



Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais



**POLINIZADORES POTENCIAIS DE *Lycopersicon esculentum*
MILL. (SOLANACEAE) EM ÁREAS DE CULTIVO ABERTO**

Alexandre Oliveira Resende Santos

2013

Alexandre Oliveira Resende Santos

**POLINIZADORES POTENCIAIS DE *Lycopersicon esculentum*
MILL. (SOLANACEAE) EM ÁREAS DE CULTIVO ABERTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora

Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira

UBERLÂNDIA

Fevereiro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S237p Santos, Alexandre OliveiraResende, 1988-
2013 Polinizadores potenciais de *Lycopersicon esculentum* mill.
(Solanaceae) em áreas de cultivo aberto / Alexandre Oliveira Re-
sende Santos. -- 2013.
21 f. : il.

Orientadora: Fernanda Helena Nogueira Ferreira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Re-
cursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Polinizadores - Teses. 3. Tomate - Cul-
tivo - Teses. I. Ferreira, Fernanda Helena Nogueira. II. Universi-
dade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Eco-
logia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Alexandre Oliveira Resende Santos

**POLINIZADORES POTENCIAIS DE *Lycopersicon esculentum*
MILL. (SOLANACEAE) EM ÁREAS DE CULTIVO ABERTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2013.

Profa. Dra. Maria José de Oliveira Campos – UNESP

Prof. Dra. Marcela Yamamoto – UEG/UnU Quirinópolis

Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira – UFU (Orientadora)

**UBERLÂNDIA
Fevereiro – 2013**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, pela possibilidade de realizar este trabalho e pelo crescimento adquirido através do mesmo.

À minha família, que sempre me incentivou a seguir com meus estudos, permitindo que eu chegassem até aqui.

À professora Fernanda Helena Nogueira Ferreira que sempre acreditou no meu potencial e me ajudou a superar as dificuldades que apareceram em meu caminho. Carregarei para sempre seus ensinamentos que ultrapassaram a barreira acadêmica. Obrigado pela amizade e confiança.

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA): Bruno, Eliza, Solange, Laíce, Isabel, Giselle, Jaqueline, Camila, Ana Luísa, Thiago Henrique, Arthur. Mesmo que não tenham contribuído diretamente com este trabalho os bons momentos que passei ao lado de vocês foram suficientes para me incentivar. Novamente agradeço a Isabel e Jaqueline pela ajuda com os campos, e em especial ao Bruno, pela amizade e companheirismo e pela ajuda mais do que essencial nas coletas dos espécimes e nos experimentos realizados. Sem a ajuda de vocês este trabalho não existiria.

Aos colegas da 14^a Turma de Mestrado que sempre deram apoio uns aos outros ao longo desses dois anos. A amizade e companheirismo de vocês me deram forças para concluir este trabalho.

Aos meus amigos do longínquo colegial Edgard, Breno e Pedro Ivo, companheiros que perduraram através dos anos e sempre estiveram ao meu lado.

À Laíce, que além de namorada, é uma grande amiga e companheira. Sem o seu apoio em todas as vezes que desanimei ao longo desses anos, eu não conseguiria concluir mais esta etapa. Obrigado pela paciência e incentivo. Você foi essencial.

Ao produtor Edson e ao administrador das plantações Alcimar pela permissão e assistência na realização o trabalho.

Ao Professor Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira e à Professora Marcela Yamamoto pelas instruções e sugestões dadas e pelos recursos cedidos ao longo de toda a realização do trabalho.

Ao professor Gabriel Augusto Rodrigues de Melo pela identificação dos espécimes coletados.

À Universidade Federal de Uberlândia e a todos os professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais que possibilitaram uma formação sólida em meu mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Finalmente, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse concluído.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Lista de figuras	vii
Lista de tabelas	vii
Resumo.....	viii
Abstract	ix
Introdução.....	1
Material e Métodos.....	3
Resultados	6
Discussão.....	11
Referências Bibliográficas	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Curva de acumulação de espécies representando o número cumulativo de espécies de abelhas em função do número de coletas realizadas nas áreas de cultivo aberto de tomate.

Figura 2 Comportamento de coleta de pólen *Exomalopsis analis* em visita às flores do tomateiro.

Figura 3 Orifícios encontrados na superfície dos estames das flores do tomateiro, causado por *Paratrigona lineata* (A) e por abelhas que se agarram ao estame para realizar o *buzz pollination* (B).

Figura 4 Frequência de frutos formados e abortados nos tratamentos de polinização realizados na Fazenda Estiva (Araguari, MG).

Figura 5 Correlação entre o número de sementes e massa dos frutos coletados na Fazenda Estiva (Araguari, MG), nos tratamentos de polinização.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Espécies, abundância e comportamento de visita das abelhas coletadas em áreas de cultivo aberto de tomate na região de Araguari (MG).

RESUMO

Santos, A. O. R. Polinizadores potenciais de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) em áreas de cultivo aberto. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 20 p.

Em áreas de cultivo abertas, o incremento da produção agrícola pode ser obtido pela presença de polinizadores naturais. Para identificar os possíveis polinizadores do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), foi realizado um levantamento da comunidade de abelhas visitantes e a observação de seu comportamento nas flores. Para isso, três áreas de cultivo comercial de tomate localizadas em Araguari (MG) e Estrela do Sul (MG) foram amostradas entre março e novembro de 2012. Foram coletados 185 indivíduos pertencentes a 13 espécies de abelhas. *Exomalopsis analis* foi a espécie mais abundante, seguida por *Apis mellifera* e *Paratrigona lineata*. Dez espécies realizaram o comportamento de *buzz pollination*, importante para a polinização do tomateiro, sendo que *E. analis* e *Melipona quinquefasciata* destacam-se por serem as mais abundantes. *Apis mellifera*, *Paratrigona lineata*, apesar de não realizarem *buzz pollination*, também poderiam colaborar para a polinização cruzada. Entretanto, *P. lineata* também apresentou um comportamento pilhador. Para verificar o efeito da visitação de *E. analis* na qualidade física dos frutos formados, foi realizado um experimento de polinização controlada (autopolinização e polinização por *E. analis*). Uma maior taxa de formação de frutos foi encontrada para o tratamento de polinização por *E. analis*. A massa, o índice de arredondamento e a concentração de açúcar do fruto não diferiram significativamente entre os tratamentos. Entretanto, o número de sementes foi maior em frutos visitados por abelhas e apresentou uma correlação positiva com a massa do fruto. Assim, conclui-se que *E. analis* é a potencial polinizadora do tomateiro em campo aberto nas áreas estudadas. No entanto, ainda é necessário conhecer melhor aspectos da sua biologia a fim de utilizá-la de forma eficiente em programas de polinização do tomateiro.

Palavras-chave: Tomate, *Exomalopsis analis*, Cerrado, *buzz pollination*, comportamento

ABSTRACT

Santos, A. O. R. Pollinators of *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) in open field. MSc. thesis in Ecology and Conservation of Natural Resources. UFU. Uberlândia-MG. 20 p.

In open cultivated areas, the increased agricultural production can be achieved by the presence of natural pollinators. In this study, to identify potential pollinators of tomato (*Lycopersicon esculentum*) the bee community and their visiting behavior on the flowers were evaluated. For this, three areas of commercial cultivation of tomatoes situated in Araguari (MG) and Estrela do Sul (MG) were sampled between March and November 2012. We collected 185 bees belonging to 13 species. *Exomalopsis analis* was the most abundant species followed by *Apis mellifera* and *Paratrigona lineata*. Ten species performed the buzz pollination, an important behavior for tomato pollination. Of these, we highlight *E. analis* and *Melipona quinquefasciata* for being the most abundant. *Apis mellifera* and *P. lineata* could also be acting as pollinators, because they transported pollen between flowers. However, *P. lineata* also acted as a pollen robber, a characteristic that prevents it from being used for tomato pollination. We also conducted a controlled pollination experiment (autopolination and pollination by *E. analis*) to evaluate the effect of bee's visitation in the physical quality of formed fruits. The fruit set in the pollination treatment by *E. analis* was a higher. The fruit mass, roundness and sugar concentration did not differ significantly among treatments. However, the number of seeds was higher in fruits visited by bees and presented a positive correlation with fruit weight. Thus, it appears that *E. analis* is the main pollinator of tomatoes in open field. However, it is still needed to understand more their biology and nesting habits in order to use it efficiently in crop pollination programs.

Key words: Tomato, *Exomalopsis analis*, Cerrado, buzz pollination, behavior

Introdução¹

A dependência natural do homem pelos serviços ecossistêmicos básicos torna indispensável a manutenção dos mesmos para sua sobrevivência. Atualmente, a sociedade tem percebido que estes serviços estão cada vez mais ameaçados pela falta de cuidado que o próprio homem tem demonstrado para com o ambiente em que está inserido. Nesse contexto, a polinização vem recebendo cada vez mais atenção, pois além de garantir a reprodução sexuada das plantas com flores, ela contribui para a integridade da maioria dos ecossistemas terrestres ao manter uma rede de interações entre animais e plantas (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

A polinização tornou-se relevante não só pelos benefícios ecológicos que proporciona, mas também pelo valor econômico agregado a ela. A produção de alimentos depende diretamente desse serviço e estimativas calculam que aproximadamente U\$200 bilhões são aplicados na agricultura global, ressaltando a importância da polinização e justificando a prioridade de conservação desse sistema (Kearns et al. 1998). Além disso, mesmo quando a polinização não é imprescindível para a produção agrícola, ela pode aumentar a quantidade e a qualidade das colheitas (Roubik 2002, De Marco e Coelho 2004).

É visível que os polinizadores têm um importante papel nesse cenário. Acredita-se que eles sejam responsáveis pela polinização de aproximadamente 90% das 250.000 espécies de angiospermas conhecidas atualmente (Kearns et al. 1998). Dentre os polinizadores, as abelhas destacam-se como o principal táxon (Delaplane e Mayer 2000), pois são consideradas as mais bem adaptadas na polinização das plantas com flores (Bawa 1990). São responsáveis também pela polinização de aproximadamente 73% das plantas cultivadas (FAO 2004) e, com isso, várias espécies de abelhas tem sido manejadas a fim de incrementar os serviços de polinização na agricultura.

Apis mellifera Linnaeus, 1758 é a mais utilizada na polinização de cultivos (Delaplane e Mayer 2000) pelo fato de apresentar hábito social (formando colônias populosas) e de ser facilmente manejada (Bosch e Kemp 2002). Outras espécies também são amplamente utilizadas com sucesso para essa finalidade, como é o exemplo das mamangavas (*Bombus* Latreille, 1802 e *Xylocopa* Latreille, 1802), das abelhas indígenas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836, *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier, 1836, *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811) e de várias espécies de abelhas solitárias (*Amegilla chlorocyanea*

¹ Normas Annals of the Entomological Society of America

Cockerell, 1914, *Megachile rotundata* Fabricius, 1787 e *Osmia lignaria* Say, 1837) (Hein 2009).

Vale ressaltar que mesmo com a introdução de polinizadores em áreas de cultivos, a polinização realizada por abelhas nativas ainda é a solução mais viável para o incremento da produção agrícola e estas são mais abundantes e diversas próximas a ambientes naturais (Klein et al. 2002a, Ricketts et al. 2008, Kremen et al. 2004). Nesse sentido, o reconhecimento da importância das espécies de abelhas nativas nos serviços de polinização constitui um incentivo para a realização de estudos a respeito dos impactos da utilização da paisagem sobre a estrutura da comunidade desses insetos e do aproveitamento dos mesmos para a polinização de cultivos agrícolas (Kremen et al. 2004, Klein et al. 2007).

A intensificação das atividades agrícolas e da fragmentação de habitat vem provocando diminuição da riqueza e da abundância das abelhas, pois eliminam as fontes de recursos necessários para sua manutenção, recursos estes presentes em áreas naturais (Kremen et al. 2004). Isso acaba ameaçando a produtividade, diversidade e estabilidade dos sistemas de produção através da desestabilização da comunidade de polinizadores (Ricketts et al. 2008), comprometendo a produção de alimentos e produtos relacionados (Buchmann e Nabhan 1996).

É possível observar a existência de uma estreita relação entre os serviços de polinização e os efeitos da alteração na paisagem. Desse modo, para garantir o sucesso de áreas de plantio que dependem desse serviço, devem ser garantidos a preservação e o manejo de áreas naturais para que a comunidade de polinizadores seja mantida e produção seja otimizada e a (Kremen et al. 2004). Em consórcio com essa prática, a introdução de polinizadores nas áreas de cultivo também se mostra uma alternativa viável para o aumento da produção (Vaissière et al. 2011). Nesse sentido, o estudo da introdução de diferentes polinizadores se faz necessário para encontrar alternativas eficientes para que o serviço de polinização seja garantido.

O Cerrado é o segundo maior bioma em extensão no Brasil e encontra-se atualmente em estado crítico de conservação tendo aproximadamente 80% de sua cobertura removida para o desenvolvimento de atividades agropecuárias (Myers et al. 2000). A região do Triângulo Mineiro, que está inserida neste bioma, é uma grande produtora agrícola e encontra-se atualmente impactada pelas atividades antrópicas (Lopes 2010). Muitos dos cultivos presentes nessa região são beneficiados pela presença de polinizadores, podendo produzir frutos maiores ou de melhor qualidade, como é o caso do café (Klein et al. 2002b),

da laranja (Malerbo-Souza et al. 2003), do maracujá (Yamamoto et al. 2010), da acerola (Vilhena et al. 2012) e do tomate (Del Sarto et al. 2005, Bispo dos Santos et al. 2009).

O tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) é uma das plantas olerícolas mais difundidas no mundo, sendo cultivada em praticamente todas as regiões do planeta sob diferentes sistemas de cultivo e diferentes níveis de manejo. Suas flores não produzem néctar e tem antera poricida, necessitando de vibração para a liberação do pólen (Buchmann 1983). Pode ser produzido tanto em áreas de cultivo abertas quanto em áreas de cultivo fechadas. Estima-se que a produção anual brasileira de tomate seja de três milhões de toneladas (FAOSTAT), dos quais de 77% seja para seu consumo in natura, sendo o restante utilizado para o processamento da polpa (SEADE 2003). Os principais estados brasileiros responsáveis por esta produção são Goiás, São Paulo e Minas Gerais, tendo como Araguari (MG) um importante polo de produção com uma safra aproximada de 37.825 toneladas (IBGE 2010). Apesar de ser uma planta autofértil, já foi comprovada a eficiência de espécies de abelhas sem ferrão na produção de frutos com melhores características comerciais (Cauich et al. 2004, Del Sarto et al. 2005, Campos 2008, Palma et al. 2008, Bispo dos Santos et al. 2009, Hikawa e Miyanaga 2009). Para obter pólen de flores que apresentam anteras poricidas, muitas espécies de abelhas vibram o seu corpo (King e Buchmann 2003). As abelhas dos gêneros *Bombus*, *Exomalopsis* e *Melipona* Illiger, 1806, por exemplo, apresentam esse comportamento (Roubik 1989b, Heard 1999) e essa característica as torna especialmente capacitadas para realizar a polinização do tomateiro.

Considerando a importância das abelhas como polinizadores, o potencial de manejo desses insetos e a necessidade de se conhecer a eficiência de polinização em plantios de tomate, o presente estudo teve como objetivos: (1) identificar as abelhas nativas visitantes florais e os polinizadores potenciais; (2) descrever o comportamento de forrageamento dessas abelhas nas flores; e (3) verificar se a visitação das abelhas ao tomateiro melhora a qualidade dos frutos.

Material e Métodos

Área de estudo. O estudo foi realizado em campos de cultivo comercial de tomate da variedade Forty, localizados no município de Araguari (MG) (Fazenda Estiva: 18°40'08"S/47°54' 53"O – 86 ha e Fazenda Quilombo: 18°44'49"S/47°59'36"O – 23 ha) e no distrito de São Félix da Estrela (MG) (18°38'18"S/47°35'29"O – 12 ha). As fazendas eram administradas por um único produtor e, dessa forma, eram semelhantes quanto às práticas de

plantio, aplicação de herbicidas/inseticidas e preparação do solo. Além disso, todas as elas estavam inseridas no bioma Cerrado, sendo amostradas sob as mesmas condições climáticas (dia ensolarado, com pouco vento e com temperaturas acima de 20°C).

Os tomateiros plantados nas áreas de cultivo provinham de sementes padronizadas fornecidas ao produtor por uma empresa especializada na produção das mesmas. Em relação ao entorno das plantações, todas se localizavam a uma distância de no mínimo 500m de áreas naturais.

O clima da região é quente, semi-úmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual está entre 23 e 25°C e o índice pluviométrico anual varia de 1160 a 1460 mm/ano (Alves e Rosa 2008).

Amostragem e observação do comportamento dos visitantes florais. Para realizar o levantamento da comunidade de abelhas visitantes do tomateiro, foram realizadas coletas quinzenais ao longo de todo o período de floração (aproximadamente dois meses) de cada campo de cultivo, entre março e novembro de 2012. Na fazenda Estiva foram amostrados dois campos de cultivo, sendo o primeiro entre maio e julho e o segundo de agosto a setembro. Na Fazenda Quilombo a amostragem foi realizada entre abril e maio e na Fazenda São Félix, entre março e abril. As abelhas foram coletadas com o auxílio de uma rede entomológica e, posteriormente, sacrificadas em câmara mortífera contendo acetato de etila.

Os campos de cultivo foram divididos em quatro quadrantes com tamanhos equivalentes, sendo cada um percorrido por dois coletores das 08h00 as 12h00. Foi realizado um sorteio para determinar qual o primeiro a ser percorrido. Seguindo em sentido horário, os quadrantes subsequentes foram percorridos até que os quatro fossem amostrados. Caminhando pelas ruas do plantio, cada quadrante era percorrido por uma hora, sendo 30 minutos destinados para a coleta de abelhas visitantes florais e 30 minutos para a observação direta, obtenção de fotografias e filmagem do comportamento das abelhas nas flores. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas com um termo-higrômetro antes do início de cada censo.

As abelhas coletadas foram devidamente alfinetadas, identificadas (Silveira et al. 2012) e depositadas na coleção do Museu de Biodiversidade do Cerrado (MBC), no Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Experimento de polinização. Para testar a eficiência das abelhas na polinização do tomateiro, entre setembro e novembro de 2012, foi realizado um experimento para comparar a qualidade dos frutos formados por flores visitadas por *Exomalopsis analis* e por flores

autopolinizadas, na área de cultivo da Fazenda Estiva, localizada em Araguari (MG). Para cada tratamento, foram selecionadas 25 flores na fase de pré-antese e isoladas individualmente com sacos de organza. Para garantir a padronização do estágio de desenvolvimento e facilitar o manuseio durante os experimentos, foram escolhidas flores com a cerca de um metro de altura do solo.

Para o tratamento de polinização por abelhas, assim que as flores entraram no período de antese, cada uma delas era desensacada para permitir a visitação de apenas uma abelha. Quando a visita ocorria, assim que a abelha deixava a flor, esta era novamente ensacada, e assim ficava até a formação do fruto. Para o tratamento de autopolinização, as flores em pré-antese foram ensacadas até a formação do fruto. Dessa maneira, apenas o vento seria o responsável pela polinização.

Nos dois tratamentos, assim que os frutos começaram a exibir a cor vermelha (aproximadamente 50 dias depois do ensacamento das flores), eles foram colhidos. A qualidade de cada fruto foi avaliada através dos seguintes parâmetros: razão entre o diâmetro e a altura (índice de arredondamento, Del Sarto et al. 2005), mensurados por meio de um paquímetro digital; massa, mediante a utilização de uma balança digital; número de sementes, contadas de forma direta e concentração de açúcares totais ($^{\circ}$ Brix), por meio de um refratômetro portátil, após a retirada das sementes e a Trituração do restante do fruto, com o auxílio de um processador de alimentos doméstico.

Análises Estatísticas. Para avaliar a suficiência amostral, o cálculo do estimador de riqueza Jackknife1 foi realizado por meio do programa Estimates 8.2 (Colwell 2006). Esse estimador foi selecionado com base na maior precisão do mesmo em relação aos outros (Palmer 1990, Krebs 1999).

Para verificar se o número de frutos formados difere entre os tratamentos realizados, foi utilizado um teste de Chi-quadrado (Zar 2010). Para verificar se a qualidade dos frutos depende da polinização adicional efetuada pelas abelhas, foi realizado um teste t (Zar 2010) para o massa dos frutos, o índice de arredondamento e o número de sementes e o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Zar 2010) para a concentração de açúcares totais. Foi realizada também uma correlação de Pearson (Zar 2010) entre o número de sementes e o massa dos frutos.

Resultados

Foram coletadas 185 abelhas pertencentes a três famílias e 13 espécies (Tabela 1), com um esforço total de 48h de coleta (Fazenda Estiva campo 1 x horas e campo 2 X horas, Fazenda Quilombo, x horas e São Félix, x horas). A subfamília Apinae foi a mais diversa e abundante. A espécie mais abundante foi *Exomalopsis analis* (37%) seguida por *Apis mellifera* (16%), *Paratrigona lineata* (14%) e *Melipona quinquefasciata* (12%). As outras espécies representaram juntas os 21% restantes. *Exomalopsis analis*, *A. mellifera* e *Oxaea flavescens* foram as únicas espécies coletadas nas três áreas amostradas.

Tabela 1 Espécies, abundância e comportamento de visita das abelhas coletadas em áreas de cultivo aberto de tomate na região de Araguari (MG).

Espécies	FE	FQ	SF	TOTAL	Comportamento de visita
Andreninae					
<i>Acamptopoeum prinii</i> Holmberg, 1884	-	1	-	1	CNO
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	5	1	1	7	Buzz pollination
Apinae					
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	6	15	9	30	Buzz pollination
<i>Bombus morio</i> Swederus, 1787	1	-	3	4	Buzz pollination
<i>Centris aenea</i> Lepeletier, 1841	4	-	-	4	Buzz pollination
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	16	-	-	16	Buzz pollination
<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853	27	31	10	68	Buzz pollination
<i>Friesomellita</i> aff. <i>flavicornis</i> Fabricius, 1798	-	-	1	1	Raspagem das anteras
<i>Melipona quinquefasciata</i> Lepeletier, 1836	10	-	11	22	Buzz pollination
<i>Paratrigona lineata</i> Lepeletier, 1836	2	-	24	26	Pilhador/ Raspagem das anteras
<i>Xylocopa suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	1	-	1	2	Buzz pollination
Halictinae					
<i>Augochloropsis cupreola</i> Cockerell, 1900	1	-	-	1	Buzz pollination
<i>Pseudaugochlora graminea</i> Fabricius, 1804	1	-	-	1	Buzz pollination
TOTAL	74	48	63	185	-
Total de espécies	11	4	8	13	-

FE: Fazenda Estiva; FQ: Fazenda Quilombo; SF: São Felix; CNO: Comportamento não Observado.

A estimativa de riqueza sugere que 76,83% das espécies presentes nos cultivos de tomate foram amostradas e a curva de acumulação de espécies exibiu ausência de estabilização (Figura 1).

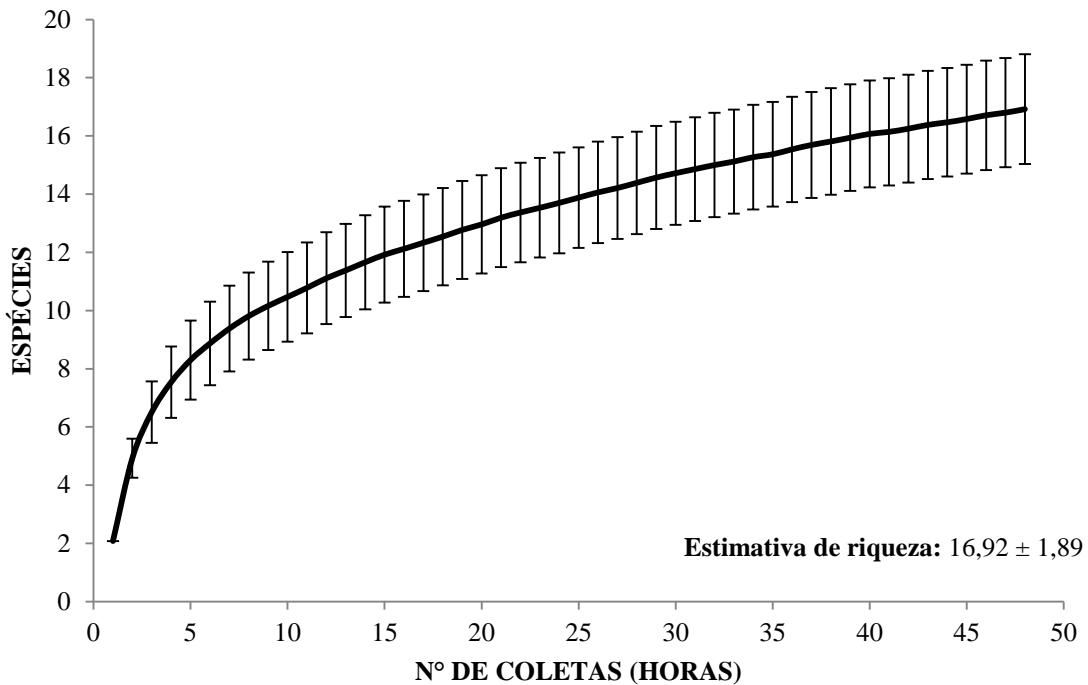


Figura 1 Curva de acumulação de espécies representando o número cumulativo de espécies de abelhas em função do número de coletas realizadas nas áreas de cultivo aberto de tomate

A maioria das espécies de abelhas que visitaram o tomateiro utilizaram da vibração corporal para obter o pólen das flores, ou seja, realizaram o *buzz pollination* (Tabela 1). *Exomalopsis analis*, a principal visitante do tomateiro no presente estudo, envolvia os estames apicalmente e lateralmente, girando o corpo e vibrando o tórax para retirar o pólen das anteras (Figura 2). O pólen ficava aderido no tórax e a abelha utilizava as pernas médias para transferi-lo para a escopeta. *Melipona quinquefasciata* desenvolveu um comportamento semelhante ao de *E. analis*, obtendo pólen ao vibrar as anteras apicalmente e transferindo o pólen que ficava aderido ao corpo para a corbícula com o auxílio das pernas médias.



Figura 2 Comportamento de coleta de pólen *Exomalopsis analis* em visita às flores do tomateiro

A. mellifera e *P. lineata* que também foram frequentes nas flores do tomateiro. Essas espécies não realizavam o *buzz pollination*, entretanto, raspavam o pólen dos estames, inserindo a glossa no orifício apical formado pelas anteras, o que resultava em grãos de pólen aderidos à cabeça da operária. Ao realizarem este comportamento, as operárias eventualmente tocavam o estigma da flor com a cabeça. Nesse sentido, estas duas espécies poderiam atuar como polinizadoras potenciais, proporcionando a polinização cruzada em visitas em flores subsequentes.

Nos plantios de tomate estudados, foi comum a ocorrência de flores que continham orifícios na superfície externa dos estames (Figura 3). Esses orifícios foram originados de duas maneiras distintas: (1) feitos por abelhas (como *Eulaema nigrita* e abelhas do gênero *Augochloropsis*) no momento em que se agarravam às flores para realizar o *buzz pollination* ou (2) resultantes de mordidas realizadas por *P. lineata* na parte superior das anteras em suas vistas às flores. Nesse caso, ao realizar esse comportamento, *P. lineata* pode ser considerada uma espécie pilhadora (Tabela 1), pois raspava o pólen que estava presente do lado externo dos estames. Em seguida, enquanto ainda estavam pousadas nas flores, essas abelhas raspavam o pólen das antenas e pernas e o transferiam para as corbículas.



Figura 3 Orifícios encontrados na superfície dos estames das flores do tomateiro, causados por *Paratrigona lineata* (A) e por outras espécies de abelhas que se agarram às anteras para realizar o *buzz pollination* (B)

Os frutos resultantes do tratamento de polinização por abelhas foram obtidos somente a partir da visitação de *Exomalopsis analis* ($N=21$), que foi a espécie de abelha mais abundante na área em que o experimento de polinização foi realizado. O número de frutos formados no tratamento de polinização por *E. analis* foi maior do que no tratamento de autopolinização ($X^2=9,206$, $GL=1$, $p=0,002$, Figura 4). Comparando-se os tratamentos realizados, não houve diferença em relação a massa dos frutos ($t=-1,585$, $GL=17,3$, $p=0,131$), o teor de açúcar ($U=111,500$, $p=0,710$) e o índice de arredondamento ($t=-1,295$, $GL=19,7$, $p=0,210$), apesar de um aumento na média da massa dos frutos (2,62%), no índice de arredondamento (3,14%) e no teor de açúcar (3,06%) ter sido observado. Já para o número de sementes, os frutos polinizados por abelhas apresentaram 29,46% mais sementes ($t=-2,512$, $GL=23,4$, $p=0,019$).

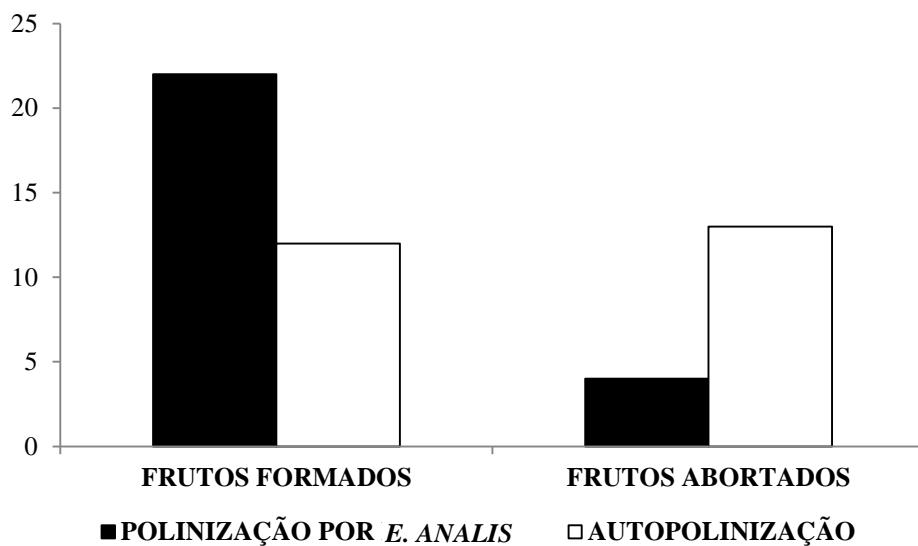


Figura 4 Frequência de frutos formados e abortados nos tratamentos de polinização realizados na Fazenda Estiva (Araguari, MG)

Após a avaliação dos frutos formados, verificou-se a existência de uma correlação significativa entre o número de sementes e o massa do fruto ($r=0,551$, $n=33$, $0,002 > p > 0,001$, Figura 5).

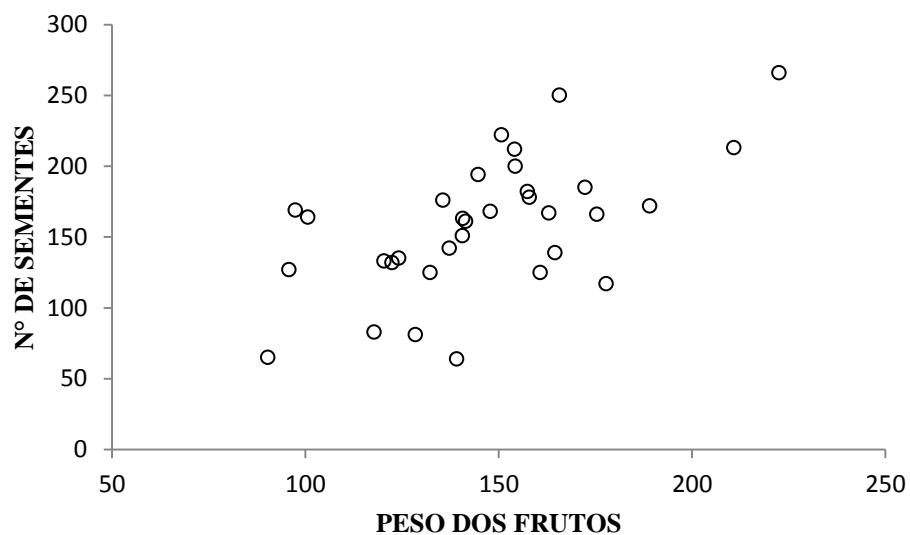


Figura 5 Correlação entre o número de sementes e massa dos frutos coletados na Fazenda Estiva (Araguari, MG)

Discussão

Os cultivos de tomate foram visitados por 13 espécies de abelhas, sendo a subfamília Apinae a mais diversa e abundante, padrão previamente esperado de acordo com estudos sobre diversidade de abelhas (Michener 2007). Apesar da abundância de abelhas encontrada neste estudo, mediante observações comportamentais associadas a experimentos de polinização, concluímos que nem todas as espécies podem ser consideradas polinizadoras potenciais.

A curva de acumulação de espécies indicou que mais espécies poderiam ter sido amostradas. Entretanto, a ausência de estabilização dessa curva pode ser explicada por dois fatores: (1) em inventários de insetos é comum que não se consiga amostrar todas as espécies presentes em uma área devido a alta diversidade que esse grupo apresenta (Gotelli e Colwell 2001; Brosi et al. 2007) e (2) o período de amostragem foi inferior a um ano. Em nosso estudo, não foi possível realizar a amostragem de um ano completo, pois o plantio do tomate nos campos de cultivo teve que ser atrasado devido ao intenso período de chuvas no fim de 2011 e início de 2012.

Exomalopsis analis, a espécie com o maior número de indivíduos na maioria das áreas estudadas, foi considerada o polinizador potencial do tomateiro dentre as abelhas amostradas. Em um estudo realizado no México o gênero *Exomalopsis* também foi o mais abundante em plantios de tomate (Macias-Macias et al. 2009). Estes resultados evidenciam a importância de *E. analis* para a polinização e corroboram a hipótese de que abelhas desse gênero são bons polinizadores do tomateiro em áreas abertas (Imperatriz-Fonseca et al. 2006, Nunes-Silva et al. 2010).

Vale a pena ressaltar a presença de outras espécies de abelhas visitantes no cultivo de tomate que também realizam o comportamento de *buzz pollination*, tais como *Bombus morio*, *Centris aenea*, *Eulaema nigrita* e *Melipona quinquefasciata*. Dentre estas, *E. nigrita* e *M. quinquefasciata* foram as espécies mais abundantes depois de *E. analis*, o que demonstra o potencial de uso das mesmas para a polinização do tomateiro.

Um importante questionamento que pode ser feito após detectar quem são as abelhas polinizadoras efetivas em um determinado cultivo, é como aumentar a frequência de visitas destas espécies visando benefícios diretos na produtividade. Nesse momento, devemos avaliar o conhecimento disponível sobre a biologia das espécies a fim de melhorar as técnicas que favoreçam a presença de abelhas no cultivo. Um dos principais aspectos a serem observados na biologia das espécies a serem manejadas é o seu hábito de nidificação (Garófalo et al.

2012). Para a maioria das espécies que nidificam no solo, como *E. analis*, técnicas de manejo ainda são escassas (Imperatriz-Fonseca et al. 2006). Por outro lado, algumas espécies de Meliponina, por nidificarem em cavidades pré-existentes, já são utilizadas para a polinização em ambientes protegidos em culturas como o tomate, polinizado por *Nannotrigona perilampoides* Cresson, 1878 (Cauich et al. 2004, Palma et al. 2008) e por *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Del Sarto et al. 2005, Bispo dos Santos et al. 2009, Hikawa e Miyanaga 2009), o pimentão (*Capsicum annuum* L.) polinizado por *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Roselino et al. 2010) e o morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne) por *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 (Malagodi-Braga 2002). Entretanto, apesar da manutenção de ninhos em áreas abertas ser mais fácil do que em ambientes protegido, uma vez que as abelhas podem buscar recursos também na área de entorno dos cultivos, a introdução de ninhos ainda não é feita de forma manejada (Venturieri et al. 2012). Além disso, vale ressaltar que as abelhas sem ferrão, se manejadas corretamente, podem incrementar a renda do produtor por oferecer outros produtos de alto valor comercial, como o mel e o pólen (Venturieri et al. 2012).

Contudo, a utilização de abelhas sem ferrão para a polinização de cultivos deve ser executada com cautela, uma vez que, até o momento, as espécies mais promissoras para este fim estão em risco de extinção (Kerr et al. 1999). É necessário que exista um balanço entre os interesses comerciais (baseado principalmente na demanda por colônias para a polinização de cultivos) e a conservação das abelhas sem ferrão (Del Sarto et al. 2005), para evitar que essa situação seja agravada. Nesse sentido, sugere-se que as pesquisas a respeito das necessidades de cada cultivo em relação a seus polinizadores continuem a ser desenvolvidas, de modo que seja encontrada mais de uma espécie ou grupo de polinizadores, evitando que a exploração comercial recaia apenas sobre uma espécie (Venturieri et al. 2012). Assim, utilizando como exemplo as espécies de abelhas encontradas neste estudo, a solução mais adequada para mudar esse cenário seria investir no desenvolvimento de técnicas de manejo de abelhas que nidificam no solo.

Dentre as espécies encontradas nos plantios de tomate, *A. mellifera* e *P. lineata*, apesar de não realizarem o comportamento de *buzz pollination*, também apresentaram capacidade para polinizar o tomateiro, ao rasparem as anteras para a coleta de pólen. Reafirmando a ideia de que a utilização sinérgica de diferentes polinizadores é capaz de suprir a demanda de polinização de um cultivo, a utilização dessas duas espécies seria adequada.

Diferentemente das abelhas sem ferrão, *A. mellifera* é utilizada na polinização de vários cultivos agrícolas, principalmente nos Estados Unidos, por apresentarem a vantagem

de possuírem colônias populosas que podem ser instaladas e removidas do campo de cultivo rapidamente (De Jong et al. 2006, Morais et al. 2012). Ainda assim, o Brasil, apesar de possuir cerca de 2,5 milhões de colônias de *A. mellifera*, não apresenta uma tradição no emprego dessas abelhas para a polinização de cultivos agrícolas, utilizando-as apenas para obtenção de seus produtos (De Jong et al. 2006). Nesse sentido, existe um grande potencial de emprego da abelha melífera como forma de complemento na polinização do tomate.

Já a *P. lineata*, apesar de ter mostrado potencial comportamental para polinizar o tomate, deve ser tratada com cuidado ao ser utilizada para essa finalidade, pois também apresentou um comportamento pilhador. *P. lineata* é uma abelha sem ferrão e, por isso, apresenta vantagens de manejo sobre as outras espécies, como facilidade de domesticação, ninhos populosos e perenes, estratégias de recrutamento de operárias e forrageamento contínuo (Heard 1999). No entanto, deve-se avaliar como o comportamento pilhador realizado por ela interfere na polinização. Estudos sobre o efeito da perfuração das anteras das flores de tomate, comportamento descrito por Nunes-Silva et al. (2010) e observado neste estudo, ajudariam a elucidar essa questão.

Também foi possível demonstrar que a formação de frutos é incrementada pela presença de abelhas que realizam o *buzz pollination*, o que corrobora Macias-Macias et al. (2009) em que flores visitadas por *Exomalopsis* apresentaram uma maior taxa de vingamento em relação a flores autopolinizadas. Este resultado é importante, pois apesar de não existirem estudos que avaliem a eficiência do estímulo mecânico na liberação do pólen do tomate, ele reafirma a ideia de que apenas o estímulo mecânico provocado pelo vento é responsável pela liberação de pólen, não é suficiente para polinizar as flores do tomateiro em campo aberto (Macias-Macias et al. 2009).

A constatação do aumento no número de sementes nos frutos analisados após a visitação por *E. analis*, corrobora os resultados encontrados por Macias-Macias et al. (2009). O número de sementes é um importante fator a ser analisado para determinar a eficiência de polinização por abelhas para o tomateiro. No presente estudo, este parâmetro apresentou um aumento significativo no tratamento de polinização por *E. analis* e revelou uma correlação direta com a massa dos frutos. Esta relação também é relatada em experimentos de polinização realizados com espécies de *Bombus* em cultivos de tomate fechado (Banda e Paxton 1991, Ravenstijn e Sande 1991, Dogterom et al. 1998). É sabido que as sementes possuem um importante papel na formação do fruto do tomate, pois durante sua maturação são produzidos hormônios que promovem o enlongamento das células e o acúmulo de açúcares na polpa (Janes 1941, Nitsch 1970, de Bruyn 1971, Mapelli et al. 1978). Com isso,

era esperado uma diferença na massa do fruto, no índice de arredondamento e na concentração de açucares totais entre os tratamentos testados. Entretanto, fatores ambientais e genéticos poderiam explicar a ausência dessas diferenças, uma vez que tanto as variações dos parâmetros ambientais como temperatura e umidade ao longo do desenvolvimento do fruto, quanto a pequena variação genética dos tomateiros utilizados no experimento podem ter alterado o balanço entre os constituintes do fruto (Davies et al. 1981), tornando-os mais semelhantes entre os tratamentos realizados.

Em relação ao teor de açúcar, a ausência de diferenças pode ser justificada pela metodologia utilizada para a homogeneização da polpa dos frutos analisados. O açúcar acumulado pelas sementes fica concentrado na mucilagem que as envolve, enquanto que as paredes do fruto apresentam baixa concentração desse composto (Janes 1941, de Bruyn 1971). Antes da realização do procedimento, foram retiradas as sementes junto com a mucilagem e apenas as paredes do fruto foram utilizadas na análise de teor de açúcar. Nesse sentido, a análise da mucilagem seria mais apropriada para identificar diferença no teor de açúcar dos frutos nos diferentes tratamentos.

O número de frutos avaliados em cada tratamento e o ensacamento da flor após a visita de uma única abelha também pode ter contribuído para a ausência de diferenças nos parâmetros avaliados nos testes de polinização. No estudo de Macias-Macias et al. (2009), foram utilizados 40 frutos para cada tratamento, enquanto que no presente estudo apenas 20 frutos foram avaliados. Entretanto, no grupo controle somente 13 frutos foram utilizados para análise, pois o restante caiu antes do amadurecimento. Apesar de todos os frutos analisados estarem sob as mesmas condições de manejo, a perda de frutos durante o período de amadurecimento pode refletir a baixa qualidade dos mesmos, resultantes de autopolinização, reforçando e valorizando ainda mais a polinização realizada por *E. analis*. Além disso, o aumento das médias no massa do fruto, no índice de arredondamento e na concentração de açucares totais entre os tratamentos testados, indica que provavelmente um maior número de visitas às flores marcadas poderia demonstrar o efeito na formação de frutos após a visita de *E. analis*. Apenas uma visita pode não ter sido suficiente para transferir a quantidade de pólen necessária para a formação de um fruto com qualidade superior quando comparados aos frutos autopolinizados.

É importante ressaltar que as abelhas encontradas em nosso estudo apresentam uma ampla variedade de hábitos de nidificação e alimentação (Roubik 1989a; Roubik 1989b). Dessa maneira, a presença de vegetação nativa na área de entorno do cultivo é necessária, pois além de serem mantenedoras desses insetos, funcionam como um atrativo para aqueles que

não nidificam nos mesmos, proporcionando fontes suplementares de recursos além daqueles oferecidos pelo cultivo. *Melipona*, por exemplo, é um gênero que nidifica majoritariamente em ocos de árvores e é sensível a perturbações ambientais (Nogueira-Neto 1970). Nesse cenário, a conservação dos habitats naturais que estão próximos às áreas de cultivo se faz necessária, a fim de disponibilizar os recursos fundamentais para a manutenção dos polinizadores nativos e, consequentemente, prevenindo a redução da taxa de polinização não só do cultivo, mas também das próprias áreas naturais.

Os resultados encontrados neste estudo permitiram identificar os potenciais polinizadores do tomateiro na região estudada. *E. analis* é um visitante importante deste cultivo que promoveu um aumento no número de sementes dos frutos produzidos. Entretanto, ainda é necessário conhecer melhor aspectos da sua biologia, como o seu hábito de nidificação, para o desenvolvimento de técnicas de manejo para a polinização do tomate. É importante destacar a existência de poucos estudos a respeito deste cultivo em campo aberto, tornando-se necessário a complementação do estudo realizado. Finalmente, sugere-se a utilização conjunta de diferentes espécies de abelhas capazes de polinizar o tomateiro a fim de que a exploração do serviço oferecido por esse grupo não recaia sobre apenas uma única espécie.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, ao produtor Edson e ao administrador das plantações Alcimar pela permissão e assistência na realização o trabalho, à Dra. Marcela Yamamoto pelas instruções na metodologia de coleta, ao Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo pela identificação dos espécimes coletados e ao biólogo Bruno Ferreira Bartelli pelas contribuições em campo.

Referências bibliográficas

- Alves, K. A., e R. Rosa 2008.** Espacialização de dados climáticos do Cerrado mineiro. *Horizonte Científico* 8: 1-28.
- Banda, H. J., e R. J. Paxton. 1991.** Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae*: 288: 194-198.
- Bawa, K.S. 1990.** Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 21: 399-422.
- Bispo dos Santos, S. A., A. C. Roselino, M. Hrncir, e L. R. Bego. 2009.** Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research* 8: 751-757.
- Bosch, J., e W.P. Kemp 2002.** Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research* 92: 3-16.
- Brosi, B. J., G. Daily, P. Ehrlich. 2007.** Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications* 17: 418–430.
- Buchmann, S. L. 1983.** Buzz pollination in angiosperms. In: C. E. Jones e R. J. Little (eds.) *Handbook of Experimental Pollination Biology*. Scientific and Academic Editions, New York, EUA.
- Buchmann, S. L., e G. P. Nabhan. 1996.** The forgotten pollinators. Island Press, Washington.
- Buchmann, S. L., e J. P. Hurley. 1978.** A biophysical model for buzz pollination in Angiosperms. *J. Theor. Biol.* 72: 639-657.
- Campos, M. J. 2008.** Landscape management and pollination richness in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) crops in south-eastern Brazil. In: C. A. B. Alvarez e M. Landeiro (eds.), *Pollinators Management in Brazil*, Ministry of the Environment, Brasília, Brasil.
- Cauich, O., J. J. C. Quezada-Euán, J. O. Macias-Macias, V. Reyes-Orecel, S. Medina-Peralta, e V. Parra-Tabla, 2004.** Behavior and Pollination Efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical México. *Journal of Economic Entomology* 97: 475-481.
- Colwell, R. K. 2006.** EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Disponível em: <purl.oclc.org/estimates>.

- Davies, J. N., G. E. Hobson, e W. B. McGlasson 1981.** The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype, C R C. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 15: 205-280
- de Bruyn, J. W. 1971.** Variation in taste and chemical composition of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Euphytica 20: 214-227.
- De Jong, D., L. S. Gonçalves, F. Ahmad, K. P. Gramacho, R. C. R. Camargo, U. Partap, e V. B. Filho. 2006.** Honey Bee. In: Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- De Marco, P., e F. Coelho 2004.** Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. Biodiversity and Conservation 13: 1245-1255.
- Del Sarto, M. C. L., R. C. Peruquetti, e L. A O. Campos. 2005.** Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator of Greenhouse Tomatoes. Journal of Economic Entomology 98: 260-266.
- Delaplane, K. S., e D. F Mayer. 2000.** Crop pollination by bees. CABI Publishing, New York, EUA.
- Dogterom, M. H., J. A. Matteoni, e R. C. Plowright. 1998.** Pollination of greenhouse tomatoes by the North American Bombus vosnesenckii (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology 91: 71-75.
- Dogterom, M. H., J. A. Matteoni, R. C. Plowright. 1998.** Pollination of Greenhouse Tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology 91: 71-75.
- (FAO) Food and Agriculture Organization. 2004.** Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In B. M. Freitas e J. O. P. Pereira (eds.), Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária, Fortaleza, Brasil.
- (FAO) Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database Results. 2011.** <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Garófolo, C. A., C. F. Martins, C. M. L. Aguiar, M. A. Del Lama, I. Alves-dos-Santos. 2012.** As abelhas Solitárias e Perspectivas para seu uso na Polinização no Brasil. In: V. L. Imperatriz Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Araújo, e A. M. Saraiva (orgs.), Polinizadores no Brasil. Edusp, São Paulo, Brazil.
- Gotelli, N., e R. K. Colwell. 2001.** Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters 4: 379-391.

- Heard, T. A. 1999.** The Role of Stingless Bees in Crop Pollination. Annual Review of Entomology 44: 183-206.
- Hein, L. 2009.** The economic value of the pollination service, a review across scales The Open Ecology Journal 2: 74-82.
- Hikawa, M., e R. Miyanaga, R. 2009.** Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. Applied Entomology and Zoology 44: 301-307.
- (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010.** <http://tinyurl.com/cv5c6ev>
- Imperatriz-Fonseca, V. L., A. M. Saraiva, D. De Jong. 2006.** Information technology and pollinators initiatives. In: V. L. Imperatriz-Fonseca, A. M. Saraiva, e D. De Jong. (Eds.). Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. Holos Editora, Ribeirão preto, Brasil.
- Janes, B. E. 1941.** Some chemical differences between artificially produced pathenocarpic fruits and normal seeded fruits of tomato. Am. J. Bot. 28: 639-646.
- Kearns, C.A., D. W. Inouye, e N. M Waser. 1998.** Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 83–112.
- Kerr, W. E., V. A. Nascimento, e G. A. Carvalho. 1999.** Preservation of native Brazilian bees: a question of historical and ecological conscience. Cien. Cult. 51: 390-393.
- King, M. J., S. L. Buchmann. 2003.** Floral sonication by bees: mesosomal vibration by *Bombus* and *Xylocopa*,but not *Apis* (Hymenoptera: Apidae), ejects pollen from poricidal anthers. Journal of the Kansas Entomological Society 76: 295-305.
- Klein A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, e C. Kremen. 2007.** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, Proceedings of the Royal Society of London 274: 303–313.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter, D. Buchori, e T. Tscharntke. 2002a.** Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. Conservation Biology 16: 1003-1014.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter, e T. Tscharntke. 2002b.** Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. Proceedings of the Royal Society of London 270: 955-961.
- Krebs, C. J. 1999.** Ecological Methodology. Benjamin Cummings, California, EUA.

- Kremen, C., N. M. Williams, R. L. Bugg, J. P. Fay, e R. W. Thorp. 2004.** The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters* 7: 1109-1119.
- Lopes, S. F. 2010.** Padrões florísticos e estruturais das Florestas Estacionais Semideciduais do Triângulo Mineiro, MG. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Macias-Macias, O., J. Chuc, P. Ancona-Xiu, O. Cauich, e J. J. G. Quezada-Euán. 2009.** Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. *J. Appl. Entomol.* 133: 456-465.
- Malagodi-Braga, K. S. 2002.** Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – Rosaceae). Tese (Doutorado em Ciências - Área de Ecologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mapelli, S., C. Frova, G. Torti, e G. P. Soressi. 1978.** Relationship between set, development and activities of growth regulators in tomato fruits. *Plant Cell Physiol.* 19: 1281-1288.
- Malerbo-Souza, D. T., R. H. Nogueira-Couto, e L. A. Couto. 2004.** Honey bee attractants and pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, var. Pera-rio. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 10: 144-153
- Michener, C. D. 2007.** Family Apidae. In: Michener, C. D., *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, EUA.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005.** Ecosystem and Human well-being: synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Morais, M. M., D. De Jong, D. Massage, e L. S. Gonçalves. 2012.** Perspectivas e Desafios para o Uso das Abelhas *Apis mellifera* como Polinizadores no Brasil. In: V. L. Imperatriz Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Araújo, e A. M. Saraiva (orgs.), *Polinizadores no Brasil*. Edusp, São Paulo, Brasil.
- Morandin, L. A., T. M. Laverty, e P. G. Kevan. 2001.** Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology* 94: 178-179. 2001.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, e J. Kent. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Nitsch, J. P. 1970.** Hormonal factors in growth and development. In: Hulme A. C. (ed.) *Food Science and Technology*. Academic Press, London, England.

- Nogueira-Neto, P. 1970.** Características de algumas espécies domesticáveis. In: P. Nogueira-Neto, A criação de abelhas indígenas sem ferrão. Editora Chácaras e Quintais, São Paulo, Brasil.
- Nunes-Silva, P., M. Hrncir, e V. L. Imperatriz-Fonseca. 2010.** A polinização por vibração. *Oecologia Australis* 14: 140-151.
- Palma, G., J. J. G. Quezada-Euán, V. Reyes-Oregel, V. Meléndez, e H. Moo-Valle. 2008.** Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hymenoptera: Apoidea). *Journal of Applied Entomology* 132: 79-85.
- Palmer, M. W. 1990.** The Estimation of Species Richness by Extrapolation. *Ecology* 71: 1195-1198.
- Ravenstijn, W. van, e J. van. Sande. 1991.** Use of bumblebees for the pollination of glasshouse tomatoes. *Acta Hor.*: 288.
- Ricketts, T. H., J. Regetz, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, A. Bogdanski, B. Gemmill-Herren, S. S. Greenleaf, A. M. Klein, M. M. Mayfield, L. A. Morandin, A. Ochieng, e B. F. Viana. 2008.** Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11: 499-515.
- Roselino, A. C., S. A. Bispo dos Santos, e L. R. Bego. 2010.** Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. *R. Bras. Bioci.* 8: 154-158.
- Roubik, D. W. 1989a.** Foraging and Pollination. In: D. W. Roubik, *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, Cambridge, EUA.
- Roubik, D. W. 1989b.** Nesting and reproductive biology. In: D. W. Roubik, *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge: Cambridge University Press, EUA.
- Roubik, D.W. 2002.** The value of bees to the coffee harvest. *Nature* 417: 708.
- (SEADE) Fundação Seade: Sensor Rural. 2011.** <http://www.seade.gov.br>
- Silveira, F. A., Melo, G. A. R. e Almeida, E. A. B. 2002.** Abelhas brasileiras, sistemática e identificação. Belo Horizonte: Depósito Legal na Biblioteca Nacional, Brasil.
- Vaissière, B. E., B. M. Freitas, e B. Gemmill-Herren, 2011.** Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

- Venturieri, G. C., D. A. Araújo, J. K. Villas-Boas, C. A. L. Carvalho, C. Menezes, A. Vollet-Neto, A. L. Contrera, M. Cortopassi-Laurino, P. Nogueira-Neto, e V. L. Imperatriz-Fonseca.** 2012. Meliponicultura no Brasil: Situação Atual e Perspectivas Futuras para Uso na Polinização Agrícola. In: V. L. Imperatriz Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Araújo, e A. M. Saraiva (orgs.), Polinizadores no Brasil. Edusp, São Paulo, Brasil.
- Vilhena, A. M. G. F ; Rabelo, L. S ; Bastos, E. M.; Augusto, S. C.** 2012. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. Apidologie (Celle) v. 43: 51-62.
- Yamamoto, M., Barbosa, A. A. A. e Oliveira, P. E.** 2010. A Polinização em Cultivos Agrícolas e a Conservação das Áreas Naturais: O Caso do Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* Deneger). Oecologia Brasiliensis (Online), v. 14: 174-192.
- Zar, J. H.** 2010. Biostatistical Analysis, Pearson Prentice Hall, New Jersey.