



Abelhas visitantes florais de *Gossypium barbadense* (Malvaceae), no Distrito Federal, e sua importância na análise de risco de fluxo gênico dos algodoeiros geneticamente modificados no Brasil.

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 243

**Abelhas visitantes florais de
Gossypium barbadense (Malvaceae),
no Distrito Federal, e sua importância
na análise de risco de fluxo gênico
dos algodoeiros geneticamente
modificados no Brasil**

Viviane C. Pires
Fernando A. Silveira
Aline C. Botelho
Glauce C. P. C. Gonçalves
Pablo B. C. Chagas
Edison R. Sujii
Eliana Fontes
Camen S. S. Pires

Autores

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Serviço de Atendimento ao Cidadão

Parque Estação Biológica, Av. W/5 Norte (Final) –

Brasília, DF CEP 70770-900 – Caixa Postal 02372 PABX: (61) 3448-4600 Fax: (61) 3340-3624

<http://www.cenargen.embrapa.br>

e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Miguel Borges*

Secretária-Executiva: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Membros: *Diva Maria de Alencar Dusi*

Luiz Adriano Maia Cordeiro

José Roberto de Alencar Moreira

Regina Maria Dechechi G. Carneiro

Samuel Rezende Paiva

Suplentes: *João Batista Tavares da Silva*

Margot Alves Nunes Dode

Supervisor editorial: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Normalização Bibliográfica: *Rosameres Rocha Galvão*

Editoração eletrônica: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Foto: Fêmeas de *Melissodes nigroaenea* (A), *Ptilothrix plumata* (B), *Apis mellifera* (C) e Halictidae (D e E); Macho de *Melitoma segmentaria* (F); entrada do ninho de *Ceratina* (G); pupas do ninho de *Ceratina* em diferentes estádios de desenvolvimento.

1ª edição

1ª impressão (2008):

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**

E 139 Abelhas visitantes florais de *Gossypium barbadense* (Malvaceae), no Distrito Federal, e sua importância na análise de risco de fluxo gênico dos algodoeiros geneticamente modificados no Brasil / Viviane C. Pires... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. - p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, ISSN 1676-1340; 243).

1. Abelha - polinização. 2. Algodão – biossegurança. 3. *Melissodes nigroaenea*. 4. *Ptilothrix plumata*. 5. *Apis mellifera*. I. Pires, Viviane C.II. Série.

633.51 – CDD 21

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	10
Resultados	15
Conclusão	30
Referências	31

Abelhas visitantes florais de *Gossypium barbadense* (Malvaceae), no Distrito Federal, e sua importância na análise de risco de fluxo gênico dos algodoeiros geneticamente modificados no Brasil

Viviane C. Pires¹
Fernando A. Silveira²
Aline C. Botelho³
Glauce C. P. C. Gonçalves⁴
Pablo B. C. Chagas⁵
Edison R. Sujji⁶
Eliana Fontes⁷
Carmen S.S. Pires⁷

Resumo

Este trabalho teve como objetivo principal identificar entre os visitantes florais, as espécies com potencial para carrear o pólen de algodoeiros convencionais e geneticamente modificados para os algodoeiros silvestres, especialmente a espécie *G. barbadense*. Esses dados poderão subsidiar as proposições de medidas que visem o manejo do fluxo de genes entre as diferentes espécies de algodoeiro, tais como barreiras físicas e áreas de exclusão. Entre setembro de 2007 e setembro de 2008, realizaram-se coletas quinzenais de abelhas nas flores e observações sobre seu comportamento. As coletas foram realizadas em 13 localidades do DF. Uma estimativa da eficiência das espécies visitantes florais como polinizadoras potenciais, foi empregado um "índice de comportamento", considerando a frequência com que os indivíduos de cada espécie tocavam o estigma e transportavam pólen de *G. barbadense*. Foi realizada, também, uma estimativa da possibilidade de fluxo de pólen mediado pelas abelhas comuns às flores de *G. barbadense* e *G. hirsutum* (espécie geneticamente modificada no Brasil) no Distrito Federal. Para isto, utilizaram-se dados biológicos e ecológicos dos visitantes florais nas duas plantas para compor um índice de eficiência relativa de transporte de pólen (ERTP). Foram coletados 634 exemplares de abelhas nas flores de *Gossypium barbadense*, distribuídos em cinco famílias, 28 gêneros e 36 espécies. Foram coletadas, em média, 4,2 abelhas/hora, sendo a maior riqueza em espécies obtida em março e a maior frequência relativa entre abril e junho. As três espécies mais frequentes foram *Augochlora thalia* (1,05 abelhas/hora), seguida de *A. esox* (0,52) e *Ceratina* cfr. *asuncionis* (0,51). As espécies consideradas polinizadoras efetivas potenciais foram *Augochlora thalia*, *Melissodes nigroaenea* e *Ptilothrix plumata*; cinco espécies foram consideradas polinizadoras ocasionais (*Apis mellifera*, *Melissoptila cnecomala*, *Ceratina* cfr. *asuncionis*, *Augochlora esox* e *Lithurgus huberi*) e sete foram consideradas apenas visitantes florais. Dezesesseis espécies são comuns às flores de *G. hirsutum* e *G. barbadense* no Distrito Federal, sendo quatro potenciais espécies carreadoras de pólen transgênico para *G. barbadense*. A espécie que apresentou a maior eficiência potencial no transporte de pólen, de acordo com o ERTP, foi *Melissodes nigroaenea*, seguida de *Apis mellifera*, *Lithurgus huberi*, e *Ptilothrix plumata*. A principal restrição à eficiência destas três espécies de abelhas silvestres foi sua frequência relativamente baixa nas flores dos algodoeiros. Em outras regiões e sob outras condições ambientais essas abelhas podem ter sua eficiência potencial aumentada ou diminuída e o tipo de polinizador e seu papel pode ser diferente do observado no Distrito Federal. De forma geral, em áreas de plantio próximas de manchas de vegetação nativa, há maior diversidade de polinizadores, aumentando as chances de fluxo gênico se indivíduos de *G. barbadense* estiverem

¹ Estudante de mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais

² Engenheiro Agrônomo, PhD, Universidade Federal de Minas Gerais

³ Bióloga, Universidade Católica de Brasília

⁴ Bióloga, bolsista de pesquisa CNPq/ Finep.

⁵ Estudante de graduação em Biologia, UNICEUB

⁶ Engenheiro Agrônomo, PhD, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

⁷ Bióloga, PhD, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

próximos aos plantios de algodoeiro geneticamente modificado. Medidas de isolamento dos algodoeiros transgênicos são necessárias para conter o fluxo de genes para algodoeiros não transgênicos, minimizando os efeitos do algodoeiro geneticamente modificado sobre a fauna e a flora.

Palavras-chave: polinização; biossegurança; *Melissodes nigroaenea*; *Ptilothrix plumata*; *Apis mellifera*.

Abstract

The aims of this work were to identify the potential gene-flow agents from the genetically modified cotton to that species. Bees were sampled and their behavior on cotton flowers observed biweekly, between September 2007 and September 2008. Sampling was done in 13 sites in the Distrito Federal. An estimate of the potential of flower-visiting bees as pollinators was done with a "behavior index", which considered the frequency with which bees of each species touched the cotton-flower stigma and transported its pollen. Additionally, the possibility of pollen-flow mediated by the bees common the flowers of *G. barbadense* and *G. hirsutum* (genetically modified species planted in Brazil) in the Distrito Federal was estimated. For this, biologic and ecologic data of the flower visitors on the flowers of both cotton species were employed to compose an index of relative efficiency in pollen-transportation (ERTP). Six-hundred and thirty-four bee specimens were collected belonging to 36 species of 28 genera of five families. An average of 4.2 bees/hour were collected with the largest species richness being recorded in March and the largest relative frequency between April and June. The three most frequent species on the cotton flowers were *Augochlora thalia* (1.05 bees/hour), followed by *A. esox* (0.52) and *Ceratina* cfr. *asuncionis* (0.51). The species considered to be potential effective pollinators of *G. barbadense* were *Augochlora thalia*, *Melissodes nigroaenea* and *Ptilothrix plumata*; five species were considered occasional pollinators (*Apis mellifera*, *Melissoptila cnecomola*, *Ceratina* cfr. *asuncionis*, *Augochlora esox* and *Lithurgus huberi*), and seven were considered as mere floral visitors. Sixteen bee species are common to the flowers of *G. hirsutum* and *G. barbadense* in the Distrito Federal, of which four are potential pollen carriers of genetically-modified pollen to *G. barbadense*. The species with the largest potential efficiency in pollen transportation, as measured by the ERTP, was *Melissodes nigroaenea*, followed by *Apis mellifera*, *Ptilothrix plumata* and *Lithurgus huberi*. The main restriction to efficiency of these three wild-bee species was their relatively low frequencies on the cotton flowers. In other regions and under other environmental conditions, the potential efficiency of these species may be increased or decreased and the type and role of the cotton pollinators may be different from those in the Distrito Federal. Generally speaking, in crop fields near patches of native vegetation, there is larger pollinator diversity and the chances of gene flow to occur increases where individuals of *G. barbadense* are near fields of genetically-modified cotton. Thus, measures to isolate transgenic cotton are necessary to restrict gene flow to conventional cotton species and varieties.

Key words: pollination, biosecurity, *Melissodes nigroaenea*; *Ptilothrix plumata*; *Apis mellifera*.

Introdução

Das espécies cultivadas no Brasil, o algodão é uma das principais culturas que apresentam alto risco de escape gênico de variedades geneticamente modificadas para outras variedades e espécies não transgênicas, uma vez que elas ocorrem em simpatria e não há barreiras reprodutivas para impedir o fluxo gênico entre elas. (BARROSO E FREIRE, 2003; FONTES et al, 2006; JOHNSTON et al, 2006).

Existem cerca de 44 espécies diplóides ($2n = 26$) e 5 espécies alotetraploides ($2n = 52$) do gênero *Gossypium* em todo o mundo (FRYXELL et al, 1992; FREIRE, 2000). Aqui no Brasil, são encontradas três espécies alotetraploides, *Gossypium hirsutum* (variedades *latifolium* e *marie gallante*), *G. barbadense* (variedades *barbadense* e *brasiliense*) e uma espécie endêmica do nordeste - *G. mustelinum* (FREIRE, 2000).

Atualmente, a única espécie cultivada no país para fins comerciais é *Gossypium hirsutum* (JOHNSTON et al, 2006), sendo a variedade *latifolium* cultivada em larga escala, principalmente no domínio do Cerrado (FREIRE, 1998; FONTES et al, 2006). Há três regiões de produção de algodão no Brasil — *a*) a Meio-Oeste, que compreende os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e oeste da Bahia e é responsável por mais de 80% da produção de fibra; *b*) a região Meridional, da qual fazem parte os estados de São Paulo e Paraná (10% da produção); e *c*) a região Nordeste, que compreende todos os estados do nordeste do Brasil, menos o oeste da Bahia, e que é responsável por apenas 2,5% da produção nacional (FONTES et al, 2006).

O algodoeiro endêmico do Brasil, *G. mustelinum*, só ocorre no nordeste do país, nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Bahia (HILBECK et al, 2006). É uma espécie nativa que não tem sido cultivada e, devido ao seu tamanho populacional restrito, está ameaçada de extinção. Além das atividades agrícolas e a exploração pecuária, o fluxo gênico de outras espécies de algodoeiro para *G. mustelinum* é mais uma ameaça à sobrevivência das populações naturais desta espécie (BARROSO e FREIRE, 2003, e autores citados por eles).

Gossypium barbadense ocorre em praticamente todo o território brasileiro, sendo ausente ou encontrado em menor quantidade em áreas de cerrado, devido à ocupação e exploração recentes, e ausente em terras baixas do semi-árido nordestino, devido à baixa precipitação (FREIRE, 2000; HILBECK et al., 2006). A variedade *brasiliense*, originária da bacia Amazônica (STEPHENS, 1973), é conhecida no Brasil como rim-de-boi por apresentar sementes fortemente coladas entre si, lembrando um rim (FREIRE, 2000; BARROSO e FREIRE, 2003). Já a variedade *barbadense* possui centro de origem no norte da Colômbia e sul do Equador (STEPHENS, 1973; BARROSO e FREIRE, 2003) e apresenta sementes descoladas.

Independente da variedade, *G. barbadense* é uma espécie arbórea que apresenta sementes sem linter, fibras de coloração que variam de creme a marrom, sendo encontrada no Brasil na forma semi-domesticada (FREIRE, 2000; BARROSO e FREIRE, 2003). O cultivo desse algodoeiro em pequenas lavouras e fundos de quintal foi mantida ao longo das gerações e, hoje, encontramos *G. barbadense* em pequenas quantidades nas propriedades para uso medicinal (FONTES et al., 2006). Entre as espécies

de algodoeiro existentes no país, *G. barbadense* é a que mais provavelmente pode receber genes das lavouras de algodoeiro convencional e geneticamente modificado devido à sua ampla distribuição geográfica e variabilidade genética, fato este que pode comprometer a variabilidade existente (BARROSO e FREIRE, 2003).

Todas essas espécies encontradas aqui no Brasil são compatíveis entre si e produzem híbridos férteis (BARROSO e FREIRE, 2003; JOHNSTON et al., 2006). As taxas de cruzamento podem variar, mas de modo geral, elas são reduzidas a medida que aumenta a distância entre as plantas (KAREIVA et al., 1994; BARROSO e FREIRE, 2003), e pode ser maior em áreas onde a atividade dos polinizadores é mais intensa como em plantios próximos de vegetação nativa (FREIRE, 2002 citado por BARROSO e FREIRE, 2003).

Os polinizadores responsáveis pela fecundação cruzada dos algodoeiros são as abelhas (MCGREGOR, 1976; ERICKSON, 1983; SILVEIRA, 2003; CARDOSO, 2008). Apesar dos algodoeiros serem auto-férteis e parcialmente auto-polinizáveis, uma parte significativa da produção de algodão é originada de polinização cruzada (MCGREGOR, 1976 e autores citados por ele). As flores dos algodoeiros apresentam cor e forma típicos de plantas entomófilas, além de possuírem cinco nectários que atraem abelhas e outros insetos (quatro extraflorais e um floral), (FREE, 1970; MCGREGOR, 1976). Os grãos de pólen são relativamente grandes e viscosos e dificilmente transportados pelo vento (ERICKSON, 1983; KAZIEV citado por MCGREGOR, 1976), necessitando de insetos vetores para promover a polinização cruzada (FREE, 1970; MCGREGOR, 1976).

Há, em todo o mundo, cerca de 12 gêneros de abelhas das famílias Apidae (*Apis*, *Anthophora*, *Bombus*, *Melissodes*, *Melitoma*, *Svastra* e *Xylocopa*), Halictidae (*Agapostemon*, *Halictus* e *Nomia*) e Megachilidae (*Megachile* e *Lithurgus*), citados como visitantes florais e/ou polinizadores dos algodoeiros (MAXWELL-LEFROY, citado por LINSLEY, 1958; FREE, 1970; MCGREGOR, 1976; ERICKSON, 1983; CARDOSO 2008). Destacam-se os estudos realizados com *Apis mellifera*, considerada a principal espécie polinizadora e de grande importância no desenvolvimento de híbridos (MCGREGOR, 1959; MOFFET et al., 1975; WALLER et al., 1981; WALLER, 1982; ESIKOWITCH e LOPER, 1984; LOPER e DAVIS, 1985; WALLER et al., 1985; LOPER et al., 1987; MAMOOD et al., 1990; QUEIROGA et al., 1993; RHODES, 2002; DANKA, 2005). Além da *Apis mellifera*, espécies de *Bombus* e *Melissodes* também são consideradas eficientes polinizadores dos algodoeiros (MCGREGOR, 1959; MOFFET et al., 1975).

No Brasil, os estudos com insetos polinizadores do algodão, são recentes e direcionados ao algodoeiro cultivado (SANCHEZ JUNIOR e MALERBO-SOUZA, 2004; MELO e ZANELLA, 2005; PIRES et al., 2006; SILVA 2007; CARDOSO, 2008). Há registros de 36 gêneros e mais de 70 espécies de abelhas visitantes das flores de *Gossypium hirsutum* (SANCHEZ JUNIOR e MALERBO-SOUZA, 2004; MELO e ZANELLA, 2005; PIRES et al., 2006; SILVA, 2007; CARDOSO, 2008). Para *Gossypium barbadense* e outras espécies e variedades não cultivadas no país, o único estudo dos visitantes florais é o de Pires et al. (2006).

Devido à aprovação do cultivo e comercialização do algodoeiro transgênico no Brasil, são necessários

estudos sobre as funções e os grupos ecológicos relacionados com a cultura para a garantia da coexistência das culturas geneticamente modificadas com as culturas convencionais e, também, com as espécies silvestres, sem que haja redução da variabilidade genética das espécies silvestres (HILBECK et al., 2006; PIRES et al., 2006).

O estudo das espécies de abelhas que visitam e polinizam os algodoeiros é de grande importância, pois elas são os principais agentes de fluxo de genes através do pólen de variedades de algodoeiro transgênico para as demais espécies e variedades não transgênicas (SILVEIRA, 2003).

O presente trabalho, diante das prioridades de estudos que auxiliem na avaliação do impacto do algodoeiro transgênico no Brasil (SILVEIRA, 2003), se propôs a (1) inventariar a fauna de abelhas desse algodoeiro no Distrito Federal; (2) estudar o comportamento dos visitantes florais e identificar os seus polinizadores potenciais; e (3) sugerir espécies que potencialmente podem realizar o fluxo gênico de *G. hirsutum latifolium* Delta Opal para *G. barbadense*.

Material e Métodos

Este estudo faz parte de um projeto mais amplo intitulado “Preservação da Identidade e Co-existência no Brasil de Espécies e Variedades de Algodão Não Transgênico com Variedades de Algodão Transgênico” desenvolvido pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Embrapa Algodão, com a colaboração do Laboratório de Sistemática e Ecologia de Abelhas Silvestres do Departamento de Zoologia da UFMG.

Área de Estudo

Este trabalho foi realizado em 13 sítios de estudo localizados no Distrito Federal. O clima da região é definido como tropical de savanas, Aw, de acordo com a classificação de Koppen, com temperaturas médias variando de 12°C à 28,5°C. A região apresenta duas estações bem definidas, seca e chuvosa, com médias anuais de precipitação variando entre 1.200mm e 1.800mm (IBGE citado por CARDOSO, 2008).

A seleção da maioria dos sítios de estudo foi feita a partir do trabalho de Souza (2006) que identificou propriedades rurais que apresentavam indivíduos de *G. barbadense* em Goiás, Minas Gerais e no Distrito Federal. Para o presente estudo, foram priorizadas os sítios com maior número de indivíduos de *G. barbadense* no Distrito Federal. A maioria deles era constituída por pequenas propriedades, onde, em geral, os algodoeiros estavam cercados por policultivos de culturas como café, citros, feijão, milho, abóbora, maxixe, quiabo e hortaliças. Além das plantas cultivadas, alguns produtores também mantêm a vegetação rasteira (plantas espontâneas). No entorno dessas propriedades, há grandes fazendas com plantios de soja, sorgo, milho e pastagens.

Um dos sítios de estudo foi o campo experimental da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), onde, além de *G. barbadense*, outras espécies e variedades de algodoeiros foram plantadas: *G. hirsutum* var. *latifolium* Delta Opal, *G. hirsutum* var. *marie-galante*, *G. mustelinum*

(algodoeiro endêmico do nordeste do Brasil) e, também, o algodoeiro transgênico *G. hirsutum latilolium* Nu Opal. Esta área, de aproximadamente 900 m², está próxima de uma Mata de Galeria.

Os sítios de estudo estão apresentados na Tabela 1 com as suas coordenadas geográficas, o número de indivíduos de *G. barbadense* dentro da propriedade, a área estimada em hectares, e observações sobre o ambiente do entorno e práticas culturais. A coleta de abelhas foi interrompida no Sítio 2 a partir de janeiro de 2008 e no Sítio 1 a partir de maio de 2008, por dificuldade de acesso ao primeiro local e ao corte dos algodoeiros no segundo.

Quanto ao trato dado aos algodoeiros, no Cenargen foram realizadas aplicações do pesticida Endosulfan para o controle do bicudo (*Anthonomus grandis*) e da lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*) a cada 15 dias. Esta aplicação, entretanto, não foi suficiente para conter o bicudo, que prejudicou o desenvolvimento dos botões, inviabilizando parte dos experimentos que seriam realizados na área. No núcleo rural Cariru (Sítio 11), foram realizadas duas aplicações do mesmo pesticida utilizado no Cenargen para controle do bicudo, em intervalos de aproximadamente dois meses. Os algodoeiros estavam próximos de lavouras nos Sítios 1 e 12, e possivelmente tiveram contato com os pesticidas utilizados nos cultivos de milho, soja e citros. Nos demais sítios, não foram realizadas aplicações de nenhum tipo de inseticida e os proprietários não realizam nenhum manejo para o controle de pragas. Nas propriedades rurais de modo geral, os algodoeiros não são irrigados, mas podem receber podas no período que antecede as chuvas na região (agosto-setembro). Apenas no Cenargen as plantas foram irrigadas, no período seco, duas vezes por semana.

Tabela 1: Sítios de estudo com informações sobre as propriedades. Ind. – número de indivíduos de *G. barbadense*; nc – dado não coletado; des – desconhecida.

Propriedades Nº	Propriedades Nome	Posição geográfica		Ind.	Área (ha)	Informações Gerais
		Latitude	Longitude			
01	Coperbrás	-15.7525	-47.5475	3	des.	Plantios de milho, soja e algodão (utilização de agrotóxicos)
02	Tabatinga chácara 34	-15.79539	-47.53077	1	56	Coletas interrompidas em Jan/08
03	Tabatinga chácara 1	-15.75787	-47.60223	2	2	Maracujazeiro, plantio de abóbora, pitangueiras, mangueira e limoeiro na propriedade
04	Rajadinha	-15.73546	-47.65757	4	0.5	Propriedade próxima de uma pequena área de vegetação nativa
05	Rio Preto	n.c.	n.c.	3	des.	Indivíduos de <i>G. barbadense</i> e pés de acerola próximos, dentro de uma escola rural
06	Jardim I chácara 108	-16.02521	-47.37893	3	5	Abóbora, chuchu, horta, pés de mexerica e espécies ruderais (picão) na propriedade
07	Jardim II chácara 79	-16.01144	-47.37979	2	4	Feijão guandu, que atraía muitas abelhas
08	Jardim II chácara 64	-16.01144	-47.38005	5	11	Cafezal, ipezinho, <i>Ipomea</i>
09	Lamarão chácara 24	-15.96936	-47.49701	4	des.	Cajueiro e mangueira
10	Capão Seco chácara 07	-15.95866	-47.54769	6	12	Pés de café, jabuticaba, quiabo, picão. Próximo de riacho
11	Cariru chácara 20	-15.92322	-47.51986	19	6.5	Abacateiro, jabuticabeira, goiabeira, pés de café, plantio de maxixe,

Propriedades Nº	Propriedades Nome	Posição geográfica		Ind.	Área (ha)	Informações Gerais
		Latitude	Longitude			
						quiabo, abóbora, milho, arroz. Próximo de pastagem e plantio de soja
12	Tabatinga chácara 90	-15.75175	-47.58886	3	43	Plantio comercial de limão, laranja e mexerica, fazia uso de agrotóxico na lavoura (próximo do algodoeiro)
13	Cenargen	-15.72876	-47.90005	15	des.	Próximo de mata de galeria

Visitantes Florais

As abelhas visitantes das flores de *G. barbadense* foram coletadas quinzenalmente, nos 13 sítios de estudo, entre setembro de 2007 e setembro de 2008. Ao longo do dia (9:00h – 17:00h), as flores foram inspecionadas para observação do comportamento e coleta das abelhas durante cerca de 30 min em cada sítio de estudo. Dados de temperatura e umidade de cada local foram tomados com um termo-higrômetro digital. As abelhas foram coletadas em frascos plásticos e, posteriormente, foram mortas em câmaras mortíferas contendo acetato de etila. Ainda no campo, elas receberam o código do coletor e a identificação do local. No Laboratório de Ecologia, Semioquímicos e Biossegurança do Cenargen, os espécimes foram montados em alfinete entomológico, etiquetados e triados. No Laboratório de Sistemática e Ecologia de Abelhas da Universidade Federal de Minas Gerais, eles foram identificados ao nível de espécie com auxílio de lupa, chaves taxonômicas e por comparação com exemplares previamente identificados por especialistas. Uma parte dos exemplares foi depositada na coleção da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e os demais no Laboratório da UFMG. A classificação adotada para as abelhas foi a de Silveira et al., (2002).

A) Freqüência relativa

A freqüência relativa das espécies (abelhas/hora) foi calculada dividindo-se o total de indivíduos coletados de cada espécie pelo total de horas de coleta. Isto possibilitou a comparação da abundância das espécies coletadas neste trabalho e, também, dos resultados do presente trabalho com os de outros levantamentos em que se empregaram diferentes esforços de coleta (SILVEIRA et al., 1993; SILVEIRA e GODÍNEZ, 1996).

B) Comportamento de Forrageamento e Papel na Polinização

O tipo de comportamento foi registrado em uma planilha para cada abelha na flor e o tempo de visita foi marcado sempre que possível, mesmo quando a abelha já estava na flor no início da observação. Depois de observado o comportamento, as abelhas foram coletadas para identificação.

Foi definido um **índice de comportamento** (IC), utilizando informações sobre dois comportamentos importantes para a polinização: coleta e/ou transporte de pólen no corpo e contato com o estigma:

$IC = (\sum p_i \times e_i) / n$, onde:

IC = índice de comportamento para uma dada espécie;

$p = 1$, quando o i -ésimo indivíduo observado na flor estava coletando e/ou transportando pólen, ou 0, no caso contrário;

$e = 1$, quando o i -ésimo indivíduo observado na flor tocava o estigma, ou 0, no caso contrário;

n = número total de indivíduos da espécie observados na flor.

Todas as espécies que apresentaram IC igual a zero foram consideradas espécies “pilhadoras” (Pi), pois utilizam os recursos (néctar e pólen), mas não contribuem para a polinização. Os visitantes florais com IC diferente de zero foram considerados polinizadores potenciais (PP). O IC dessas espécies foi multiplicado pelas respectivas freqüências relativas, o que denominados de IP (índice de polinização). As espécies com maior IP seriam aquelas espécies com maior potencial para realizar a polinização nas flores de *G. barbadense*.

C) Transporte de Pólen

No Cenargen (Sítio 13), além das coletas realizadas em *G. barbadense*, também foram realizadas algumas coletas no algodoeiro cultivado e no geneticamente modificado, com o propósito de definir as espécies que visitam mais de um tipo de algodoeiro e que podem realizar fluxo gênico. Contudo, devido ao ataque do bicudo na área, esses dados ficaram prejudicados e optou-se por comparar as observações feitas neste estudo, nas flores de *G. barbadense* (GB), com os de outros levantamentos realizados no Distrito Federal, nas flores de *Gossypium hirsutum latifolium* Delta Opal (GH) (PIRES et al., 2006; CARDOSO, 2008).

A eficiência relativa das várias espécies no transporte de pólen de *G. hirsutum latifolium* Delta Opal para *G. barbadense* foi avaliada com o índice aqui denominado de **Índice de Eficiência Relativa de Transporte de Pólen (ERTP)**, que levou em consideração parâmetros que refletem o comportamento e a freqüência das espécies nas flores e, ainda, seu raio de vôo.

Foram utilizados quatro parâmetros para calcular o ERTP:

1- carregamento de pólen de GH no corpo – este dado variou entre 0-1 e foi obtido do levantamento de Cardoso (2008). Para aquelas espécies em que o comportamento não foi observado em *G. hirsutum*, convencionou-se usar o valor máximo igual 1. Isso porque nas observações em campo, até mesmo abelhas pequenas ao entrarem na flor sujavam o corpo com pólen, ou por tocarem nas anteras ou pelo contato com o pólen que fica impregnado nas pétalas.

2- polinização de GB – foi utilizada a freqüência média com que cada espécie toca o estigma de *G. barbadense*;

3- a área estimada de forrageamento das espécies, em hectares;

4- a frequência relativa da espécie de abelha na espécie de algodão, das duas consideradas, em que ela é menos abundante.

Para a estimativa da área de forrageamento, foram medidas as distâncias intertegulares de 10 exemplares de cada espécie (exceto para *Dialictus* sp. 8, que teve apenas 4 indivíduos observados). Essas medidas foram tomadas com retículos acoplados à ocular de um microscópio estereoscópico e convertidas em milímetros. A distância intertegular média de cada espécie foi aplicada no modelo de Greenleaf et al., (2007), para se obter a estimativa da sua distância de forrageamento. Greenleaf et al., (2007) usaram diferentes métodos para obter as distâncias de forrageamento. Como esses dados poderão auxiliar na tomada de decisão de medidas de biossegurança, optou-se por utilizar a distância estimada máxima que essas espécies podem percorrer. Calculou-se, então, a área de forrageamento, em hectares, para cada espécie de abelha, empregando-se a fórmula da área de uma circunferência com raio igual à distância de vôo obtida para a espécie.

Para se ter um valor de referência para a comparação da eficiência relativa de várias espécies neste e em outros estudos, com base nos ERTPs calculados, foi utilizada a espécie *Apis mellifera* em uma condição hipotética, em que ela apresentasse todos os comportamentos favoráveis ao fluxo (transporte de pólen do GH e contato com o estigma de GB em todas as visitas). A frequência relativa desta espécie, para o cálculo deste valor de referência, foi a sua frequência média obtida em plantios de algodão (*G. hirsutum* var. *latifolium*) em várias regiões do Brasil (PIRES et al., 2006). A *Apis mellifera* foi escolhida como padrão por ser a espécie mais comum no algodoeiro herbáceo (PIRES et al., 2006) e em várias culturas agrícolas, possuir distância de forrageamento intermediária, e ser uma espécie cosmopolita.

Para compor os índices ERTP para cada espécie, os quatro parâmetros relacionados acima, foram multiplicados, divididos pelo valor de referência estimado para a *Apis mellifera*, na condição hipotética descrita acima, e multiplicados por cem.

$$ERTP_i = \frac{p_i \times e_i \times a_i \times f_i}{p_h \times e_h \times a_h \times f_h} \times 100, \text{ onde:}$$

$ERTP_i$ = índice de eficiência relativa de transporte de pólen da espécie *i*.

h = *Apis mellifera* em situação hipotética

p = frequência com que as abelhas da espécie carregam pólen de GH (para *Apis* na situação hipotética $p = 1$);

e = frequência com que as abelhas da espécie tocam o estigma de GB (para *Apis* na situação hipotética $e = 1$);

a = área de forrageamento da espécie em hectares (para *Apis mellifera* na situação hipotética, $a = 548$ ha);

f = frequência relativa da espécie de abelha na espécie de algodão em que ela for menos frequente (abelhas/hora – para *Apis* em situação hipotética $f = 3,88$);

Resultados

Visitantes Florais

A fauna de abelhas visitantes das flores de *Gossypium barbadense* foi representada por 634 exemplares de 36 espécies de cinco famílias (Tabela 2). Apidae foi a família mais diversificada e abundante, com 17 espécies de 14 gêneros e totalizando 51,4% dos espécimes coletados ($n = 326$). Halictidae foi representada por 11 espécies de 7 gêneros, correspondendo à 43,4% ($n = 274$) do total de exemplares. Os demais 5,4% de abelhas pertenciam à Megachilidae ($n = 22$), Andrenidae ($n = 11$) e Colletidae ($n = 1$), todas representadas por apenas uma espécie.

O esforço de coleta total foi de 148,8 horas de amostragem, sendo coletadas, em média, 4,2 abelhas/hora. A maior riqueza de espécies de abelhas foi obtida em março e as maiores freqüências relativas foram observadas entre abril e junho (Figura 1). Os maiores números de espécies e exemplares de abelhas foram coletados, durante todo o levantamento, entre 10h e 12h, (Figura 2). A riqueza e composição de espécies variaram entre os locais, sendo a diversidade maior no Cariru (local 11), seguido de Jardim II e Capão Seco (Sítios 8 e 10 respectivamente) (Tabela 3).

As três espécies mais freqüentes na amostra (Tabela 2) foram *Augochlora thalia* (1,05 abelhas/hora), seguida de *A. esox* (0,52 abelhas/hora) e *Ceratina* cfr. *asuncionis* (0,51) mas apenas a primeira apresentou comportamento favorável à polinização.

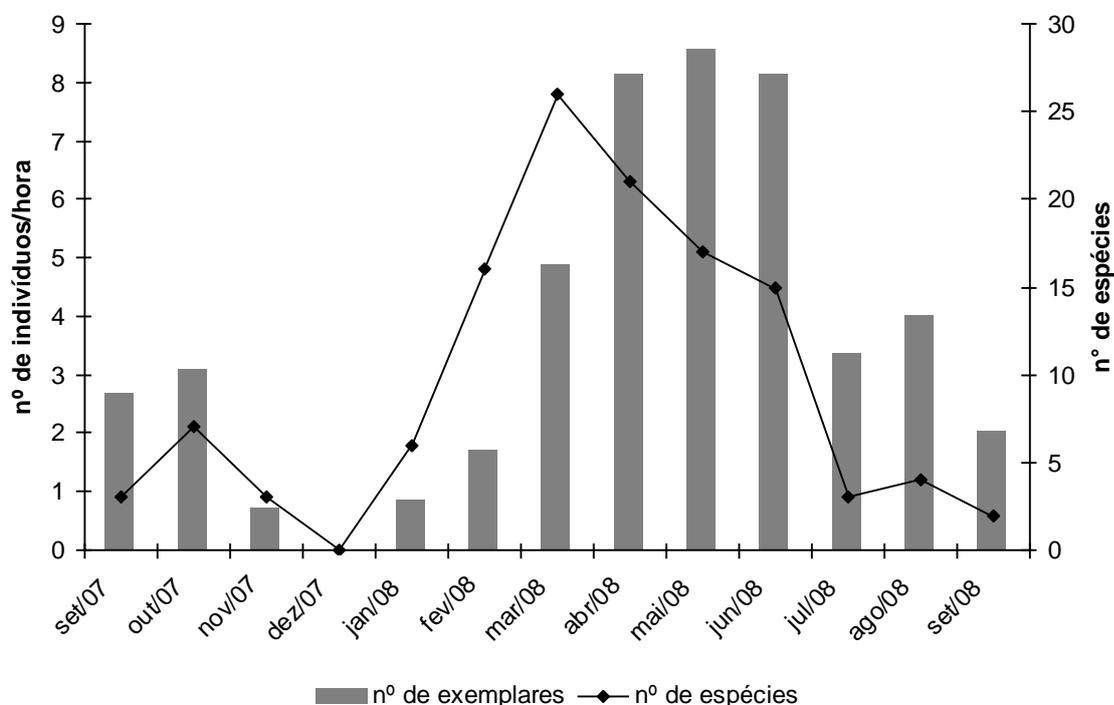


Figura 1: Número de espécies e freqüência relativa de abelhas coletadas por mês, entre setembro de 2007 e setembro de 2008, em 13 localidades do Distrito Federal – Brasil.

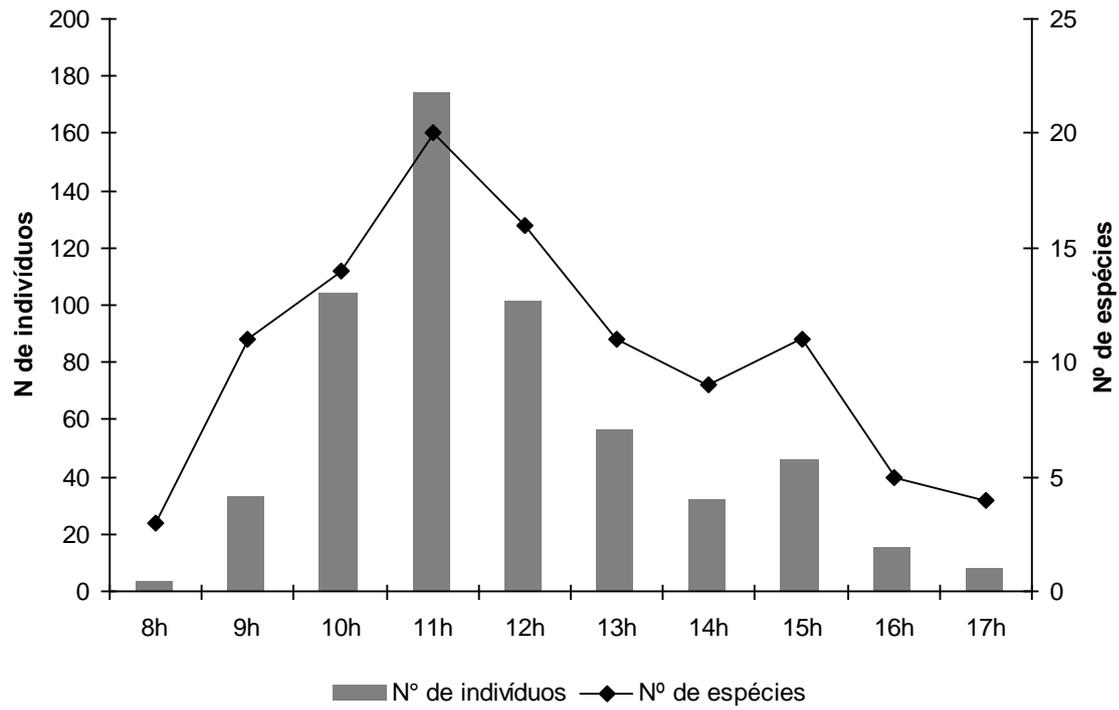


Figura 2: Número de espécies e exemplares de abelhas coletados em diferentes horários do dia durante o período de setembro de 2007 e setembro de 2008, no Distrito Federal, Brasil.

<i>Ceratina (Crewella) sp 02</i>	1	0	1	0.01	Ne									*
----------------------------------	---	---	---	------	----	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Continua...

Tabela 2: Continuação

TÁXON	Nº de Indivíduos		Total	abelhas/hora	Recurso coletado	IC (F)			Tempo de Visita			Polinização		
	F	M				Média	SD	N	Média	SD	N	IP	Categoria	
COLLETIDAE														
<i>Hylaeus (Hylaeopsis) sp</i>	0	1	1	0.01	n.o									*
HALICTIDAE														
HALICTINAE														
Augochlorini														
<i>Augochlora (Augochlora) esox</i> (Vachal, 1911)	74	3	77	0.52	P e Ne	0.16	0.38	18	108.8	115	11	0.08		PP
<i>Augochlora (Oxystoglossella) thalia</i> (Smith, 1879)	135	21	156	1.05	P e Ne	0.44	0.5	27	36.13	31.8	23	0.46		PP
<i>Augochlora (Augochlora) sp 01</i>	1	2	3	0.02	Ne									*
<i>Augochlora (Augochlora) sp 02</i>	1	0	1	0.01	n.o									*
<i>Augochlora (Augochlora) sp 03</i>	1	0	1	0.01	n.o									*
<i>Augochloropsis cfr. patens</i> (Vachal, 1903)	1	1	2	0.01	n.o									*
<i>Thectochlora brachycera</i> (Gonçalves e Melo, 2006)	1	0	1	0.01	n.o									*
<i>Thectochlora cfr. alaris</i> (Vachal, 1904)	2	0	2	0.01	n.o									*
Halictini														
<i>Agapostemon sp</i>	2	0	2	0.01	n.o									*
<i>Dialictus sp 01</i>	12	0	12	0.08	n.o									*
<i>Dialictus sp 08</i>	3	0	3	0.02	n.o									*
<i>Dialictus sp 09</i>	4	0	4	0.03	P e Ne	0	0	2	30	14.1	2	0.00		Pi
<i>Dialictus sp 10</i>	1	0	1	0.01	n.o									*
<i>Dialictus sp 11</i>	1	0	1	0.01	P									*
<i>Pseudagapostemon sp</i>	1	0	1	0.01	n.o									*
<i>Rhinocorynura sp</i>	4	0	4	0.03	n.o									*
MEGACHILIDAE														
<i>Lithurgus huberi</i> (Ducke, 1907)	15	7	22	0.15	P e Ne	0.5	0.53	8	60	n.a.	1	0.07		PP

Tabela 3: Riqueza, abundância e diversidade de abelhas nas localidades estudadas no Distrito Federal. O local 2 foi retirado das análises.

Locais	Indv. Gb	Riqueza	Abundância	Shannon H	Simpson 1-D
Jardim I (ch. 108)	03	8	32	1.19	0.51
Lamarão	04	6	35	1.33	0.69
Coperbrás	03	11	40	1.51	0.62
Tabatinga (ch. 01)	02	7	10	1.83	0.82
Tabatinga (ch. 90)	03	8	15	1.86	0.81
Rio Preto	03	12	36	1.93	0.79
Jardim II (ch. 79)	02	9	30	1.96	0.84
Rajadinha	04	11	40	2.01	0.82
Cenargen	15	15	49	2.08	0.82
Capão Seco	06	12	54	2.16	0.86
Jardim II (ch. 64)	05	15	88	2.20	0.86
Cariru	19	22	171	2.47	0.89

Comportamento

Foram realizadas 110 observações sobre o comportamento de abelhas de 14 espécies nas flores de *G. barbadense*. As três espécies com maior número de observações foram *Augochlora thalia* (n = 27), *Melissodes nigroaenea* (n = 19) e *Augochlora esox* (n = 18). O índice de comportamento médio atingiu valor máximo (= 1) apenas para as fêmeas de quatro espécies – *Melissodes nigroaenea*, *Melissoptila cnecomala*, *Ptilothrix plumata* e *Apis mellifera*; atingiu valores intermediários para cinco espécies e foi igual a zero para as demais espécies (Tabela 2). O comportamento de machos de *P. plumata* (n = 1), *M. segmentaria* (n = 4) e *A. thalia* (n = 2) foram observados, mas o IC de todos eles foi igual a zero devido ao fato deles não terem tido contato com o estigma das flores em nenhuma das visitas observadas.

As fêmeas de *Melissodes nigroaenea* (Figura 3A), coletaram pólen em 100% das visitas às flores de *G. barbadense* e, eventualmente, néctar. Em geral, elas entravam e saíam das flores caminhando pelas estruturas reprodutivas e tocavam o estigma em todas as visitas, ao chegar e/ou ao sair da flor. No contato com as anteras, as partes dos seus corpos que ficaram sujas de pólen foram pernas, dorso e ventre, e o tempo médio de visita foi de aproximadamente 38 s. Esta espécie foi frequente em *G. barbadense* de janeiro a maio de 2008, apresentando uma frequência relativa de 0,22 abelhas/ hora. Ela foi observada nas flores das 8 h às 14 h, com maior abundância entre 10 h e 11 h.

No caso de *Ptilothrix plumata* (Figura 3B), o índice máximo de comportamento foi alcançado apenas pelas fêmeas. O único macho observado, não tocou o estigma, sendo necessárias mais observações para determinar se eles podem atuar ocasionalmente como polinizadores. Já as fêmeas entraram e saíram pelas estruturas reprodutivas e, ao coletaram pólen, sujaram

principalmente o ventre. O tempo médio de visita (43 s) foi maior que o de *M. nigroaenea* e o macho observado permaneceu cerca de 300 s na flor. Os espécimes foram observados nas flores durante todos os intervalos de coleta e em todos os meses, exceto de novembro a janeiro.

Foram poucas as observações do comportamento de *Apis mellifera* nas flores de *G. barbadense* (n = 3) mas, nessas poucas visitas, suas operárias sujaram o corpo com pólen, tocaram o estigma e apresentaram comportamento favorável à polinização. Seu tempo médio de visita foi de 30 s, inferior aos de *P. plumata* e *M. nigroaenea*. Sua freqüência relativa no levantamento foi baixa (0,05), apesar da espécie ser freqüente nas áreas amostrais. Suas operárias, entretanto, preferiam outras fontes de alimento, como o picão (*Bidens pilosa* – Asteraceae) (Figura 3C), o feijão guandu (*Cajanus cajan* – Fabaceae) e até goiabas caídas no chão. Com freqüência, operárias da espécie sobrevoavam as flores, mas não entravam. A abelha melífera foi observada nas flores de *G. barbadense* de março a julho, sendo que, neste último mês, período seco, quando há poucas plantas em flor, muitos indivíduos foram observados visitando as flores de *G. barbadense* no campo experimental do Cenargen.

Fêmeas de *Lithurgus huberi* tocaram o estigma em 50% das observações, sendo o seu IC médio igual a 0,5. Elas foram vistas coletando néctar e pólen e foram freqüentes no levantamento de abril a junho de 2008.

Augochlora thalia (Figura 3D) merece destaque porque foi a espécie mais frequente em *G. barbadense* (1,05 abelhas/hora). Na maioria das visitas, suas fêmeas coletaram pólen e, em 44% das observações (n = 12), entraram em contato com o estigma. Seu tempo médio de visita às flores foi de 36 s. Ela foi observada durante todo o período de estudo, exceto no mês de dezembro, quando nenhuma espécie de abelha foi amostrada nas flores.

A segunda espécie mais abundante foi *Augochlora esox* (0,52 abelhas/hora) (Figura 3E). As fêmeas dessa espécie visitaram as flores principalmente para coleta de néctar; entraram e saíram pelas pétalas e tiveram contato com o estigma em apenas 16,5% das visitas.

Ceratina cfr. asuncionis foi a terceira espécie mais freqüente (0,51 abelhas/hora), coletando néctar na maioria das visitas. As fêmeas carregaram pólen no corpo em todas as vezes que saíram das flores, mas entraram em contato com o estigma em apenas 10% das observações. Além de fonte de alimento, os algodoeiros podem servir como local de nidificação para abelhas deste gênero, pois um ninho foi encontrado na propriedade do Cariru (Sítio 11), em um galho de *G. barbadense* que havia sido podado (Figuras 3G e H). A prática de podar os algodoeiros pode ser importante para facilitar a nidificação dessas espécies que fazem ninhos na medula dos ramos das plantas (SAKAGAMI e LAROCCA, 1971).

A espécie representada pelo maior número de machos nas flores foi *Melitoma segmentaria* (n = 36). Eles foram encontrados com frequência parados na flor (Figura 3F), se alimentando de néctar, manipulando o pólen com as mandíbulas e dormindo nas flores. Nem os machos nem as fêmeas foram vistos tocando o estigma, sendo considerados, portanto, apenas como visitantes florais. Essa espécie foi observada nas flores de fevereiro a maio, de 9 h às 16 h mas, em maior número, às 12:00 h e 15:00 h.

As demais espécies receberam índice de comportamento igual a zero, em geral por não tocarem o estigma, pois a maioria dos indivíduos de todas as espécies sai da flor com pólen no corpo, por tocar as anteras e/ou o pólen acumulado nas pétalas das flores. Muitas espécies tiveram poucas observações de comportamento, não sendo possível afirmar se elas podem atuar potenciais polinizadoras ou se são apenas visitantes florais.

A maioria dos espécimes de *Dialictus* foi coletada sobre as folhas e as brácteas de *G. barbadense* e em flores velhas. Também os indivíduos de *Rhinocorynura* e um exemplar de *Thectochlora brachycera* foram observados fora da flor. Essas espécies de Halictidae são de pequeno tamanho e, possivelmente, coletam néctar dos nectários extraflorais e pólen residual nas flores velhas, não apresentando características comportamentais de espécies polinizadoras.



Figura 3: Fêmeas de *Melissodes nigroaenea* (A), *Ptilothrix plumata* (B), *Apis mellifera* (C) e Halictidae (D e E); Macho de *Melitoma segmentaria* (F); entrada do ninho de *Ceratina* (G); pupas do ninho de *Ceratina* em diferentes estádios de desenvolvimento.

Polinizadores potenciais

Levando-se em conta o IC das 15 espécies cujo comportamento nas flores foi observado, sete espécies de abelhas apresentaram índice de comportamento (IC) igual a zero e foram consideradas como espécies pilhadoras (Pi) (Tabela 2). As demais espécies com IC diferente de zero foram consideradas como polinizadoras potenciais (PP), sendo elas: *Apis mellifera*, *Melissodes nigroaenea*, *Melissoptila cnecomala*, *Ptilothrix plumata*, *Ceratina cfr. asuncionis*, *Augochlora esox*, *A. thalia*, e *Lithurgus huberi*.

Das oito espécies consideradas como polinizadoras potenciais, as três espécies com os maiores valores de IP (produto de IC x frequência relativa) foram *A. thalia* (IP = 0,46), *P. plumata* (IP = 0,35) e *M. nigroaenea* (IP = 0,22). A espécie *A. thalia* toca o estigma em 44% das visitas, ao contrário de *P. plumata* e *M. nigroaenea* que tiveram contato com o estigma em 100% das observações. Mas devido a sua alta abundância, a quantidade de vezes em que *A. thalia* toca o estigma pode ser maior que *P. plumata* e *M. nigroaenea*.

Transporte de pólen de *G. hirsutum latifolium* Delta Opal para *G. barbadense*

Comparando as abelhas encontradas em *G. barbadense*, neste estudo, com as encontradas em *G. hirsutum* por Pires et al. (2006) e Cardoso (2008), encontram-se 16 espécies visitantes comuns às flores de ambos os algodoeiros no Distrito Federal. No entanto, o índice E RTP foi calculado neste trabalho para apenas 13 dessas espécies (Tabela 4). Para *Exomalopsis analis* e *Augochloropsis patens* faltaram dados de comportamento em *G. barbadense* e para *Melitoma segmentaria* não há dados de frequência relativa em *G. hirsutum*. Das dezesseis espécies, dez pertencem a Apidae, quatro a Halictidae, uma a Andrenidae e uma a Megachilidae.

Todas as espécies listadas na Tabela 4 transportam pólen de *G. hirsutum latifolium* Delta Opal no corpo em maior ou menor frequência, sendo que cinco espécies não entraram em contato com o estigma de *G. barbadense*. Das 13 espécies, *Lithurgus huberi* apresentou a maior capacidade de vôo, com área de forrageamento estimada em aproximadamente 1000 ha, seguida de *Apis mellifera* e *P. plumata*.

Tabela 4: Espécies de abelhas que ocorreram em *Gossypium barbadense* e em *Gossypium hirsutum latifolium* Delta Opal (CARDOSO, 2008) no Distrito Federal e parâmetros utilizados para o cálculo do Índice de Eficiência Relativa de Transporte de Pólen (ERTP): pGh = frequência com que a espécie carrega pólen de *G. hirsutum* no corpo; e Gb – frequência com que a espécie toca o estigma de *G. barbadense*; raio de vôo (km) utilizado no cálculo da área de forrageamento em hectares; e frequência relativa da espécie de abelha na espécie de algodão em que ela for menos freqüente.

Espécie	pGh	$e Gb$	Raio de voo (Km)	Área de forrag	Menor frequencia	ERTP
<i>Dialictus</i> sp8 *	1.0	0.0	0.1	0.72	0.01	0.00
<i>Paratrigona lineata</i>	0.5	0.0	0.1	2.01	0.18	0.00
<i>Rophitulus</i> sp*	1.0	0.0	0.1	0.72	0.01	0.00
<i>Trigona spinipes</i>	0.1	0.0	0.3	27.56	0.04	0.00
<i>Trigona spinipes</i> (PB)	0.1	0.0	0.3	27.56	0.11	0.00
<i>Ceratina cfr. asuncionis</i>	0.3	0.1	0.2	7.89	0.01	0.00
<i>Ceratina spp.</i> (PB)	0.3	0.1	0.2	7.89	0.01	0.00
<i>Augochlora thalia</i>	1.0	0.4	0.1	0.93	0.05	0.00
<i>Augochlora cfr. esox</i>	1.0	0.2	0.2	7.20	0.04	0.00
<i>Augochlora cfr. esox</i> (PB)	1.0	0.2	0.2	7.20	0.04	0.00
<i>Tetragona clavipes</i> *	1.0	1.0	0.3	27.56	0.01	0.02
<i>Melissoptila cnecomala</i>	1.0	1.0	0.5	87.12	0.02	0.10
<i>Ptilothrix plumata</i> *	1.0	1.0	1.3	497.10	0.04	1.11
<i>Ptilothrix sp</i> (PB)*	1.0	1.0	1.3	497.10	0.04	1.11
<i>Liturgus huberi</i> *	1.0	0.5	1.8	1005.39	0.04	1.12
<i>Liturgus huberi</i> (PB)*	1.0	0.5	1.8	1005.39	0.04	1.12
<i>Apis mellifera</i>	0.8	1.0	1.3	548.44	0.05	1.29
<i>Apis mellifera</i> (PB)	0.8	1.0	1.3	548.44	0.16	3.93
<i>Melissodes nigroaenea</i>	1.0	1.0	1.0	321.93	0.22	3.96
<i>Apis mellifera</i> (valor de referência **)	0.8	1.0	1.3	548.44	3.88	100.00

* Veja material e método

As freqüências relativas das espécies em cada algodoeiro foram plotadas na Figura 4. Nenhuma espécie apresentou freqüência maior que a freqüência média de *Apis mellifera* no algodoeiro cultivado em diferentes locais no Brasil (PIRES et al., 2006). A espécie mais abundante em *G. barbadense*, *Augochlora thalia*, foi pouco freqüente em *G. hirsutum*, e *Apis mellifera*, a espécie mais freqüente em *G. hirsutum latifolium* Delta Opal, foi pouco freqüente em *G. barbadense*. Das freqüências relativas utilizadas no índice, o maior valor foi o de *Melissodes nigroaenea* (0,22 abelhas/hora) seguido de *Paratrigona lineata* (0,18 abelhas/hora) e *Apis mellifera* na Paraíba. O alto valor mínimo de freqüência relativa de *P. lineata* não influenciou no seu índice ERTP, pois essa espécie não é polinizadora de *G. barbadense*. Já os índices da *Apis mellifera* no Distrito Federal e na Paraíba mostram o efeito da freqüência relativa da espécie no valor do ERTP e conseqüentemente nas chances de fluxo gênico.

Das treze espécies analisadas, seis apresentaram ERTP diferente de zero e podem ser agentes potenciais de transporte de pólen. No Distrito Federal a espécie com maior potencial para

transporte de pólen entre os algodoeiros foi *Melissodes nigroaenea* e das espécies analisadas da Paraíba foi *Apis mellifera*. Comparando o valor de referência hipotético de *Apis mellifera* (ERTP = 100) com as demais espécies, verificamos que ele é muito superior, indicando uma baixa chance de transporte de pólen entre os dois algodoeiros através das espécies deste levantamento, nas condições do presente estudo.

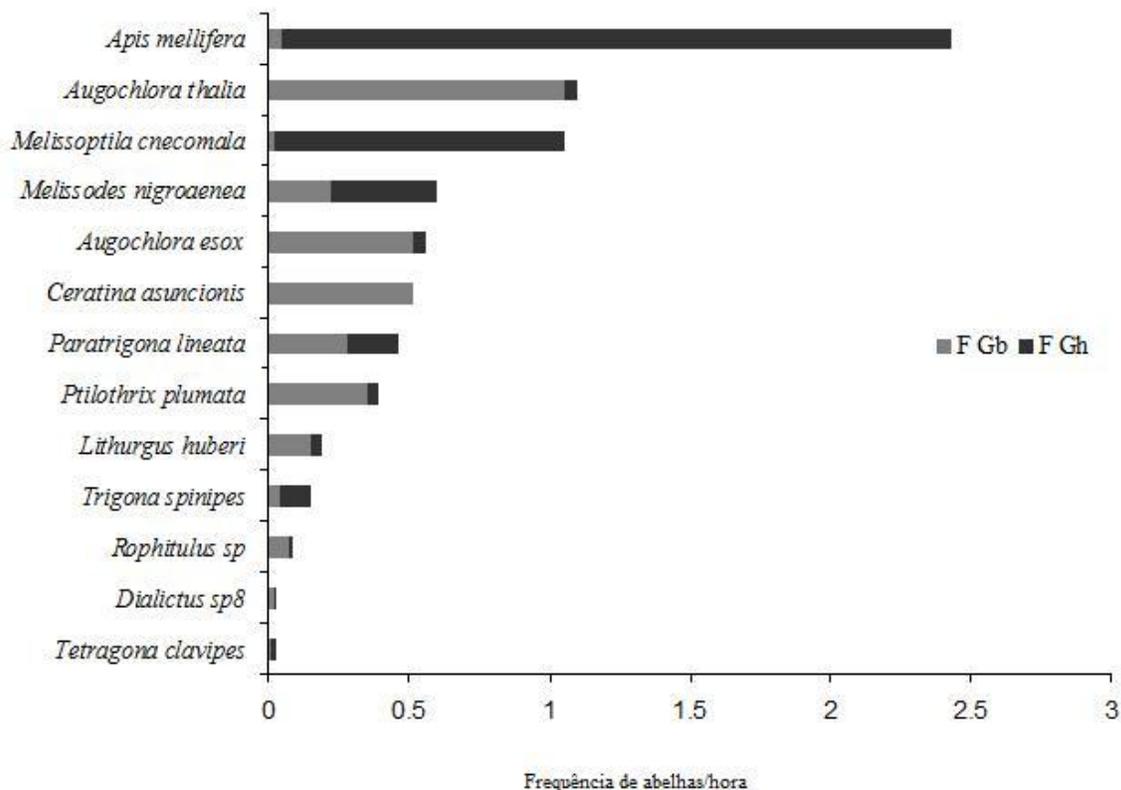


Figura 4: Frequência de abelhas em *G. barbadense* (F. Gb) e em *G. hirsutum latifolium* Delta Opal (FGh). As frequências em *G. hirsutum latifolium* Delta Opal foram calculadas a partir dos dados de Cardoso (2008) coletados no Distrito Federal em 2005 e 2006.

DISCUSSÃO

VISITANTES FLORAIS

O levantamento dos visitantes florais de *G. barbadense* no Distrito Federal contribuiu para o aumento do total de espécies de abelhas visitantes florais conhecidas neste algodoeiro no Brasil (PIRES et al., 2006), sendo que, de 55 espécies, 21 foram registradas somente neste levantamento. Entretanto, devido ao menor esforço de coleta em *G. barbadense* em nível nacional, sua riqueza é muito menor do que a conhecida em *G. hirsutum* (SANCHEZ JUNIOR e MALERBO-Souza, 2004; MELO e ZANELLA, 2005; PIRES et al., 2006; SILVA, 2007; CARDOSO, 2008).

No Distrito Federal, no entanto, a riqueza de visitantes florais nos dois algodoiros foi semelhante (PIRES et al., 2006; CARDOSO 2008; dados do presente trabalho), sendo a diversidade maior em *G. barbadense*, devido à menor diferença entre a abundância das espécies mais comuns e as das espécies raras. Por outro lado, a frequência relativa das espécies mais comuns em *G. barbadense* no Distrito Federal foi muito inferior às frequências das espécies mais comuns em *G. hirsutum* e em *G. barbadense* na Paraíba (PIRES et al., 2006; CARDOSO, 2008).

O total de abelhas coletado por hora em *G. barbadense* no Distrito Federal (4,2 abelhas/hora) foi próximo da média de *G. hirsutum* (4,85 abelhas/hora) (PIRES et al., 2006), mas muito inferior à frequência relativa obtida para *G. barbadense* na Paraíba (19,5 abelhas/hora) (PIRES et al., 2006). Com isso, podemos supor que a causa da baixa frequência relativa das espécies em *G. barbadense* no Distrito Federal pode também estar relacionada a fatores regionais, além de possíveis características biológicas da planta que poderiam torná-la menos atrativa para as abelhas (ERICKSON, 1983; LOPER e DAVIS, 1985). A menor abundância de abelhas no Distrito Federal pode estar relacionada, por exemplo, com a paisagem que circunda os algodoiros. Como as propriedades estão próximas de áreas de pastagens e monoculturas, há pouca vegetação natural e, conseqüentemente, pouca oferta de substratos de nidificação e recursos alimentares para as espécies.

Na Paraíba, espécies de *Ceratina* apresentaram as maiores frequências relativas (PIRES et al., 2006) e, neste trabalho, *Ceratina* cfr. *asuncionis* foi a terceira espécie mais comum em *G. barbadense*. Foi observado, que os algodoiros além servirem como fonte de alimento também podem ser utilizados por espécies de *Ceratina* como substrato de nidificação (dados do presente trabalho). Elas não escavam orifícios de entrada, mas utilizam o interior do caule das plantas para nidificar (SAKAGAMI e LAROCCA, 1971). As podas que os proprietários rurais realizam nos algodoiros pode ser uma prática importante, pois ao fazê-lo, o interior dos caules fica exposto, o que facilita a nidificação por essas espécies.

Adaptações morfológicas dos visitantes florais que facilitem a coleta de alimento podem contribuir para o aumento de suas frequências nas flores. Um dos grupos mais abundantes nas flores de *G. barbadense*, as espécies de Emphorini, é aparentemente adaptado à coleta de pólen de Malvaceae (LINSLEY et al., 1958; SCHLINDWEIN e MARTINS, 2000) e há espécies, como *P. plumata*, consideradas polinizadoras efetivas de espécies de Malvaceae (SCHLINDWEIN e MARTINS, 2000). Além das fêmeas utilizarem os algodoiros para a coleta de pólen, seus machos também podem dormir na flor e utilizar as flores como local de encontro para cópula (LINSLEY et al., 1958). A presença constante de espécies como *P.*

plumata nas flores pode aumentar as chances das mesmas serem agentes de polinização em *G. barbadense*.

POLINIZAÇÃO

Com os dados obtidos neste levantamento não pudemos afirmar quais são as espécies polinizadoras efetivas de *G. barbadense*, mas através dos dados de comportamento e frequência foi possível sugerir oito espécies potencialmente polinizadoras. Dessas oito espécies, três foram consideradas polinizadoras efetivas de *G. hirsutum* por outros autores, sendo elas, *Apis mellifera* (FREE, 1970; MCGREGOR, 1976; SANCHEZ JUNIOR e MALERBO-SOUZA, 2004; MELO e ZANELLA, 2005; SILVA, 2007; CARDOSO, 2008), *Melissoptila cnecomala* (CARDOSO, 2008) e *Melissodes nigroaenea* (CARDOSO, 2008). Entretanto, as duas primeiras espécies, devido à baixa frequência relativa em *G. barbadense*, apresentaram um menor potencial para polinização quando comparadas a *Melissodes nigroaenea*, na área de trabalho. Esta e outras duas espécies, *Augochlora thalia* e *Ptilothrix plumata*, foram as três espécies com maior potencial para polinização em *G. barbadense*. *Augochlora thalia* também visita outras espécies de Malvaceae para coleta de néctar e pólen (GAGLIONONE, 2000) e, como é freqüente nas flores praticamente durante todo o ano, pode ser uma espécie importante para a polinização deste algodoeiro.

É importante considerar que muitas espécies não tiveram seu comportamento estudado e, para outras, o número de observações foi pequeno, o que pode subestimar o número de espécies polinizadoras potenciais. Além disso, devido ao pequeno número de levantamentos realizados em *G. barbadense* (PIRES et al., 2006), é possível que outras espécies, inclusive de outros gêneros, não coletadas neste trabalho sejam polinizadores deste algodoeiro em outras regiões do Brasil.

ESPÉCIES COM POTENCIAL PARA FLUXO GÊNICO

No Distrito Federal, a espécie *Melissodes nigroaenea* apresentou as melhores condições, de acordo com os parâmetros utilizados no ERTF para realizar fluxo gênico do algodoeiro transgênico, pois foi considerada polinizadora eficiente de *G. hirsutum* e *G. barbadense* (CARDOSO, 2008; dados deste trabalho), possui raio de vôo maior que um quilômetro e, entre as espécies observadas neste estudo, apresentou a maior frequência mínima nos algodoeiros. Para que ela e outras espécies silvestres, como *Lithurgus huberi* e *Ptilothrix plumata*, promovam o fluxo gênico entre o algodoeiro transgênico e *G. barbadense*, basta que essas plantas sejam encontradas, juntamente com vegetação nativa (fonte de alimento e de substrato para nidificação) dentro do raio de voo dessas espécies. Para *Apis mellifera*, a

situação é mais simples, já que ela é capaz de nidificar em substratos artificiais e obter alimento em fontes artificiais, encontrados até em cidades (BAUM et al., 2008 e autores citados por ele).

Sabe-se que *Apis mellifera* é capaz de explorar uma área de raio de cerca de 4 a 6 km, em períodos de relativa escassez de alimento (SEELEY, 1985), com um registro excepcional de uma operária encontrada a mais de 10 km de sua colônia (VISSCHER citado por SEELEY, 1985). Portanto, até uma distância de cerca de 6 km, haveria, ainda, uma chance razoável de fluxo gênico mediado por *Apis mellifera* do algodão *Bt* para o *G. barbadense*, em períodos de escassez de alimento. Da mesma forma, é possível que as demais espécies também explorem uma área maior que a estimada aqui, em condições específicas, aumentando, assim, o risco de carregarem pólen transgênico para *G. barbadense*.

Portanto, a proposição de distâncias mínimas entre plantios de algodão transgênico e plantas ou plantios de *G. barbadense* e outras espécies/variedades de algodão é uma alternativa para a contenção de fluxo gênico entre elas. Essas distâncias mínimas, no entanto, podem variar dependendo da fauna de polinizadores do local. No Distrito Federal, por exemplo, a distância de vôo de *Melissodes nigroaenea* pode ser utilizada como referência, já na Paraíba, pode-se utilizar o raio de vôo da *Apis mellifera*. Em outros locais, onde não há levantamentos, outras espécies podem ser potencialmente carreadoras de pólen e apresentar maior potencial de vôo que as espécies coletadas neste levantamento. Este seria o caso das espécies do gênero *Centris* e *Xylocopa* que já foram coletadas em *G. hirsutum* (PIRES et al., 2006). Considerando essa variação na composição da fauna de polinizadores entre as diferentes regiões de plantio, são necessários estudos regionais para a proposição de distâncias mais adequadas para cada situação.

Outro fator a ser considerado na proposição de medidas de contenção do fluxo seria a abundância de cada espécie presente, pois dependendo da frequência de uma determinada espécie nos algodoeiros ela pode ter uma maior ou menor chance de realizar fluxo gênico. No Distrito Federal, a frequência de *Apis mellifera* em *G. barbadense* foi menor que na Paraíba (este estudo, PIRES et al., 2006). No estado do Mato Grosso, a frequência desta espécie em *G. hirsutum* variou mais de 2500% de local para local (PIRES et al., 2006). Segundo a literatura (MOFFET et al., 1975; ESIKOWITCH e LOPER, 1984; LOPER e DE GRANDI-HOFFMAN, 1994), a variação na abundância de *A. mellifera* nas flores dos algodoeiros é influenciada pela presença de outras espécies vegetais que podem oferecer recursos mais atrativos.

A baixa frequência de *Apis mellifera* nas flores de *G. barbadense* já havia sido observada por McGregor, 1976 e Loper e Davis (1985). Os principais fatores que tornam as flores de *G. barbadense* pouco atrativas são a pequena oferta diária de flores, o néctar pouco concentrado,

a presença de altos níveis de gossipol (substância repelente e tóxica para insetos) e a baixa quantidade de sacarose no néctar floral (MCGREGOR, 1976; ERICKSON, 1983; LOPER e DAVIS, 1985). Entretanto, esse fato não é suficiente para descartar a possibilidade dessa espécie realizar fluxo gênico de *G. hirsutum* para *G. barbadense* pois, assim como sua frequência variou em *G. hirsutum*, ela pode ser variar em *G. barbadense*. Em áreas com pouca oferta de alimento, onde indivíduos de *G. barbadense* e *G. hirsutum* estejam próximos, operárias de *Apis mellifera* terão condições para realizar fluxo gênico entre os algodoeiros. A proximidade de áreas de vegetação nativa em relação aos campos cultivados favorece a maior riqueza e abundância dos polinizadores nas flores (DE MARCO JUNIOR E COELHO, 2004; RICKETTS et al., 2008). Nos algodoeiros, esse fato foi observado por Freire (citado por BARROSO e FREIRE, 2003). Na avaliação do fluxo gênico do algodoeiro transgênico sobre o algodoeiro convencional, esse autor verificou que as maiores taxas foram obtidas em áreas mais próximas de vegetação nativa, de onde partem os polinizadores. Se considerarmos que as áreas de produção da região Nordeste são menores e mais próximas de áreas com vegetação natural (FONTES et al., 2006), pode ser que as chances de fluxo gênico mediado pelas abelhas naquela região seja maior que no Distrito Federal e outras regiões do Centro Oeste. Devido a grande variação regional que pode existir na composição de espécies potencialmente carreadoras de pólen do algodoeiro cultivado para *G. barbadense*, não é possível fazer generalizações sobre a distância mínima a ser resguardada entre esses algodoeiros no Brasil. Entretanto, pode-se sugerir que ela será, sempre, no mínimo maior que o raio de vôo de *Apis mellifera* (6 km), considerando que essa espécie ocorre em todas as regiões do Brasil e esteve presente em *G. hirsutum* em várias delas (SANCHEZ JUNIOR e MALERBO-SOUZA, 2004; MELO e ZANELLA, 2005; PIRES et al., 2006; SILVA, 2007). Por isto, a criação de *A. mellifera* nas proximidades dos plantios transgênicos deve ser evitada.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos a todos os produtores rurais por nos permitir as coletas em suas propriedades, em especial, à Sra. Nilda e Sr. Joaquim (proprietários do sítio no Cariru) e Sr. Alcino e família (proprietários do sítio no Capão Seco). Ao CNPq pelas bolsas concedidas e a Finep pelo apoio financeiro. Agradecemos também a todos do Cenargen, em especial a equipe do Laboratório de Ecologia, Semioquímicos e Biossegurança, que nos auxiliaram no trabalho de campo e laboratório.

Conclusão

- A riqueza total de abelhas visitantes florais de *G. barbadense* neste trabalho foi de 36 espécies, com representantes de todas as famílias presentes no Brasil, sendo mais representativas as famílias Apidae e Halictidae. As três espécies mais abundantes foram *Augochlora thalia*, *Augochlora esox* e *Ceratina cfr. asuncionis*.
- As espécies consideradas polinizadoras potenciais de *G. barbadense* foram: *Augochlora thalia*, *Melissodes nigroaenea*, *Ptilothix plumata*, *Lithurgus huberi*, *Apis mellifera*, *Melissoptila cnecomala*, *Augochlora esox* e *Ceratina cfr. asuncionis*, apresentando as três primeiras um maior potencial para promover polinização.
- Através do índice de eficiência relativa de transporte de pólen verificou-se que há chances pequenas de ocorrência de fluxo gênico de *G. hirsutum* para *G. barbadense* no Distrito Federal mediado principalmente pelas espécies, *Melissodes nigroaenea*, *Apis mellifera*, *Ptilothix plumata* e *Lithurgus huberi*.

Referências

BARROSO, P. A. V.; FREIRE, E. C. Fluxo gênico em algodão no Brasil. In: PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. (Ed.). **Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas: o algodão resistente a insetos como estudo de caso**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: CMPq, 2003. p. 163-193.

BAUM, K. A.; TCHAKERIAN, M. D.; THOENES, S. C.; COULSON, R. N. Africanized honey bees in urban environments: a spatio-temporal analysis. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 85, p. 123–132, 2008.

CARDOSO, C. F. **Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nas flores do algodoeiro (*Gossypium hirsutum latifolium* cv. Delta Opal – Malvaceae) no Distrito Federal: contribuição aos estudos de biossegurança, no contexto da introdução de variedades transgênicas no Brasil**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DANKA, R. G. High levels of cotton pollen collection observed for honey bees (Hymenoptera: Apidae) in South-Central Louisiana. **Journal of Entomological Science**, Tifton, US, v. 40, n. 3, p. 316-325, 2005.

DE MARCO JUNIOR, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, London, GB, v. 13, p. 1245-1255, 2004.

EISIKOWITCH, D.; LOPER, G. M. Some aspects of flowers biology and bee activity on hybrid cotton in Arizona, USA. **Journal of Apicultural Research**, London, GB, v. 23, n. 4, p. 243-248, 1984.

ERICKSON, E. H. Pollination of entomophilous hybrid seed parents. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. **Handbook of experimental pollination biology**. New York: S & AE Scientific and Academic Editions Division of Van Nostrand Reinhold Company, 1983. p. 493-535.

FONTES, E. M. G.; RAMALHO, F. S.; UNDERWOOD, E.; BARROSO, P. A. V.; SIMON, M. F.; SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; BELTRÃO, N.; LUCENA, W. A.; FREIRE, E. C. The cotton agricultural context in Brazil. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G.; KAPUSCINSKI, A. R.; SCHEI, P. J. (Ed.). **Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006. p. 21-66. (Environmental risk assessment of genetically modified organisms series, 2).

FREE, J. R. **Insect pollination of crops**. London, GB: Academic Press, 1970. 544 p.

FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado**. Campina Grande, PB: Embrapa-CNPA, 1998. 29 p. (Embrapa-CNPA. Documentos, 57).

FREIRE, E. C. **Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil**. Campina Grande, PB: Embrapa-CNPA, 2000. 22 p. (Embrapa-CNPA. Documentos, 78).

FRYXELL, P. A.; CRAVEN, L. A.; STEWART, J. M. A revision of *Gossypium* sect. Grandicalix (Malvaceae), including the description of six new species. **Systematic Botany**, Tallahassee, US, v. 17, n. 1, p. 91-114, 1992.

GAGLIANONE, M. C. Biologia floral de espécies simpátricas de Malvaceae e suas abelhas visitantes. **Biociências**, Porto Alegre, RG, v. 8, n. 1, p. 13-31, 2000.

GREENLEAF, S. S.; WILLIAMS, N. M.; WINFREE, R.; KREMEN, C. Bee foraging ranges and their relationship to body size. **Oecologia**, Berlin, v. 157, p. 589-596, 2007.

HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G.; KAPUSCINSKI, A. R.; SCHEI, P. J. (Ed.). **Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006. 373 p. (Environmental risk assessment of genetically modified organisms series, 2).

JOHNSTON, J. A.; MALLORY-SMITH, C.; BRUBAKER, C. L.; GANDARA, F.; ARAGÃO, F. J. L.; BARROSO, P. A. V.; QUANG, V. D.; CARVALHO, L. P.; KAGEYAMA, P.; CIAMPI, M. F.; CIRINO, V.; FREIRE, E. Assessing gene flow from Bt cotton in Brazil and its possible consequences. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G.; KAPUSCINSKI, A. R.; SCHEI, P. J. (Ed.). **Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006. p. 261-299. (Environmental risk assessment of genetically modified organisms series, 2).

KAREIVA, P.; MORRIS, W.; JACOBI, C. M. Studying and managing the risk of cross-fertilization between transgenic crops and wild relatives. **Molecular Ecology**, Oxford, GB, v. 3, p. 15-21, 1994.

LINSLEY, E. G. The ecology of solitary bees. **Hilgardia**, Berkeley, US, v. 27, n. 19, p. 543-599, 1958.

LOPER, G. M.; DE GRANDI-HOFFMAN, G. Does in-hive pollen transfer by honey-bees contribute to cross-pollination and seed set in hibrid cotton. **Apidologie**, Versailles, FR, v. 25, n. 1, p. 94-102, 1994.

LOPER, G. M.; OLVEY, J.; BERDEL, R. L. Concentration of the systematic gametocide, TD-1123, in cotton nectar, and honeybee response. **Crop Science**, Madison, US, v. 27, p. 558-561, 1987.

LOPER, G. M.; DAVIS, D. D. Disparity of cotton pollen dispersal by honey bees visiting upland and pima pollen parents. **Crop Science**, Madison, US, v. 25, p. 585-589, 1985.

MAMOOD, A. N.; WALLER, G. D.; HAGLER, J. R. Dispersal of upland and pima cotton pollen by honey bees (Hymenoptera: Apidae) visiting upland male-sterile flowers. **Environmental Entomology**, College Park, US, v. 19, n. 4, p. 1034-1036, 1990.

MCGREGOR, S. E. Cotton-flower visitation and pollen distribution by honey bees. **Science**, Washington, US, v. 129, n. 3341. p. 97-98, 1959.

MCGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: ARS, 1976. (USDA. Agriculture Handbook, 496).

MELO, R. R.; ZANELLA, F. C. V. Avaliação do papel das abelhas na polinização do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no semi-árido nordestino. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: PIBIC/CNPq/UFCG, 2005.

MOFFET, J. O.; STITH, L. S.; BURKHART, C. C.; SHIPMAN, C. W. Honey bee visits to cotton flowers. **Environmental Entomology**, College Park, US, v. 4, n. 2, p. 203-206, 1975.

PIRES, C.; SILVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, G. M.; CARDOSO, C. F.; PEREIRA, F. F. O.; SOUZA, V. V.; NAKASU, E. Y. T.; PAES, J. S. O.; TELES, E.; SILVIE, P.; RODRIGUES, S.; MIRANDA, J.; SCOMPARINI, A.; BASTOS, C.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, J. B.; BARROSO, P. A. V.; SUJII, E.; FONTES, E. **Visitantes florais em espécies cultivadas e não cultivadas de algodoeiro (*Gossypium* spp.), em diferentes regiões do Brasil.** Brasília, DF, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 148).

QUEIROGA, V. P.; MENEZES NETO, J.; MATOS, V. P. Determinação da taxa de dispersão do pólen, em algodoeiro arbóreo, com uso do azul de metileno. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 40, n. 230, p. 413-417, 1993.

RHODES, J. Cotton pollination by honey bees. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 42, p. 513-518, 2002.

RICKETTS, T.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIM, L. A.; OCHIENG, A.; VIANA, B. F. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, 499-515, 2008.

SAKAGAMI, S. F.; LAROCCA, S. Observations on the bionomics of some neotropical Xylocopine bees, with comparative and biofaunistics notes (Hymenoptera, Anthophoridae). **Journal of the Faculty Science Hokkaido University: Ser. VI, Zoology**, Sapporo, JP, v. 18, n. 1, p. 57-127, 1971.

SANCHEZ JUNIOR, J. L. B.; MALERBO-SOUZA, D. T. Frequência de insetos na polinização e produção de algodão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 461-465, 2004.

SCHLINDWEIN, C.; MARTINS, C. F. Competition between the oligolectic bee *Ptilothrix plumata* (Anthophoridae) and the flower closing beetle *Pristimerus calcaratus* (Curculionidae) for floral resources of *Pavonia cancellata* (Malvaceae). **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 224, p. 183-194, 2000.

SEELEY, T. D. **Honeybee ecology: a study of adaptation in social life.** Princeton: Princeton University Press, 1985. 201p. (Monographs in Behavior and Ecology).

SILVA, E. M. S. **Abelhas visitantes florais dos algodoeiros (*Gossypium hirsutum*) em Quixeramobim e Quixeré, estado do Ceará, e seus efeitos na qualidade da fibra e semente.** 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVEIRA, F. A. As abelhas e o algodão Bt no Brasil: uma avaliação preliminar. In: PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. (Ed.). **Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas: o algodão resistente a insetos como estudo de caso.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 195-215p.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B.; ZAGONEL, F. S.. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação.** Belo Horizonte, 2002. 235 p.

SILVEIRA, F. A.; GODÍNEZ, L. M. Systematic surveys of local bee faunas. **Melissa**, n. 9, p. 1-4, 1996.

SILVEIRA, F. A.; ROCHA, L. B.; CURE, J. R.; OLIVEIRA, M. J. F. Abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Zona da Mata de Minas Gerais. II. Diversidade, abundância e

fontes de alimento em uma pastagem abandonada em Ponte Nova. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 595-610, 1993.

SOUZA, V. V. **Distribuição geográfica de variedades do gênero *Gossypium* L. no Distrito Federal**: um estudo de biogeografia sob uma abordagem sócio-ambiental. 2006. 43 p. Monografia - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

STEPHENS, S. G. Geographical distribution of cultivated cottons relative to probable centers of domestication in the new world. In: SRB, A. M. (Org.). **Genes, enzymes and population**. New York: Plenum Press, 1973. p. 239-254.

WALLER, G. D. Hybrid cotton pollination. **American Bee Journal**, Hamilton, IL, August, p. 555-560, 1982.

WALLER, G. D.; MOFFET, J. O.; LOPER, G. M.; MARTIN, J. H. An evaluation of honey bee foraging activity and pollination efficacy for male-sterile cotton. **Crop Science**, Madison, US, v. 25, p. 211-214, 1985.

WALLER, G. D.; WILSON, F. D.; MARTIN, J. H. Influence of phenotype, season, and time-of-day on nectar production in cotton. **Crop Science**, Madison, US, v. 21, p. 507-511, 1981.