ninho com cargas de pólen, e saindo dele com detritos.

As Figuras de 1 a 7 apresentam, para os dois anos de estudo, os valores absolutos obtidos para o número de abelhas entrando e saindo das colméias, durante 5 minutos. De um modo geral, em algumas amostras não houve atividade externa (valores iguais a zero), devido à ocorrência de temperaturas mais baixas e/ou umidade relativa do ar elevada e/ou queda acentuada na intensidade luminosa (céu nublado) no momento da amostragem (Figs. 1 a 4).

Figura 1. Atividade externa de *N. testaceicornis* (Nt-9) na estufa, de 28 de julho a 2 de outubro de 2000.

Também verificou-se que, em poucas amostras, a colônia Nt-9 apresentou uma atividade externa mais intensa (Figura 1), e esta ocorreu justamente no período no qual as suas campeiras estavam forrageando na estufa. Já a colônia de Sb-12 exibiu valores bastante reduzidos para esta atividade, principalmente em relação ao retorno dos indivíduos ao ninho (Figura 2), revelando que *S. bipunctata* não apresentou um comportamento adequado ao forrageamento em ambiente fechado.

Figura 2. Atividade externa de *S. bipunctata* (Sb-12) na estufa, de 21 de agosto a 2 de outubro de 2000.

Dentre os demais meliponíneos utilizados na estufa, *T. angustula* foi a espécie que exibiu os maiores valores para a atividade externa nos dois anos de estudo (Figuras de 3 a 7). Contudo, a colônia Ta-10, utilizada, apresentou uma atividade externa mais intensa em 2001 (Figuras 5 e 4).

Figura 3. Atividade externa de *T. angustula* (Ta-11) na estufa, de 13 de setembro a 30 de outubro de 2000. Legenda: * = a data da amostragem coincidiu com o início do forrageamento.

Figura 4. Atividade externa de *T. angustula* (Ta-10) na estufa, de 13/set a 30/out de 2000.

Figura 5. Atividade externa de *T. angustula* (Ta-10) na estufa, em dois momentos distintos: de 2 a 20 de julho e de 16 agosto a 3 de setembro de 2001. Legenda: * = a data de amostragem coincidiu com o início do forrageamento.

A colônia Ta-10 também se destacou, em relação às demais colônias, por exibir os valores máximos obtidos para essa atividade (Figura 5). Esse valores, porém, ocorreram em dois momentos distintos do forrageamento, uma vez que essa colônia foi removida da estufa para a aplicação de defensivos agrícolas. Entre as colônias de *T. angustula*, a Ta-8 foi aquela que apresentou os valores mais baixos para a atividade externa (Figura 6).

Figura 6. Atividade externa de *T. angustula* (Ta-8) de 2 de julho a 3 de setembro de 2001. Legenda: * = o início do forrageamento ocorreu dois dias antes da obtenção desta amostra.

Antes da localização da fonte de alimento na estufa, observou-se que a atividade externa das colônias, de um modo geral, apresentou valores baixos para a saída e a entrada de abelhas no ninho. Após esta localização, porém, houve uma elevação acentuada nessa

atividade, no mesmo dia e/ou em dias subsequentes (Figuras 5 e 6). Entretanto, condições climáticas desfavoráveis, como temperaturas inferiores a 20°C, valores de umidade relativa do ar acima de 90% e céu totalmente nublado, interferiram nesse padrão.

Figura 7. Atividade externa de *T. angustula* (Ta-13) em área aberta (de 26 de junho a 10 de julho) e na estufa (de 17 de agosto a 21 de setembro), no ano de 2001. Legenda: * = o início do forrageamento ocorreu dois dias antes da obtenção desta amostra.

Comparando-se os resultados obtidos para a colônia Ta-13, em área aberta (no próprio local de estudo) e no interior da estufa, verificou-se que esta apresentou valores relativamente semelhantes para a atividade externa em ambos os locais, apesar das diferenças apresentadas pelos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos dois ambientes (Figura 7).

DISCUSSÃO

Um primeiro aspecto a ser considerado para a utilização de abelhas em estufas é o tempo necessário para a adaptação das diversas espécies a essa nova condição de forrageamento. Quando as colônias de *Apis mellifera* ou de meliponíneos são colocadas pela primeira vez na estufa, muitas abelhas gastam muito, ou todo o seu tempo, tentando escapar da mesma. Entretanto, a proporção de abelhas tentando escapar, normalmente, logo declina, provavelmente, provavelmente porque essas abelhas são forrageiras já estabelecidas e logo morrem (Free, 1993).

Diversos são os fatores que podem reduzir a perda de abelhas através desse comportamento de fuga: a liberação das abelhas após o anoitecer ou em dias nublados (Cuypers, 1968), o uso de mecanismos que permitam às abelhas acesso à estufa e à área aberta ao mesmo tempo (Shemetkov, 1960 apud Free 1993) e a redução do espaço entre a camada superior (dossel) da cultura e o telhado da estufa (Ellis *et al.*, 1981). Esse último fator, obviamente, irá depender tanto da altura da estufa, quanto do hábito da espécie

cultivada (herbácea, arbustiva ou arbórea) e, ainda, do sistema de cultivo a ser utilizado, horizontal ou vertical.

As forrageiras de uma colônia de *Nannotrigona perilampoides*, utilizada em um estufa tipo arco, por Macias *et al.* (2001), levaram 8 semanas para iniciar a atividade de coleta de modo constante. Já para as diversas espécies utilizadas neste estudo, houve uma ampla variação no tempo necessário para o início do forrageamento, tanto entre as espécies, quanto entre colônias de uma mesma espécie. As colônias de *Tetragonisca angustula*, antes de estabelecer o forrageamento na estufa e nas flores do morangueiro, levaram de um dia a três semanas para iniciar a atividade de coleta, enquanto *Trigona spinipes* levou apenas 4 horas.

Outro aspecto importante quando se utiliza colônias de abelhas em áreas fechadas é o posicionamento das mesmas no interior das estufas. Quando se utiliza uma única colônia de *A. mellifera* em uma estufa de grande porte, esta deve ser instalada no seu centro, a fim de se obter uma distribuição uniforme das abelhas nas flores e, quando for necessária a utilização de um maior número de colônias, estas também devem ser dispostas do modo mais uniforme possível na região central da área de cultivo (Free, 1993).

Para os meliponíneos, em estufas de pequeno porte, verificou-se que uma outra vantagem em se instalar as colônias na região central das mesmas foi evitar uma perda maior de forrageiras, pelo aumento da distância entre o ninho e as paredes laterais da estufa. Além disso, o posicionamento dos ninhos também merece atenção, quando estes são deslocados de uma estufa para outra área, ou para outra estufa. Esses ninhos deverão ser instalados na nova área na mesma posição em que se encontravam na estufa de origem e a entrada de seus ninhos deverá estar voltada para a mesma direção, evitando que as abelhas gastem um tempo desnecessário se orientando no interior da nova estufa.

Quando se utiliza mais de uma colônia em um estufa, deve-se considerar, além de seu tamanho (raio de vôo), a quantidade de recursos disponíveis para as abelhas em seu interior. Para os meliponíneos, dependendo da espécie, o uso de mais de uma colônia pode ser desaconselhável. Em 2000, durante o registro da atividade externa das colônias, verificou-se que, quando confinadas em uma mesma estufa (com 200m²), as operárias de *T. angustula* dificultaram a atividade de forrageamento de *N. testaceicornis*: as primeiras investiram contra a entrada do ninho da segunda, desencadeando uma reação de defesa, com a ocorrência eventual de confronto corporal entre elas e morte das abelhas. Em outra ocasião, quando duas colônias de *T. angustula* foram utilizadas em conjunto, o mesmo foi observado nas entradas dos dois ninhos. Porém, é preciso considerar a possibilidade de que a uniformidade existente no interior das estufas tenha dificultado a localização da colméia pelas abelhas, devido a escassez de pontos de referência (Dyer, 1994).

Um terceiro aspecto relevante verificado neste estudo foi a força de forrageamento das colônias. Como essa força esteve relacionada ao número de indivíduos presentes nas colônias, entre outros fatores, verificou-se que, em áreas de pequeno porte, pode haver uma escassez de alimento para uma colônia maior e as suas forrageiras poderão provocar danos às flores ou aos frutos e, conseqüentemente, prejuízos à produção. Para *A. mellifera*, recomenda-se o uso de colônias com três a quatro favos de cria com abelhas (Matsuka & Sakai, 1988 apud Free, 1993) e, como os meliponíneos, dependendo da espécie, apresentam coloniais menos populosas, esse aspecto torna-se de menor importância. Entretanto, existe a possibilidade de se manejar espécies de meliponíneos com colônias mais populosas para a polinização de plantas cultivadas, em estufas de maior porte.

Nos experimentos realizados com *T. spinipes*, espécie cujas colônias podem conter mais de cinco mil indivíduos (Wille & Michener, 1973), verificou-se que, durante 9 dias, elas foram eficientes na polinização do morangueiro, reduzindo drasticamente a porcentagem de frutos deformados produzidos na estufa (Malagodi-Braga & Kleinert, 2000). Entretanto, a partir do décimo dia, iniciaram a coleta da polpa de morangos maduros, destruindo diversos frutos.

Já era esperado um comportamento indesejável por parte das campeiras de *T. spinipes*, uma vez que a oferta de recursos no interior da estufa era demasiado pequena para manter um ninho tão populoso como o desta espécie, sem se saber, porém, quando e como ele ocorreria. Com o fornecimento de xarope (mistura de água, açúcar e mel de *A. mellifera*), houve uma redução acentuada nesse comportamento, sugerindo que sua expressão foi promovida pela limitação de recursos. Além disso, nunca se observou qualquer comportamento inconveniente de *T. spinipes*, visitante freqüente dessa cultura, nas flores ou nos frutos do morangueiro em áreas abertas.

Os resultados sugerem que esta espécie de meliponíneo pode ser um polinizador efetivo em estufas de morangueiro de maior porte, ou mesmo em áreas abertas de cultivo. Embora essa espécie seja mais difícil de ser mantida em colméias racionais, ninhos naturais podem ser removidos dos locais onde essas abelhas são indesejáveis, por causarem danos a certas culturas (Kerr *et al.*, 1981; Alves *et al.*, 1996; Couto & Mendes, 1996; Malerbo-Souza, 1996), e introduzidos em áreas de interesse.

Um outro aspecto importante observado durante este estudo foi a redução no período diário de forrageamento dos meliponíneos em confinamento. Em condições climáticas favoráveis, verificou-se que esse período foi menor nas estufas que aquele que os meliponíneos normalmente apresentam em áreas abertas. Kakutani *et al.* (1993) verificaram que *Trigona minangkabau* também apresentou uma redução no período de forrageamento em relação àquele que normalmente apresentava em sua área original de distribuição, quando não estava em confinamento. Os valores obtidos na estufa para a temperatura do ar foram superiores ao limite inferior necessário ao forrageamento das espécies utilizadas e, após o término do forrageamento, as plantas ainda apresentavam pólen e néctar disponíveis em suas flores, não ocorrendo, portanto, o esgotamento dos recursos.

Embora Kakutani *et al.* (1993) apenas relatem esse fato, uma provável causa desta alteração pode ser sugerida a partir de seus próprios resultados. Segundo esses autores, *Trigona minangkabau* foi mais sensível às mudanças na radiação solar que na temperatura do ar.

Segundo Schwengber *et al.* (1996), entre os diversos fatores ambientais que podem ser modificados pelo uso do cultivo fechado está a radiação solar, devido ao efeito dispersante dos filmes plásticos utilizados em sua cobertura. Em estudos realizados no sul do Brasil, em estufas plásticas tipo túnel alto (com o telhado em arco) e tipo capela (telhado reto inclinado), cobertas com o mesmo tipo de filme plástico utilizado neste estudo, verificou-se que a radiação solar global interna foi sempre inferior à externa, enquanto a radiação solar difusa (multidirecional) interna foi superior à externa (Farias *et al.*, 1993; Camacho *et al.*, 1995). Na estufa tipo capela, em dias de céu limpo (sem nuvens), em média, 45% da radiação global interna correspondeu à radiação difusa, ao passo que, externamente, este percentual foi de 24%, evidenciando o efeito dispersante da cobertura plástica (Farias *et al.*, 1993). Na estufa tipo túnel alto, verificou-se que, em seu interior, em média, a radiação difusa representou 55% da radiação global, enquanto no ambiente externo correspondeu a 45% (Camacho *et al.*, 1995).

A radiação solar global (medida pela densidade de fluxo luminoso) no interior da estufa é menor em relação ao ambiente externo, devido à reflexão e à absorção do material da cobertura plástica. Essa reflexão e absorção, por sua vez, são determinadas pelas características do material utilizado (espessura e composição), pelas condições da superfície da cobertura (tempo de uso, deposição de poeira) e pelo ângulo de incidência da radiação solar sobre ela (Kurata, 1990 apud Farias *et al.*, 1993).

O efeito dispersante do filme plástico é desejável para as plantas, uma vez que a fração difusa da radiação solar é mais efetiva para a fotossíntese, pois, sendo multidirecional, penetra melhor entre as plantas (Farias *et al.*, 1993). Entretanto, para os meliponíneos, a combinação desses fatores nas estufas - redução da radiação solar global e aumento da radiação difusa - pode ter determinado a redução no período diário de atividade dessas abelhas em seu interior.

Para a orientação espacial os insetos, como as abelhas, utilizam diversos elementos visuais: o sol, a luz polarizada e os objetos existentes na superfície do solo (Kerr, 1973; Dyer, 1994). Shashar & Cronin (1998), avaliando a polarização da luz no interior de uma Floresta Tropical Úmida, verificaram que o padrão de polarização celestial permaneceu visível sob o dossel da floresta e que a presença de nuvens e de neblina ocasionou a dispersão dos raios luminosos e reduziu o sinal de polarização. A cobertura da estufa pode, portanto, produzir um efeito semelhante à esse promovido pelas nuvens, restringindo o vôo das abelhas aos horários do dia no qual o sinal de polarização é maior, ou seja, no período no qual os raios luminosos seriam menos dispersos pela cobertura plástica.

Farias *et al.* (1993) verificaram que a capacidade do filme plástico em transmitir a radiação solar (transmissividade) varia, entre outros fatores, em função do ângulo de incidência da radiação solar, sendo menor nos horários de menor elevação do sol, ou seja, nos horários próximos ao nascer e ao pôr-do-sol. Esta informação reforça a suposição acima, pois os meliponíneos confinados em estufas iniciaram o seu forrageamento mais tarde e interromperam esta atividade mais cedo, restringindo-o ao período em torno do meio-dia, quando o ângulo de incidência do sol em relação à inclinação da cobertura aumentou, favorecendo uma maior transmissividade.

Em relação ao ângulo de incidência dos raios solares, deve-se levar em conta que, além de a reflexão poder variar em função da posição do sol, como citado acima, ela também varia em função da inclinação da cobertura, da forma e da orientação geográfica da estrutura da estufa (Farias *et al.*, 1993). Outro fator que também pode reduzir a transmissão de radiação solar pela cobertura é a condensação de vapor d'água em sua face interna. Camacho *et al.* (1995) verificaram que, durante o inverno, a maior inclinação dos raios solares e a ocorrência da camada de condensação (gotas de água na face interna da cobertura) aumentaram a refletividade do plástico, reduzindo a transmissão da radiação solar.

Portanto, torna-se clara a importância de estudos que avaliem como as alterações na radiação solar, em ambiente fechado, podem interferir na atividade de forrageamento de diversas espécies de abelhas. Dessa forma, a engenharia da estufa (inclinação da cobertura, forma da estrutura, orientação geográfica) e os materiais utilizados na cobertura poderiam favorecer o forrageamento das abelhas em seu interior, aumentando a possibilidade de se obter o potencial máximo destes insetos como polinizadores das plantas cultivadas.

Durante o dia, nos meses de estudo (de maio a outubro), raramente verificou-se, no interior das estufas, temperaturas inferiores a 19°C e/ou uma umidade relativa do ar superior a 80%, resultando em uma interferência apenas ocasional no forrageamento das

abelhas. Um pouco mais frequentes, porém, foram as interrupções dessa atividade ocasionadas pelo aumento na nebulosidade. Dessa forma, verificou-se que as condições climáticas nesse período foram bastante favoráveis ao uso dos meliponíneos para a polinização em estufas. Ao longo dos meses, o principal fator de interferência no forrageamento dessas abelhas foi a necessidade de remoção das colônias para aplicação de defensivos químicos na cultura.

Dentre as espécies testadas, somente *Schwarziana quadripunctata* e *Scaptotrigona bipunctata* não foram capazes de se adaptar ao confinamento. O número reduzido de forrageiras de *Scaptotrigona* sp retornando ao ninho revelou que, assim como observado diretamente nas flores, não houve forrageamento no interior da estufa.

Também verificou-se que a produção dos cultivares SC e OS, em estufa, depende da introdução de ninhos de abelhas para a polinização: antes do início do forrageamento de *Tetragonisca angustula* e de *Trigona spinipes*, grande parte dos frutos produzidos eram deformados, sem valor comercial para o mercado *in natura*. Porém, após a introdução das abelhas, a maioria dos frutos não apresentou deformações, sendo comercializados normalmente.

A espécie *T. angustula* revelou possuir um grande potencial para a polinização de culturas em estufas, devido à sua capacidade de adaptação a áreas fechadas de pequeno porte. Além de ser pouco agressivas, essas abelhas apresentam outras vantagens, como a facilidade na obtenção e no manejo de seus ninhos.

A alimentação artificial (xarope, água e pasta de pólen) fornecida às abelhas, no período de confinamento, embora aceita pelas diversas colônias e espécies utilizadas, ainda necessita de uma melhor adequação, para que possa contribuir para a manutenção dos ninhos, sem prejudicar a polinização das flores e, conseqüentemente, a produção de frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.U. AZEREDO, G.A. DE & LORENZON, M.C.A. 1996 *Trigona spinipes* (Hym: Meliponinae) danificando acerola (*Malpighia glabra*). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- AMANO, K. NEMOTO, T. & HEARD, T.A. 2000 What are stingless bees, and why and how to use them as crop pollinators? – a review. *Jarq*, v. 34, n.3, p.183 -190.
- CAMACHO, M.J. ASSIS, F.N.de MARTINS, S.R. & MENDEZ, M.E.G. 1995 Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. *Rev. Brasil. Agrometeorologia*, v.3, p.19-24.
- CAMARGO, J.M.F. 1989 Comentários sobre a sistemática de Meliponinae (Hymenoptera, Apidae). *Anais XIV Simp. Anual da ACIESP*, v.68, p.41-61.
- COUTO, L.A. & MENDES, J.N. 1996 Influência da polinização entomófila na cultura do feijão guandú (*Cajanus cajan* L.). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- CUYPERS, J. 1968 Using honeybees for pollinating crops under glass. *Bee World*, v.49, p.72-76.
- DYER, F.C. 1994 Spatial cognition and navigation in insects. In: *Behavioral mechanisms in evolutionary ecology* (L. A. Real ed.). University of Chigago Press, p.66-98.

- ELLIS, M.D. JACKSON, G.S. SKRDLA, W.H. & SPENCER, H.C. 1981 Use of honey bees for controlled interpollination of plant germoplasm collections. *Hort. Science*, v.16, p.488-491.
- FARIAS, J.R.B. BERGAMASCHI, H. MARTINS, S.R. & BERLATO, M.A. 1993 Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. *Rev. Brasil. Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.31-36.
- FREE, J.B. 1993 *Insect pollination of crops*. London: Academic Press. 684 pp.
- HEARD, T.A. 1999 The role of stingless bees in crop pollination. *Ann. Rev. Entomol.*, v.44, p.183-206.
- KAKUTANI, T. INOUE, T. TEZUKA, T. & MAETA, Y. 1993 Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, and the honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. *Rev. Popul. Ecol.*, v.35, p.95-111.
- KERR, W.E. 1973 Sun compass orientation in the stingless bees *Trigona* (*Trigona*) *spinipes* (Fabricius, 1793) (Apidae). *An. Acad. Brasil. Ciênc.* v.45, n.2, p.301-308.
- KERR, W.E. BLUM, M. & FALES, H.M. 1981 Communication of food between workers of *Trigona* (*Trigona*) *spinipes*. *Rev. Brasil. Biol.*, v.41, n.3, p.619-623.
- MACIAS, M.J.O. QUEZADA-EUAN, J.J.G. PARRA-TABLA, V. & REYES, O.V. 2001 Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* M) bajo condiciones de invernadero en Yucatan, Mexico. *II Seminario Mexicano sobre abejas sin aguijón. Memorias*. Mérida, Yucatán, México, p.119-124.
- MAETA, Y. TEZUKA, T. NADANO, H. & SUZUKI, K. 1992 Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis*, as a pollinator of strawberries. *Honeybee Sci.*, v.13, p.71-78.
- MALAGODI-BRAGA, K.S. & KLEINERT, A.M.P. 2000 Adaptação e contribuição de diferentes espécies de meliponíneos na produção de morangos em estufa. *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Apicultura*, Florianópolis – SC, Resumos A.027.
- MALERBO-SOUZA, D.T. 1996 Polinização utilizando atrativos químicos em cafezal e laranjais. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Teresina, PI, 434p.
- MICHENER, C.D. 2000 *The bees of the world*. John Hopkins University press, Baltimore-Maryland, 913p.
- NIEUWSTADT, M.G.L.van & RUANO IRAHETA, C.E. 1996 Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae). *Apidologie*, v.27, p.219-228.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1970 *A criação de abelhas indígenas sem ferrão*. Editora Chácaras e Quintais, 2ª Edição, São Paulo, 365p.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997 *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. Editora Nogueirapis, São Paulo, 445p.
- SHASHAR, N. & CRONIN, T.W. 1998 The polarization of light in a Tropical Rain Forest. *Biotropica*, v.30, n.2, p.275-285.
- SLAA, E.J. SNACHEZ, L.A. SANDI, M. & SALAZAR, W. 2000 A scientific note on the use of stingless bees for commercial pollination in enclosures. *Apidologie*, v.31, p.141-142.
- SCHWENGBER, F.E. PEIL, R.M.N. MARTINS, S.R. & ASSIS, F.N.de 1996 Comportamento de duas cultivares de morangueiro em estufa plástica em Pelotas – RS. *Hortic. Bras.*, v.14, n.2, p.143-147.
- VELTHIUS, H.H.W. 2002 The historical background of the domestication of the bumblebee, *Bombus terrestris*, and its introduction in agriculture. In: *Pollinating bees: the*

- conservation link between agriculture and nature.* (P.G. Kevan & V.L. Imperatriz-Fonseca eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.177-184.
- WILLE, A. & MICHENER, C.D. 1973 The nest architecture of stingless bees with special reference to those of Costa Rica (Hymenoptera: Apidae). *Rev. Biol. Trop.*, v.21, supl.1, p. 1-278.

CAPÍTULO 5

A produção de morangos sob efeito da polinização por jataí (*Tetragonisca angustula* Latreille – Apinae, Meliponini).

ABSTRACT

To evaluate the contribution of *Tetragonisca angustula* on strawberry pollination and production we used primary flowers of the ‘Oso Grande’ cultivar in four pollination treatments: open pollination in the field (control), *T. angustula* pollination inside greenhouse, spontaneous self-pollination in field and in greenhouse. In each treatment we determined the berry weight, the number of achenes, and the number of fertilised ovules, fertilisation rates and the percentage of marketable fruits. Later we verified the effectiveness of *T. angustula* pollination in the total production using ‘Sweet Charlie’ cultivar. Two treatments were used inside the greenhouse: *T. angustula* pollination and spontaneous self-pollination. In each treatment 21 plots were delimited in row beds (with 24 plants in each) and twice a week all ripen fruits were collected. We counted the number of harvested fruits, ranked their shape and weighted them. Results obtained in 2000 and in 2001 showed that one colony of this species in a greenhouse of 200m², and approximately 1500 plants, was adequate to pollination and primary fruit production in the ‘Oso Grande’ cultivar, and in general production in the ‘Sweet Charlie’. Despite its small size (about 4.5 mm length) their foragers showed an adequate behaviour at these flowers, resulting in heavier strawberries and high percentage of marketable fruits.

RESUMO

Como o objetivo de se avaliar a contribuição de *Tetragonisca angustula* na polinização e na produção da cultura do morango, quatro tratamentos de polinização foram utilizados em flores primárias do cultivar ‘Oso Grande’: polinização natural no campo (controle), polinização por *T. angustula* em estufa, autopolinização espontânea no campo e autopolinização espontânea na estufa. Em cada tratamento determinou-se o peso fresco dos frutos colhidos, o seu número de aquênios, o número de óvulos fecundados, a taxa de fecundação e a porcentagem de frutos para o mercado *in natura*. No cultivar ‘Sweet Charlie’, sob cultivo fechado (estufa), através da colheita de todos os frutos, avaliou-se a produção total, em dois tratamentos: autopolinização espontânea e polinização por *T. angustula*. Em cada tratamento, foram delimitadas 21 parcelas com 24 plantas cada, e as colheitas foram realizadas em cada parcela, separadamente, 2 vezes por semana. Para cada parcela, em cada colheita, foram determinados o número de frutos colhidos, o peso fresco da colheita e o número de frutos deformados. Os resultados obtidos revelaram que uma colônia de *T. angustula*, em uma área com 200m², com aproximadamente 1500 plantas, foi adequada à polinização e produção de frutos primários no cultivar ‘Oso Grande’ e à produção de frutos, em geral, no cultivar ‘Sweet Charlie’. Apesar do pequeno porte dessas abelhas (em torno de 4,5mm), suas campeiras apresentaram um comportamento adequado nas flores desses cultivares, resultando em morangos mais pesados e em uma porcentagem elevada de frutos para o comércio *in natura*.

INTRODUÇÃO

Apesar de a polinização por abelhas (melitofilia) ser reconhecida como de grande importância para a agricultura (McGregor, 1976; Sihag, 1995), das milhares de espécies de abelhas existentes em todo o mundo, apenas pouco mais de uma dezena têm sido manejadas para a polinização de culturas agrícolas (Crane & Walker, 1984; Sihag, 1995).

Na cultura do morango, as abelhas de mel (*Apis mellifera*) são reconhecidas como o principal polinizador de diversos cultivares (Nye & Anderson, 1974; Goodman & Oldroyd, 1988; Chagnon *et al.*, 1989; Svensson, 1991; Free, 1993), sendo manejadas, com

freqüência, em diversos países de clima temperado. Contudo, a prática de se aumentar a densidade de agentes de polinização pela introdução de colônias de *Apis mellifera*, em áreas onde a população de abelhas indígenas é elevada, tem sido questionada (Chagnon *et al.*, 1993).

No Japão, algumas espécies de meliponíneos de pequeno porte, importadas de outros países, têm sido utilizadas na polinização do morangueiro cultivado em estufas: *Trigona minangkabau*, do Sumatra (Kakutani *et al.*, 1993), e *Nannotrigona testaceicornis*, do Brasil (Maeta *et al.*, 1992), revelaram ser tão eficientes quanto *A. mellifera*.

Os meliponíneos são abelhas sociais pertencentes à tribo Meliponini, também conhecidas como abelhas indígenas sem ferrão, e apresentam sua maior diversidade e abundância nos trópicos úmidos, principalmente na América do Sul (Camargo, 1989). Além de partilharem com *A. mellifera* diversas características que favorecem a sua utilização na polinização de plantas cultivadas, apresentam outras vantagens, como a ausência de ferrão funcional, não oferecendo perigo ao homem (Heard, 1999).

No Brasil, entre as diversas espécies de meliponíneos, cujo comportamento de forrageamento foi estudado em estufas com 200m², *Tetragonisca angustula* revelou possuir um grande potencial para o uso em ambientes fechados de pequeno porte, devido ao seu comportamento plástico de forrageamento, seu tamanho corporal e número de indivíduos em suas colônias (capítulo 4). Essa espécie, além de ser pouco agressiva e bastante rústica, apresenta outras vantagens, como a facilidade de obtenção de ninhos e manejo das colônias, além de produzir um mel de ótima qualidade (Nogueira-Neto, 1997).

Geralmente, a cultura do morango produz uma boa colheita sem uma provisão especial para a polinização em áreas abertas, mas não sob cultivo fechado (estufas). Porém, mesmo no campo, devido ao elevado investimento que essa lavoura requer para o desenvolvimento e a manutenção de suas plantas, e ao fato dos cultivares apresentarem diferentes graus de dependência à polinização por insetos (Bagnara & Vincent, 1988; Zebrowska, 1998), o produtor deve considerar seriamente se deseja ou não deixar ao acaso o processo de polinização.

Frente a essas considerações e à riqueza e abundância de meliponíneos, no Brasil, faz-se necessário avaliar o papel destas abelhas na polinização das mais diversas culturas. Este trabalho tem por objetivo determinar a contribuição de *Tetragonisca angustula*, um visitante comum das flores do morangueiro no Estado de São Paulo (capítulo 2), na polinização e na produção desta cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Em 2000, foram realizados experimentos de polinização, sob cultivo aberto (campo) e protegido (estufa), no cultivar Osogrande (OS), em uma área de produção comercial, localizada no município de Atibaia, Estado de São Paulo (25°07'S/46°50'W e altitude de 744m). A estufa utilizada foi do tipo capela, com uma área de 200m² (8m x 50m), coberta com filme de polietileno de baixa densidade (0,1mm de espessura) e com as laterais totalmente fechadas com tela anti-afídeo.

Nos experimentos de polinização, foram utilizadas somente flores pertencentes a uma mesma categoria floral: as flores primárias foram escolhidas por apresentarem o maior número de pistilos a ser polinizados, por serem mais dependentes da polinização por insetos e por produzirem frutos grandes, de maior valor comercial (Chagnon *et al.*, 1989).

Diariamente, verificou-se nas plantas do morangueiro a existência de botões florais primários. Os botões encontrados foram etiquetados e acompanhados até o momento de sua abertura quando, de acordo com o tratamento de polinização a ser recebido, foram ensacados ou não.

Foram realizados quatro tratamentos de polinização: T1 - polinização natural no campo (controle), T2 - polinização por *T. angustula* na estufa, T3 - autopolinização espontânea no campo, T4 - autopolinização espontânea na estufa. No T2, as flores expostas ao forrageamento de *T. angustula* foram visitadas livremente por estas abelhas, sem qualquer registro ou controle do número de visitas. No T3, a autopolinização espontânea foi considerada como a polinização resultante da queda do pólen, quer por ação da gravidade, quer por ação do vento e do homem (involuntariamente) ao balançarem as flores. Já no T4, somente o vento não contribuiu para a autopolinização espontânea.

Em cada tratamento, para cada fruto colhido, foram determinados o peso fresco, o número de aquênios, o número de óvulos fecundados, a taxa de fecundação (%) e o seu formato (adequado ou inadequado para o comércio *in natura*). No T4, porém, foram computados apenas dados sobre o número de óvulos fecundados, o peso e a forma dos frutos.

A taxa de fecundação foi estimada como a porcentagem de aquênios com óvulos fecundados em relação ao total de aquênios dos frutos (Thompson, 1971) e, a partir da classificação dos frutos quanto ao formato, determinou-se a porcentagem de frutos para a venda *in natura*. Os frutos cujos defeitos não foram produzidos por falhas na polinização, ou seja, foram ocasionados por doenças, pragas ou ação mecânica, não foram incluídos na análise dos dados.

Os valores de peso fresco e da porcentagem de frutos para a venda *in natura*, obtidos sob cultivo fechado, foram utilizados para determinar a contribuição dos agentes da polinização nestes componentes da produção. Para isto, utilizou-se a seguinte fórmula (Zebrowska, 1998 modificada):

$$A = V_a/V_t \times 100$$

$$T = (V_t - V_a)/V_t \times 100$$

$$A(\%) + T(\%) = 100\% (V_{\text{total}})$$

onde: A é o efeito da autopolinização espontânea, T é o efeito da polinização por *T. angustula*, V é o valor do peso médio dos frutos, sendo 'a' o valor referente à autopolinização e 't' o valor referente à polinização por *T. angustula*. Para se determinar a contribuição dos agentes da polinização na porcentagem de frutos para a venda *in natura*, os valores de peso médio foram substituídos pela frequência relativa de frutos adequados a este mercado.

Em 2001, avaliou-se a produção do cultivar "Sweet Charlie" (SC), no cultivo protegido, em dois tratamentos: T5- polinização por *T. angustula* e T6-autopolinização espontânea. A autopolinização espontânea (T6) foi ocasionada tanto pela ação da gravidade, quanto pela ação involuntária do homem que, ao manejar a cultura, balança as flores, promovendo a autopolinização. No tratamento de polinização por *T. angustula*, os frutos estiveram sujeitos tanto à autopolinização espontânea, quanto à polinização por *T. angustula*.

Para a realização desse experimento, foram utilizadas duas estufas geminadas, com as mesmas características da anterior, recebendo cada uma um único tratamento. Nas duas

estufas, foram delimitadas 21 parcelas com 24 plantas cada, e as colheitas foram realizadas em cada parcela, separadamente, duas vezes por semana. Após o início da florada, uma colônia de *T. angustula* foi introduzida em cada uma delas e, para a realização do tratamento de autopolinização espontânea (T6), todas as parcelas de uma das estufas foram cobertas com tule, impedindo-se o acesso dessas abelhas às flores.

Para cada parcela, e em cada colheita, foram determinados os seguintes componentes de produção: o número de frutos colhidos, o peso fresco da colheita e o número de frutos deformados.

Em cada estufa, também foram delimitadas e numeradas 10 parcelas com 9 plantas cada, com o objetivo de se avaliar a produção de flores ao longo da florada. Semanalmente, do dia 4 de julho ao dia 5 de outubro, em cada parcela, todas as flores abertas foram contadas nas duas estufas, em um mesmo dia.

Ao longo do experimento, o forrageamento de *T. angustula* (T5) ocorreu em dois momentos distintos, devido às interrupções ocasionadas pela aplicação de defensivos químicos: no período de 3 a 27 de julho (25 dias) e de 14 de agosto a 3 de setembro (21 dias).

Para a análise estatística dos dados, utilizou-se o teste t (t), o teste de Kruskal-Wallis (H) e o teste a *posteriori* de Dunn (Q) (Zar, 1999). Em 2001, para a análise da variação temporal entre os dois tratamentos (valores obtidos entre as colheitas), utilizou-se o teste t para amostras pareadas, enquanto para a análise da variação espacial entre os mesmos (obtidos entre as parcelas), utilizou-se o teste t para amostras não pareadas. O α utilizado em todos os testes foi igual a 0,05.

RESULTADOS

1. Experimentos realizados no cultivar ‘Oso Grande’ (2000)

Comparando-se os resultados obtidos no controle (T1), na polinização por *T. angustula* (T2), na autopolinização espontânea no campo (T3) e na autopolinização espontânea na estufa (T4), para o número de óvulos fecundados, o peso fresco e a classificação dos frutos quanto à forma, verificou-se que houve diferença significativa entre estes tratamentos (Óvulos fecundados $H_c = 101,2977$ $gl = 3$ $p = 0,0001$; Peso fresco $H_c = 98,0393$ $gl = 3$ $p = 0,0001$; Classificação $H_c = 70,7432$ $gl = 3$ $p = 0,0001$). Para as demais variáveis, número de aquênios e taxa de fecundação, cujos valores foram registrados somente para o T1, o T2 e o T3, também foram obtidas diferenças significativas (Número de aquênios $H_c = 29,3873$ $gl = 2$ $p = 0,0001$; Taxa $H_c = 41,8791$ $gl = 2$ $p = 0,0001$).

No teste a *posteriori* verificou-se que, para as variáveis medidas nos quatro tratamentos, houve uma diferença significativa no número de óvulos fecundados e no peso fresco dos frutos entre o controle e a polinização por *T. angustula* (T1 e T2), entre o controle e autopolinização espontânea no campo (T1 e T3) e entre a polinização por *T. angustula* e a autopolinização na estufa (T2 e T4). Para a classificação dos frutos quanto à forma esta diferença ocorreu somente entre T1 e T3, e entre T2 e T4 (Tabela I). Para o número de aquênios, verificou-se uma diferença significativa entre o controle e a polinização por *T. angustula* (T1 e T2) e entre o controle e autopolinização espontânea no campo (T1 e T3), enquanto para a taxa de fecundação esta diferença ocorreu somente entre o T1 e o T3 (Tabela I).

Tabela I. Resultados do teste de Dunn para a comparação entre os quatro tratamentos de polinização utilizados em 2000 (cultivar ‘Oso Grande’).

Variáveis	T1 x T2	T1 x T3	T2 x T4	T3 x T4
Nº de aquênios	Q= 2,9514 0,005<p<0,01	Q= 2,5373 0,02<p<0,05	----- -----	----- -----
Óvulos fecundados	Q= 2,6610 0,02<p<0,05	Q= 7,258 p<0,001	Q= 8,0928 p<0,001	Q= 1,2489 p>0,50
Taxa de fecundação	Q= 1,0284 p>0,50	Q= 5,082 p<0,001	----- -----	----- -----
Peso fresco	Q= 4,2234 p<0,001	Q= 3,9324 p<0,001	Q= 7,9235 p<0,001	Q= 0,8321 p>0,50
Classificação (forma)	Q= 0,1039 p>0,50	Q= 5,9158 p<0,001	Q= 7,7380 p<0,001	Q= 1,2548 p<0,50

Legenda: T1 = polinização natural no campo (controle), T2 = polinização por *T. angustula* na estufa, T3 = autopolinização espontânea no campo, T4 = autopolinização espontânea na estufa.

Os valores médios obtidos para o número de aquênios, o número de óvulos fecundados e o peso fresco foram superiores na polinização por *T. angustula* (T2) em relação ao controle (T1) (Tabela II). E, apesar de a classificação dos frutos quanto à forma não ter apresentado uma diferença significativa entre esses tratamentos, a porcentagem de frutos primários para o comércio *in natura* apresentou uma diferença de quase 10% entre eles, sendo esta porcentagem superior no T2 (Tabela II).

Entre o controle e a autopolinização espontânea, no campo (T1 e T3), e entre a polinização por *T. angustula* e a autopolinização espontânea, na estufa (T2 e T4), os valores obtidos para o número de óvulos fecundados, para o peso fresco e para a porcentagem de frutos para o mercado *in natura*, foram sempre inferiores nos dois tratamentos de autopolinização espontânea (Tabela II). Além disso, o T3 apresentou frutos com um número de aquênios inferior ao controle (Tabela II).

Tabela II. Resultados dos experimentos de polinização em flores primárias do cultivar ‘Oso Grande’ sob cultivo aberto (campo) e fechado (estufa): média (em negrito) e desvio padrão (entre parênteses).

Tratamentos de polinização		Número de frutos (n)	Número de aquênios	Óvulos fecundados	% de fecundação	Peso fresco (g)	% venda <i>in natura</i>
Controle (campo)	(T1)	35	554	435	80,3	25,9	88,2
			(±126)	(±82)	(±13,2)	(±5,7)	
<i>T. angustula</i> (estufa)	(T2)	48	620	522	84,6	36,4	97,9
			(±91)	(±79,8)	(±8,6)	(±7,4)	
AP espontânea (campo)	(T3)	37	469	174	46,2	15,8	13,5
			(±90,6)	(±94,5)	(±20,8)	(±6,1)	
AP espontânea (estufa)	(T4)	21		103		12,2	4,8
				(±125)		(±9,0)	

Legenda: AP = autopolinização; T1 a T4 referem-se ao código utilizado no texto para cada tratamento.

Na estufa, considerando-se separadamente o efeito de *T. angustula* e aquele produzido pela gravidade e pelo homem involuntariamente, verificou-se que a polinização com *T. angustula* respondeu, em média, por 66,5% do peso fresco dos frutos e por quase a totalidade dos frutos destinados ao mercado *in natura* (95,1%) (Tabela III).

Tabela III. Contribuição percentual da autopolinização espontânea e da polinização por *Tetragonisca angustula* em relação ao peso médio dos frutos primários (PF) e à frequência relativa desses frutos para o mercado *in natura* (FC), no cultivar ‘Oso Grande’, sob cultivo fechado (estufa).

Tratamentos	PF (%)	FC (%)	n
Autopolinização espontânea	33,5	4,9	21
Polinização por <i>T.angustula</i>	66,5	95,1	48

Legenda: PF = peso fresco; FC = frequência de frutos para o mercado *in natura*; n= número de frutos utilizados em cada tratamento.

2. Experimentos realizados no cultivar ‘Sweet Charlie’ (2001)

Para a produção de flores entre as duas estufas obteve-se uma diferença significativa na análise da variação temporal desses dados, ou seja, comparando-se o total de flores obtido em todas as parcelas, em cada dia de amostragem ($t = -13,4745$ $gl = 25$ $p = 0,0001$ - teste t pareado). A estufa utilizada para a realização da autopolinização espontânea (T6) apresentou um maior número de flores ($214,5 \pm 68,0$) em relação à outra utilizada para a polinização por *T. angustula* ($195,1 \pm 86,5$). Por sua vez, comparando-se os resultados obtidos em cada parcela, referentes a todos os dias de amostragem (variação espacial), não se obteve uma diferença significativa entre as duas estufas ($t = 1,4426$ $gl = 18$ $p = 0,1663$ - teste t não pareado).

As colheitas dos frutos do SC foram realizadas de 24 de julho a 4 de outubro, e os valores obtidos para o número de frutos e o peso das colheitas e a porcentagem de frutos deformados (não utilizados para o mercado *in natura*) encontram-se na Tabela IV.

Nessas colheitas, o efeito da polinização por *T. angustula* (T5) foi detectado facilmente, através da redução acentuada na porcentagem de frutos deformados (Tabela IV), que ocorreu em torno de 28 dias após o início da atividade de forrageamento das abelhas. Os frutos resultantes de T5 foram colhidos de 30 de julho a 20 de agosto e de 11 a 21 de setembro (Tabela IV).

Tabela IV. Total de frutos colhidos, peso fresco das colheitas e porcentagem de frutos deformados (não utilizados como frutos *in natura*) resultantes da polinização por *T. angustula* (T5 em negrito) e da autopolinização espontânea (T5 sem negrito e T6).

Datas das colheitas	Total de frutos		Peso das colheitas (g)		% de frutos deformados	
	T5	T6	T5	T6	T5	T6
24/Jul	728	521	10417,5	7843,5	42,9	57,8
27/Jul	1055	618	16378,9	7652,0	20,1	63,3
30/Jul	671	644	8301,2	6822,0	7,6	67,9
02/Ago	1011	898	12808,5	8777,2	1,1	53,9
06/Ago	1081	1411	10258,9	12612,0	1,0	54,2
10/Ago	1251	1343	10280,0	11509,1	1,0	49,7
14/Ago	1041	1148	9594,3	9704,0	1,2	39,5
17/Ago	729	728	5975,3	5715,9	5,8	36,0
20/Ago	509	640	4004,3	4768,5	7,7	41,4
23/Ago	559	550	4466,4	4920,1	17,4	24,5
27/Ago	505	515	4405,8	5280,2	25,1	31,7
30/Ago	319	328	2925,8	3371,6	37,0	32,3
03/Set	511	589	4875,4	7125,4	29,2	25,0
06/Set	518	442	5369,7	4135,9	23,9	44,6
11/Set	1117	1007	13137,5	9695,4	10,4	51,2
14/Set	830	978	8247,6	7428,4	15,9	64,9
18/Set	1044	1128	8740,7	6789,7	12,7	50,4
21/Set	1002	984	7204,9	6655,0	15,5	53,4
25/Set	1003	1559	7474,3	10833,7	29,2	36,4
27/Set	623	900	4001,4	6058,9	46,5	37,4
01/Out	1141	1565	8565,7	10892,2	39,7	41,9
04/Out	713	732	4101,6	3878,0	47,0	49,5

Considerando-se todas as colheitas realizadas e comparando-se os resultados obtidos nas parcelas entre os dois tratamentos (variação espacial), verificou-se a existência de diferença significativa no peso dos frutos ($t= 4,565$ $gl=40$ $p= 0,0001$) e na porcentagem de frutos deformados ($t= -13,2388$ $gl=40$ $p= 0,0001$). Os valores médios obtidos para esses componentes de produção foram superiores no T5 (Tabela V). O número de frutos e o peso das colheitas não apresentaram diferença significativa entre esses tratamentos ($p>0,05$).

Tabela V. Média e desvio padrão dos componentes da produção resultantes das parcelas, calculados a partir dos dados obtidos em todas as colheitas (de 24 de julho a 4 de outubro), no cultivar ‘Sweet Charlie’.

Componentes da produção (n=21)	Número de frutos		Peso da colheita (kg)		Peso dos frutos (g) ^a		Frutos deformados (%) ^b	
	T5	T6	T5	T6	T5	T6	T5	T6
média	855	916	8,2	7,7	9,5	8,5	18,3	45,9
desvio padrão	±97	±123	±1,0	±0,9	±0,5	±0,9	±3,4	±9,0

Legenda: T5 = polinização por *T. angustula* (de 3 a 27 de julho e de 14 de agosto a 3 de setembro); T6 = autopolinização espontânea; n = número de parcelas utilizadas para as colheitas em cada tratamento.

a e b– variáveis que apresentaram diferença significativa no teste t para amostras não pareadas: a) $t=4,565$ $gl=40$ $p= 0,0001$, b) $t= -13,2388$ $gl=40$ $p=0,0001$.

Ainda comparando-se os resultados das parcelas, porém considerando apenas os valores obtidos no período de forrageamento de *T. angustula* (T5) - de 30 de julho a 20 de agosto e de 11 a 21 de setembro -, verificou-se que, entre este tratamento e o T6, houve diferença significativa no peso das colheitas ($t= 2,3481$ $gl= 40$ $p= 0,0239$), no peso dos frutos ($t= 3,9362$ $gl= 4$ $p= 0,0003$) e na porcentagem de frutos deformados ($t= -15,1277$ $gl=40$ $p= 0,0001$). No T5, os valores médios obtidos foram superiores para o peso das colheitas e o peso dos frutos e inferior para a porcentagem de frutos deformados (Tabela VI). Já o número de frutos colhidos não apresentou uma diferença significativa entre esses dois tratamentos ($t= -1,4077$ $gl=40$ $p= 0,167$).

Tabela VI. Média e desvio padrão dos componentes da produção resultantes das parcelas, calculados a partir dos dados obtidos nas colheitas referentes ao período de atividade de *T. angustula* na estufa (de 30 de julho a 20 de agosto e de 11 a 21 de setembro), no cultivar 'Sweet Charlie'.

Componentes da produção (n=21)	Número de frutos		Peso da colheita (kg) ^a		Peso dos frutos (g) ^b		Frutos deformados (%) ^c	
	T5	T6	T5	T6	T5	T6	T5	T6
média	490	519	4,7	4,3	9,6	8,4	6,9	50,1
desvio padrão	±48	±84	±0,5	±0,4	±0,7	±1,2	±2,2	±12,9

Legenda: T5 = polinização por *T. angustula* (de 3 a 27 de julho e de 14 de agosto a 3 de setembro); T6 = autopolinização espontânea; n = número de parcelas utilizadas para as colheitas em cada tratamento.

a, b e c – variáveis que apresentaram uma diferença significativa no teste t para amostras não pareadas: a) $t=2,3481$ $gl=40$ $p= 0,0239$, b) $t= 3,9362$ $gl=40$ $p=0,0003$, c) $t= -15,1277$ $gl=40$ $p=0,0001$.

Ao se analisar a variação temporal dos dados obtidos, isto é, ao se comparar os dados de todas as parcelas, em cada colheita, entre os dois tratamentos, obteve-se uma diferença significativa em todos os componentes da produção: número de frutos ($t= -17,6894$ $gl=43$ $p=0,0001$), peso da colheita ($t= -360,573$ $gl=43$ $p= 0,0001$), peso dos frutos ($t= -20,3604$ $gl=43$ $p=0,0001$) e porcentagem de deformados ($t= 19,4565$ $gl=43$ $p= 0,0001$). Os valores médios obtidos no T5 foram superiores para o peso da colheita e dos frutos e inferiores para porcentagem de frutos deformados e para o número de frutos produzidos (Tabela VII).

Tabela VII. Média e desvio padrão dos componentes da produção resultantes das colheitas, calculados a partir dos dados obtidos ao longo de todo o período de amostragem, no cultivar 'Sweet Charlie'.

Componentes da produção (n=22)	Número de frutos		Peso da colheita (kg)		Peso dos frutos (g)		Frutos deformados (%)	
	T5	T6	T5	T6	T5	T6	T5	T6
média	816	874	7,8	7,4	9,5	8,9	19,9	45,8
desvio padrão	±267	±364	±3,5	±2,6	±2,5	±2,3	±14,4	±12,3

Legenda: T5 = polinização por *T. angustula* (de 3 a 27 de julho e de 14 de agosto a 3 de setembro); T6 = autopolinização espontânea; n = número de colheitas realizadas em cada tratamento.

Observação: todos os componentes apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos (Teste t para amostras pareadas).

Cruzando-se todos os valores obtidos para o número de frutos colhidos - em cada parcela (n=21) e em cada colheita (n=22) - com os valores correspondentes obtidos para o

número e para a porcentagem de frutos deformados e bem formados (Figuras 1 a 8), foi possível verificar o efeito dos dois tratamentos, nos diversos momentos da produção: frutos grandes, em pequena quantidade; médios, em quantidade intermediária; pequenos, em grande quantidade. O morangueiro produz flores com diferentes tamanhos e em diferentes quantidades ao longo da florada, de modo que, ao longo do tempo, o tamanho dos frutos colhidos diminui e o seu número aumenta.

Verificou-se que, na autopolinização espontânea, à medida que a produção de frutos aumentou, também houve um aumento no número de frutos deformados (Figura 1). Contudo, este aumento não ocorreu de modo linear, revelando que o número de frutos deformados aumentou de modo menos acentuado em valores extremos da produção, ou seja, na colheita de poucos e de muitos frutos (figura 1).

Figura 1. Média e desvio padrão (barras), calculados para o número de frutos deformados produzidos pela autopolinização espontânea, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’).

Figura 2. Média e desvio padrão (barras), calculados para a porcentagem de frutos deformados produzidos pela autopolinização espontânea, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

Já a porcentagem média de frutos deformados se manteve em torno de 38,3% e 58,5%, apresentando valores médios bastante variáveis durante a produção de um menor número de frutos e relativamente mais elevados no período de maior produção de frutos (Figura 2).

Figura 3. Média e desvio padrão (barras), calculados para o número de frutos deformados produzidos pela polinização por *Tetragonisca angustula*, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

Figura 4. Média e desvio padrão (barras), calculados para a porcentagem de frutos deformados produzidos pela polinização por *Tetragonisca angustula*, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

Já na polinização por *T. angustula*, o número médio de frutos deformados apresentou pequenas variações e valores relativamente baixos, mesmo com o aumento no número de frutos colhidos (Figura 3). A porcentagem média de frutos deformados, nesse tratamento, se manteve entre 3,5% e 12,3% apresentando, de um modo geral, valores relativamente mais elevados nas colheitas com um menor número de frutos, e mais baixos no período com um maior número de frutos (Figura 4).

Figura 5. Média e desvio padrão (barras), calculados para o número de frutos bem formados produzidos pela autopolinização espontânea, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

Quanto ao número de morangos bem formados resultantes do T6, verificou-se que, de um modo geral, à medida que o número de frutos colhidos aumentou, também aumentou o número de frutos bem formados (Figura 5). Já para o T5, o número de morangos bem formados aumentou de modo linear em relação ao número de frutos colhidos (Figura 6).

Figura 6. Média e desvio padrão (barras), calculados para o número de frutos bem formados produzidos pela polinização por *Tetragonisca angustula*, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

Os valores médios obtidos para a porcentagem de frutos bem formados no tratamento de autopolinização espontânea, que variaram entre 41,5% e 61,7%, não apresentaram nenhum padrão definido em relação ao aumento no número de frutos produzidos, notando-se apenas que os valores mais baixos foram obtidos nas colheitas com maior número de frutos (Figura 7).

Figura 7. Média e desvio padrão (barras), calculados para a porcentagem de frutos bem formados produzidos pela autopolinização espontânea, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

Já para a polinização por *T. angustula*, a porcentagem média de frutos bem formados apresentou valores bastante elevados, entre 87,7% e 98,1% e, de uma certa forma, houve um aumento na porcentagem média de morangos bem formados em relação ao aumento no número de frutos produzidos (Figura 8).

Figura 8. Média e desvio padrão (barras), calculados para a porcentagem de frutos bem formados produzidos pela polinização por *Tetragonisca angustula*, na estufa, em relação ao número de frutos colhidos (cultivar ‘Sweet Charlie’). Em destaque, o mesmo gráfico com o eixo y ampliado.

DISCUSSÃO

Nos cultivares OS e SC, não há a formação do fruto sem que os óvulos sejam fecundados, e não existem barreiras limitando a autofecundação, quando a autopolinização ocorre (capítulo 3). Entretanto, os resultados obtidos a partir da autopolinização espontânea, realizadas nos dois cultivares, ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’, revelaram que os agentes envolvidos neste tipo de polinização – a gravidade e o homem, na estufa, e ambos mais o vento, no cultivo aberto - não foram capazes de polinizar adequadamente as suas flores produzindo muitos frutos deformados.

No morangueiro, o formato dos frutos, quando não danificados por pragas, doenças ou ação mecânica, depende do modo como ocorre a distribuição do pólen entre os seus estigmas. Se essa distribuição ocorrer de modo irregular, os frutos produzidos serão deformados, porém se a polinização for uniforme, as flores darão origem a frutos bem formados.

Portanto, as porcentagens elevadas de frutos deformados obtidas no tratamento autopolinização espontânea demonstram que os seus agentes não foram capazes de distribuir homogeneamente o pólen entre os estigmas dessas flores, realçando a importância dos insetos na polinização dos dois cultivares. Para a área aberta, também é preciso considerar que o vento, além de balançar as flores, pode transportar o pólen diretamente das anteras para os estigmas, e que este tipo de polinização não foi avaliada neste estudo. Porém, segundo alguns autores, o vento, como agente de polinização no morangueiro, não transporta o pólen entre as flores de diferentes plantas, como o faz em plantas anemófilas, contribuindo apenas com a elevação da taxa de autopolinização nas mesmas (Goodman & Oldroyd, 1988; Zebrowska, 1998). Em estudo anterior, verificou-se que, embora o vento tenha promovido, em relação à autopolinização espontânea, um aumento significativo na taxa de autopolinização nos cultivares SC e OS, sob cultivo aberto, este aumento não foi suficiente para garantir uma boa formação dos frutos, resultando em uma baixa porcentagem de frutos para o mercado *in natura* (capítulo 3).

Esses resultados revelam que, embora autocompatíveis, as flores primárias do cultivar OS e as flores do SC, pertencentes às diversas categorias, necessitam de um polinizador para que seus frutos não apresentem deformações e possam ser destinados ao mercado de frutos *in natura*. Além disso, como os morangos são comercializados por peso e os frutos bem formados são aqueles que alcançam ou se aproximam de seu potencial máximo de desenvolvimento, o trabalho dos polinizadores se traduz em frutos mais pesados e, conseqüentemente, em maiores lucros para o produtor.

Como verificado por outros autores, em outros cultivares, os polinizadores são necessários para maximizar a produção de morangos (Nye & Anderson, 1974; Antonelli *et al.*, 1988; Goodman & Oldroyd, 1988; Chagnon *et al.*, 1989; Svensson, 1991) e a presença desses polinizadores, particularmente das abelhas, torna-se ainda mais importante quando as taxas de autopolinização espontânea são baixas (Zebrowska, 1998).

Nesse aspecto, é interessante notar que *T. angustula* foi muito eficiente na polinização das flores primárias do cultivar OS. Mesmo estas flores apresentando um número significativamente maior de óvulos que aquelas utilizadas no controle, e não estando sujeitas à ação do vento, a polinização por *T. angustula* resultou em um número significativamente maior de óvulos fecundados que a polinização natural (controle). Além disso, apesar de uma diferença significativa não ter sido obtida para a classificação dos frutos quanto à forma, entre esses dois tratamentos, obteve-se na polinização por *T.*

angustula a maior porcentagem de frutos para o mercado *in natura*. Isto demonstra que, apesar do pequeno porte dessas abelhas, em torno de 4,5 mm, suas camperias apresentaram um comportamento adequado nas flores primárias desse cultivar, polinizando de modo uniforme um grande número de pistilos, originando frutos bem formados.

Embora as taxas de fecundação obtidas entre o controle e a polinização por *T. angustula* não tenham apresentado uma diferença significativa, o peso fresco dos frutos resultantes destes dois tratamentos foi significativamente maior na polinização por *T. angustula*, simplesmente pelo fato deste tratamento ter resultado em um número significativamente maior de óvulos fecundados nessas flores. No morangueiro, são os óvulos fecundados que controlam o crescimento da polpa, sendo o peso dos frutos aproximadamente proporcional ao número de óvulos fecundados (Nitsch, 1950; Chagnon *et al.*, 1989).

Segundo Antonelli *et al.* (1988), na presença dos polinizadores, os ganhos na produção podem ocorrer em todos ou em alguns dos seus componentes - número de frutos, peso, formato - em função das características de cada cultivar. O formato dos frutos está relacionado ao tipo de mercado ao qual serão destinados os morangos pois, geralmente, somente aqueles com pequenas ou nenhuma deformação são comercializados como frutos de mesa, e é justamente neste mercado (frutos *in natura*) que o produtor obtém o melhor preço.

Os valores obtidos para a contribuição percentual de *T. angustula* revelaram que, sozinha, ela respondeu por boa parte do peso dos frutos produzidos e por quase a totalidade dos frutos destinados ao mercado *in natura*. Essa elevada contribuição percentual de *T. angustula* nesses componentes da produção, sugere que este meliponíneo deve ter promovido um aumento na produção de frutos como um todo. De acordo com Zebrowska (1998), o acréscimo na produção de frutos promovido pela polinização por insetos deve ser atribuído principalmente à polinização das flores primárias, por originarem os frutos de maior tamanho.

Para os resultados obtidos na produção do cultivar SC, no período de atividade de *T. angustula* na estufa, verificou-se que esta espécie foi um polinizador efetivo, reduzindo drástica e significativamente a porcentagem de frutos deformados, e produzindo um aumento também significativo no peso fresco das colheitas e dos frutos. Também verificou-se que, no total das colheitas, mesmo com a interrupção do forrageamento, *T. angustula* foi capaz de reduzir significativamente a porcentagem de frutos deformados e elevar, também de modo significativo, o peso dos frutos.

A diferença significativa obtida em relação ao número de frutos produzidos ao longo do tempo (resultados das colheitas), entre os dois tratamentos, esteve de acordo com a diferença significativa também obtida para a variação temporal no número de flores produzidas entre as duas estufas. Esses resultados revelaram que o ritmo da floração não foi o mesmo nas duas estufas, apesar de as mudas de morangueiro terem sido plantadas em uma mesma época e terem uma igual procedência, e das práticas culturais utilizadas terem sido as mesmas. Na análise dos resultados obtidos ao longo do tempo, portanto, fez-se a comparação de flores e frutos resultantes de diferentes momentos da florada. No morangueiro, cada planta produz, inicialmente, uma flor grande denominada primária e, em seguida, flores com tamanho cada vez menor, cujo número aumenta em uma progressão geométrica: duas secundárias, quatro ternárias e oito quaternárias. Assim como a florada, a produção de morangos ora apresenta frutos grandes em pequenas quantidades, ora vários frutos com tamanho intermediário, ora muitos frutos pequenos. Como não existe uma

perfeita sincronia de floração entre todas as plantas, há uma sobreposição de frutos com diferentes tamanhos em cada colheita, ocorrendo, normalmente, a predominância de uma ou duas categorias de tamanho.

Como todas as flores sujeitas à polinização por *T. angustula* produziram frutos, a obtenção de um maior número destes na autopolinização espontânea não esteve relacionada, direta ou indiretamente, com o tratamento de polinização utilizado. Além disso, se entre as duas estufas tivesse ocorrido uma produção diferencial de flores, ocasionada por diferenças climáticas e/ou pela perda desigual de frutos promovida por variações na incidência de doenças e pragas, uma diferença significativa também seria obtida, entre os dois tratamentos, na análise espacial dos resultados, ou seja, a partir dos dados obtidos nas parcelas. E isto não ocorreu.

Deve-se notar que, também ao longo do tempo, as variáveis cujos valores foram afetados, direta ou indiretamente pela atividade das abelhas, exibiram diferenças significativas entre os dois tratamentos. A polinização por *T. angustula* resultou em colheitas e frutos com um peso médio superior e em uma porcentagem média inferior de frutos deformados, de modo semelhante ao obtido para os resultados das parcelas entre os dois tratamentos.

Enquanto no tratamento de autopolinização espontânea, o número de frutos deformados aumentou à medida que o número de frutos produzidos também aumentou, na polinização por *T. angustula*, este número se manteve relativamente constante, exibindo valores médios baixos. Já para os morangos bem formados, verificou-se que, na polinização por *T. angustula*, houve um aumento proporcional no número destes frutos em relação ao aumento no número de frutos colhidos, o que não ocorreu na autopolinização espontânea. Esses resultados revelaram que, no SC sob cultivo fechado, a autopolinização espontânea não foi favorecida, nem mesmo nas flores de menor porte que, por apresentarem um menor número de óvulos, deveriam teoricamente ser mais facilmente polinizadas pela gravidade e involuntariamente pelo homem. Já a polinização por *T. angustula* teve um efeito semelhante em todos os momentos da floração, garantindo bons resultados para o produtor, ao longo de toda a colheita.

Assim, ao longo da produção, a porcentagem média de frutos deformados resultantes da autopolinização espontânea foi sempre elevada e muito superior ao tratamento de polinização por *T. angustula*. Já este último tratamento, além de apresentar valores médios bastante reduzidos para essa variável exibiu, de um modo geral, uma diminuição na porcentagem de frutos deformados com o aumento no número de frutos colhidos. De modo inverso, as porcentagens médias de frutos bem formados obtidas na polinização por *T. angustula*, além de serem sempre superiores às obtidas na autopolinização espontânea, apresentaram, geralmente, valores mais elevados com o aumento na produção.

Com esses resultados, verificou-se que uma colônia de *T. angustula*, em uma estufa com 200m², e aproximadamente 1500 plantas, do cultivar ‘Oso Grande’ ou ‘Sweet Charlie’, foi adequada, respectivamente, à polinização das flores primárias e à polinização das flores pertencentes a todas as categorias florais. Apesar do pequeno porte dessas abelhas (em torno de 4,5mm), suas campeiras apresentaram um comportamento adequado nas flores desses cultivares, resultando em morangos mais pesados e em uma porcentagem elevada de frutos para o comércio *in natura*. Além disso, as colônias de *T. angustula* foram facilmente mantidas e manejadas em seu interior.

No Brasil, o uso de abelhas na polinização do morangueiro, além de melhorar a produtividade dos diversos cultivares, pode também favorecer uma utilização mais racional dos defensivos químicos nesta cultura. Contudo, eventualmente, diante da necessidade de se aplicar tais produtos, as colônias de *T. angustula*, por exemplo, podem ser temporariamente retiradas do local e introduzidas em outras áreas (capítulo 4).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONELLI, D.F. MAYER, D.F. BURGETT, D.M. & SJULIN T. 1988 Pollinating insects and the strawberry yields in the Pacific Northwest. *American Bee Journal*, v.128, n.9, p. 618-620.
- BAGNARA, D. & VINCENT, C. 1988 The role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. *Journal of Horticultural Science*, v.63, n.1, p. 69-75.
- CAMARGO, J.M.F. 1989 Xomentários sobre a sistemática de Meliponinae (Hymenoptera, Apidae). *Anais XIV Simp. Anual da ACIESP*, v.68, p.41-61.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1989 Pollination rate of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, v.82, p.1350-1353.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. & OLIVEIRA, D. de 1993 Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, v.86, p.416-420.
- CRANE, E. & WALKER, P. 1984 *Pollination directory for world crops*. International Bee Research Association, London, 183p.
- FREE, J.B. 1993 *Insect pollination of crops*. London: Academic.
- GOODMAN, R.D. & OLDROYD, B.P. 1988 Honeybee pollination of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.28, p.435-438.
- HEARD, T.A. 1999 The role of stingless bees in crop pollination. *Ann. Rev. Entomol.*, v.44, p.183-206.
- KAKUTANI, T. INOUE, T. TEZUKA, T. & MAETA, Y. 1993 Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, and the honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. *Rev. Popul. Ecol.*, v.35, p. 95-111.
- MAETA, Y. TEZUKA, T. NADANO, H. & SUZUKI, K. 1992 Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis*, as a pollinator of strawberries. *Honeybee Sci.*, v.13, p.71-78.
- MCGREGOR, S.E. 1976 *Insect pollination of cultivated crop plants*, *Agriculture Handbook* n°496, Washington, DC: US Dep. Agric.
- NITSCH, J.P. 1950 Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, v.37, p.211-215.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997 *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. Editora Nogueirapis, São Paulo, 445p.
- NYE, W.P. & ANDERSON, J.L. 1974 Insect pollinators frequenting strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.99, n.1, p.40-44.

- SIHAG, R.C. 1995 Pollination, pollinators & pollination modes: ecological & economic importance. In: Pollination of cultivated plants in the tropics. *FAO Agricultural Services Bulletin*, v.118, Rome, p.11-19.
- SVENSSON, B. 1991 The importance of honey-bee-pollination for the quality and the quantity of strawberries (*Fragaria x ananassa*) in Central Sweden. *Acta Hortic.*, v.288, p.260-264.
- THOMPSON, P.A. 1971 Environmental effects on pollination and receptacle development in strawberry. *J. Hortic. Sci.*, v.46, p.1-12.
- ZAR, J.H. 1999 Biostatistical analysis 4th edition, Prentice Hall, New Jersey, 663p.
- ZEBROWSKA, J. 1998 Influence of pollination medes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Plant Breeding*, v.17, p.255-260.

CONCLUSÕES

- ✿ Nos dois campos de produção comercial estudados, as abelhas foram os visitantes florais mais abundantes no morangueiro, sendo a grande maioria delas pertencente às tribos Apini e Meliponini.
- ✿ Os meliponíneos, por apresentarem grande quantidade de pólen no corpo, um comportamento semelhante ao de *A. mellifera* na flor (principal polinizador desta cultura), e por visitarem as flores do morangueiro durante todo o período de floração, podem ser de grande importância para a polinização e produção de morangos quando presentes em abundância.
- ✿ A vegetação no entorno às áreas de cultivo pode exercer uma grande influência na diversidade e abundância de abelhas na cultura do morango, e as diferenças dos cultivares na floração e na morfologia e fisiologia floral podem interferir na abundância de abelhas presentes em suas flores quando cultivados em um mesmo local.
- ✿ Embora autocompatíveis, as flores primárias dos cultivares estudados ('Campinas', 'Oso Grande' e 'Sweet Charlie') necessitaram de um polinizador para a produção de frutos bem formados, ou seja, para o mercado *in natura*, pois a autopolinização foi dificultada nestas flores devido à morfologia floral e ao padrão de maturação das anteras e dos estigmas, resultando em frutos deformados e com um peso inferior.
- ✿ A polinização pelo vento, que no morangueiro não transporta o pólen entre flores de diferentes plantas, embora tenha elevado a taxa de autopolinização nos cultivares 'Sweet Charlie' e 'Oso Grande', não foi capaz de produzir porcentagens elevadas de frutos bem formados.
- ✿ Para as flores primárias do cultivar 'Oso Grande', os valores mais elevados para a porcentagem de frutos para o mercado *in natura*, a taxa de fecundação e o peso dos frutos foram obtidos com a polinização por *T. angustula* na estufa e pelo controle realizado no campo. Além disso, o comportamento exibido por diferentes espécies de abelhas ao visitarem essas flores, resultou na polinização de diferentes regiões do receptáculo floral, sugerindo a existência de um efeito complementar dessas abelhas na polinização.
- ✿ Para o cultivar 'Sweet Charlie', os resultados obtidos indicaram que a população local de polinizadores não foi adequada à polinização de suas flores primárias, o que não ocorreu para o 'Oso Grande', embora fossem cultivados lado a lado em um mesmo local. As flores primárias desses cultivares apresentaram diferentes períodos de fertilização e este pode ter sido o principal fator responsável pelas diferenças obtidas na polinização dessas flores.
- ✿ Dentre as espécies de meliponíneos avaliadas quanto à sua capacidade de forragear no interior de estufas, verificou-se que as operárias de *T. angustula*, além de localizar e

forragear nas flores do morangueiro foram capazes de manter atividades normais no interior de seus ninhos (construção de células, processo de postura e armazenagem de alimento).

- ✿ Ao longo dos meses, o período de atividade das colônias de *T. angustula* nas estufas com morangueiro foi limitado, principalmente, pela necessidade de remoção das colônias por ocasião da aplicação de defensivos agrícolas. Porém, a redução no período diário de atividade dessas abelhas no interior das estufas parece estar diretamente relacionada aos efeitos da cobertura plástica na radiação solar e necessita mais estudos.
- ✿ Os resultados obtidos em 2000 e em 2001 revelaram que uma colônia de *T. angustula*, em uma estufa com 200m², e aproximadamente 1500 plantas, foi adequada à polinização e produção de frutos primários no cultivar ‘Oso Grande’ e à produção de frutos, em geral, no cultivar ‘Sweet Charlie’. Apesar do pequeno porte dessas abelhas (em torno de 4,5mm), suas forrageadoras apresentaram um comportamento adequado nas flores desses cultivares, resultando em morangos mais pesados, e em uma porcentagem elevada de frutos para o mercado *in natura*.

RESUMO

Com o objetivo de se conhecer a fauna silvestre de visitantes florais do morangueiro e os fatores que favorecem a sua presença e a sua atividade nas flores, em dois campos de produção comercial, foram realizadas coletas em diferentes cultivares, nos municípios de Atibaia e Valinhos, no estado de São Paulo, respectivamente, nos anos de 1997 e 1998. Os insetos foram capturados ao longo do período de floração (de maio a setembro), através de transectos alternados entre canteiros de diferentes cultivares. Além do registro das condições climáticas, também foram registrados dados sobre a oferta floral dos cultivares, sobre a aplicação de defensivos agrícolas (tipo, data da aplicação), sobre as características da vegetação próxima à área de plantio e sobre a presença de outras floradas e de ninhos naturais ou colméias racionais de abelhas no entorno à cultura.

Nas duas áreas, as abelhas foram, de longe, os visitantes florais mais abundantes do morangueiro, sendo quase todos os indivíduos pertencentes às tribos Apini e Meliponini. Entretanto, a diferença encontrada na diversidade de abelhas entre as duas áreas estudadas sugere que, embora o uso de defensivos agrícolas tenha sido menos intenso em Valinhos, a estreita faixa de mata secundária preservada em Atibaia, entre outros fatores, deve estar favorecendo a existência e manutenção de ninhos de diversas espécies de abelhas, particularmente de meliponíneos.

De 1998 a 2001, como o objetivo de se verificar a contribuição de diversos agentes de polinização na produtividade do morangueiro, em campos de produção comercial, estudou-se a biologia floral e reprodutiva dos cultivares ‘Campinas’, ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’, nos municípios de Atibaia e Jarinu (SP). Verificou-se a longevidade e a oferta floral, a viabilidade polínica, a receptividade dos estigmas, a produção de néctar e a sua concentração em açúcares. Ao longo do período de produção (de maio a outubro) foram realizados diversos tratamentos em flores primárias: emasculação, autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual, polinização pelo vento, polinização por *Tetragonisca angustula* e polinização natural (controle).

Nos cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’, também foi avaliado o efeito de um número restrito de visitas (uma e quatro) na polinização das flores primárias, pelas espécies mais frequentes de abelhas na área de estudo: *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Dialictus* sp. Os seguintes aspectos do comportamento dessas abelhas na flor foram registrados: duração da visita, contato com os estigmas, tipo de material coletado, presença de cargas de pólen, padrão de deslocamento na flor.

O efeito de todos os tratamentos utilizados, na produção de morangos, foi avaliado através da determinação do peso dos frutos colhidos, da sua classificação quanto à forma (bem formado, regular, deformado ou muito deformado) e da taxa de fecundação (número de aquênios fecundados/número de aquênios do fruto). A classificação dos frutos quanto à forma também foi utilizada para a determinação da porcentagem de morangos para o comércio *in natura*: os frutos deformados e muito deformados, geralmente não aceitos para este mercado, foram agrupados como frutos sem valor comercial e os frutos bem formados e regulares como frutos com valor comercial.

Os resultados obtidos revelaram que, embora autocompatíveis, as flores primárias desses cultivares necessitam de um polinizador para a produção de frutos para o mercado *in natura* (sem deformações), pois a morfologia destas flores e o padrão de maturação de seus

estames e pistilos não favoreceram a ocorrência da autopolinização, quer mediada pela gravidade, pelo vento ou pelo manejo da cultura (homem). A polinização por insetos e por *Tetragonisca angustula* aumentou o peso dos frutos e reduziu a porcentagem de frutos deformados melhorando a produção. Além disso, no cultivar ‘Oso Grande’, verificou-se que os diferentes padrões de comportamento na flor, apresentado por diferentes espécies de abelhas, resultaram na polinização de diferentes regiões do receptáculo floral, sugerindo a existência de um efeito complementar na polinização dessas flores.

Com o objetivo de se avaliar a possibilidade da utilização racional de meliponíneos (Apidae, Meliponinae) para a polinização do morangueiro, foram realizados testes de adaptação e manejo das seguintes espécies em estufas: *Nannotrigona testaceicornis*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Schwarziana quadripunctata*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona spinipes*. As colônias foram instaladas em estufas plásticas de pequeno porte (200m²), após o início da floração do morangueiro. Durante o período de confinamento, verificou-se, para cada espécie e colônia, a orientação de vôo e o tempo para o início do forrageamento. Para as colônias de *Nannotrigona testaceicornis*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca angustula* também foram registradas a atividade externa e o desenvolvimento das colônias no interior das estufas.

Dentre as espécies utilizadas, somente *Schwarziana quadripunctata* e *Scaptotrigona bipunctata* não se adaptaram ao forrageamento sob confinamento, pois não estabeleceram nenhum tipo de coleta, sob esta condição. Verificou-se, ao longo do estudo, que a atividade dos meliponíneos nas estufas foi limitada, principalmente, pela necessidade de remoção das colônias para a aplicação de defensivos químicos na cultura. Dentre as espécies utilizadas, *T. angustula* destacou-se das demais por ter se adaptado, de um modo relativamente rápido, ao forrageamento sob confinamento, e por ser capaz de manter o desenvolvimento de suas colônias, dando continuidade ao processo de construção de células e de postura da rainha.

Em 2001, com o objetivo de se avaliar a efetividade da polinização por *T. angustula* na produção do morangueiro, em estufa, foram realizadas colheitas de todos os frutos maduros do cultivar ‘Sweet Charlie’, resultantes de dois tratamentos: autopolinização espontânea e polinização por *T. angustula*. Para cada tratamento, foram delimitadas 21 parcelas com 24 plantas cada, e as colheitas foram realizadas em cada parcela, separadamente, 2 vezes por semana. Para cada parcela, em cada colheita, foram determinados o número de frutos colhidos, o peso fresco da colheita e o número de frutos deformados.

Os resultados obtidos em 2000 e em 2001 revelaram que uma colônia de *T. angustula*, em uma estufa com 200m², e aproximadamente 1500 plantas, foi adequada à polinização e produção de frutos primários no cultivar ‘Oso Grande’ e à produção de frutos, em geral, no cultivar ‘Sweet Charlie’. Apesar do pequeno porte dessas abelhas (em torno de 4,5mm), suas campeiras apresentaram um comportamento adequado nas flores desses cultivares, resultando em morangos mais pesados, e em uma porcentagem elevada de frutos para o mercado *in natura*.

SUMMARY

In order to investigate the flower visitors of different strawberry cultivars in commercial fields located at Atibaia and Valinhos (São Paulo State - Brazil) surveys were made 1997 and 1998. Insects we captured during the blooming period (from May to September), through alternate transects between rows of strawberry flowers beds. Besides weather conditions, we also registered data on flower availability, pesticides (kind, application date), surrounding vegetation attributes, presence of other blossoms, and presence of natural nests or hives located close to the studied cultivars.

In both areas bees were the most abundant visitors of strawberry flowers, being most individuals from Apini and Meliponini tribes. However, the difference found in abundance and diversity of bees between the two areas suggested that, although the use of agricultural defensives has been less intense in Valinhos, the narrow surrounding patch of secondary forest preserved in Atibaia, must have among other factors be favoured the existence and maintenance of nests of several bees species, particularly stingless bees.

From 1998 to 2001, with the aim of verifying the contribution of several pollination agents on strawberry productivity in commercial fields, we studied the floral biology and reproduction of three cultivars: “Campinas”, “Oso Grande” and “Sweet Charlie”, at Atibaia and Jarinu counties (São Paulo state). Data on longevity and flower availability, pollen viability, stigma receptivity, nectar volume and sugar concentration were collected. During the production period (from May to October) several treatments were applied: emasculation, spontaneous self-pollination, hand self-pollination, hand cross-pollination, wind-motion pollination, bee pollination by *Tetragonisca angustula*, and open pollination (control). In all treatments only primary flowers were used.

In the ‘Oso Grande’ and ‘Sweet Charlie’ cultivars, we also evaluated the effect of a limited number of visits (one and four) in the pollination of strawberry primary flowers by the most frequent bees in the study area: *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* and *Dialictus* sp. The following behavioural aspects were studied: visit length, body contact with the stigmata, kind of material collected by them, presence of pollen loads and movement pattern on flowers.

The effect of all treatments in strawberry production was evaluated through fruits weight, shape (well formed, regular, deformed or highly deformed) and fertilization rate (number of fertilized achenes divided by total number of achenes per berry). Fruits classification concerning shape was also used to determine the percentage of strawberries for market. Deformed and highly deformed fruits are generally not accepted for this trade and were considered as unmarketable fruit, whereas regular and well formed fruits were considered as marketable fruits.

Our results showed that, although self-compatible, the primary flowers of these cultivars need a pollinator to produce fruits for the market. The morphology of the flowers and the maturation pattern of their stamens and pistils do not favour the occurrence of self-pollination, mediated by gravity, wind or human interference. Pollination by insects and by *T. angustula* increased fruits weight and reduced the percentage of deformed fruits improving production. Moreover, in the ‘Oso Grande’ cultivar, we verified that the different behavioural patterns of the bees resulted in pollination of different regions of the

floral receptacle, suggesting the existence of a complementary effect in the pollination of these flowers.

We also evaluated the possibility of the rational use of stingless bees (Apidae, Meliponini) in strawberry pollination inside greenhouses. In order to achieve it, we made tests of adaptation and management of the following bee species: *Nannotrigona testaceicornis*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Schwarziana quadripunctata*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona spinipes*. Colonies were placed inside small greenhouses (200m²) soon after blossom's start. During confinement we verified the bees' flight orientation and the time they spend to begin foraging. For colonies of *N. testaceicornis*, *S. bipunctata* and *T. angustula* we also registered flight activity and general colonies conditions. Only *S. quadripunctata* and *S. bipunctata* did not forage under greenhouse conditions. The activity period of stingless bees' colonies inside greenhouse was short, mainly because they had to be removed for pesticides application. Among all species *T. angustula* was remarkable for its relatively quick adaptation and the ability to keep good internal colony conditions.

In 2001, we collected all mature strawberry fruits from cultivar 'Sweet Charlie' in order to evaluate the effectiveness of pollination by *T. angustula*. We compared two treatments: spontaneous self-pollination and pollination by *T. angustula*. In each treatment 21 plots were delimited with 24 plants in each; fruits were gathered twice a week. They were counted, ranked by shape and weighted.

Results obtained in 2000 and in 2001 showed that one colony of *T. angustula* in a greenhouse of 200m², and approximately 1500 plants, was adequate to pollination and primary fruit production in the 'Oso Grande' cultivar, and in general production in the 'Sweet Charlie'. Despite its small size (about 4.5 mm length) their foragers showed an adequate behaviour at these flowers, resulting in heavier strawberries and high percentage of marketable fruits.