

PRISCILA DE CÁSSIA SOUZA ARAÚJO

**POLINIZAÇÃO POR ABELHAS NA PRODUÇÃO DE TOMATE DESTINADO
À INDÚSTRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016**

T

A663p
2016 Araújo, Priscila de Cássia Souza, 1992-
Polinização por abelhas na produção de tomate destinado à indústria
/ Priscila de Cássia Souza Araújo. - Viçosa, MG, 2016.
vii, 23f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Abelhas. 2. *Apis mellifera*. 3. *Exomalopsis analis*.
4. Polinização por inseto. 5. Tomate - Cultivo. 6. *Solanum
lycopersicum*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-graduação em Entomologia. II. Título.

CDD 22. ed. 595.799

PRISCILA DE CÁSSIA SOUZA ARAÚJO

**POLINIZAÇÃO POR ABELHAS NA PRODUÇÃO DE TOMATE DESTINADO
À INDÚSTRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de junho de 2016.

Derly José Henriques da Silva

Weyder Cristiano Santana

Lucio Antônio de Oliveira Campos

(Orientador)

Dedico aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu maior companheiro durante o mestrado.

Aos meus pais e irmãos, que sempre me incentivaram, caminharam comigo e respeitaram minhas decisões.

A Helthon Bié, meu namorado, por todo o amor, carinho e compreensão.

Ao meu orientador, Lúcio Antônio de Oliveira Campos, pela orientação, paciência, ensinamentos, acolhimento e amizade. O senhor foi meu primeiro amigo em Viçosa!

Aos meus amigos do Apiário Central, Mayla, Camila, Fernando, Riudo, Paula, Kiki, Evelyn e Hugo, que foram de fundamental importância para que este trabalho fosse concluído e fizeram com que minha passagem em Viçosa fosse divertida e prazerosa.

Aos técnicos do Apiário, em especial Íris e Geraldo (Cabrito), e a Paula (estagiária) que estavam sempre prontos a me ajudar.

A todo o grupo do NEO e funcionários da Horta Velha, em especial ao Victor Almeida, que sempre esteve disposto a me ajudar, que teve paciência em me ensinar a prática do campo, e pela amizade durante este tempo.

Ao Conrado Denadai, pela dedicação, ajuda e parceria.

Aos professores Derly Silva e Raul Guedes, pela disponibilidade, ajuda e confiança. A colaboração de vocês dois foi primordial para que eu pudesse fazer meu trabalho em Viçosa.

Aos professores Fernando Silveira e Eduardo Almeida, pela disponibilidade e valiosa ajuda na identificação das abelhas coletadas neste estudo.

Ao Carlos Sperber, Rômulo Ribon e Gabriel Lobregat pelo empréstimo de equipamentos.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade oferecida para a realização do mestrado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

BIOGRAFIA

PRISCILA DE CÁSSIA SOUZA ARAÚJO, filha de Edvaldo Natalício Araújo e Sandra Maria de Souza Araújo, nascida em oito de abril de 1992, na cidade de Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Em agosto de 2009 iniciou o curso de graduação em Ciências Biológicas licenciatura na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina, terminando a graduação em setembro de 2013. Durante a graduação trabalhou em programas de extensão de citologia e histologia, participou do PET Biologia trabalhando com formação continuada de professores e participou durante um ano e meio em um projeto de pesquisa sobre nidificação de abelhas solitárias em diferentes altitudes.

Em março de 2014 ingressou no Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em 02 de junho de 2016.

RESUMO

ARAÚJO, Priscila de Cássia Souza, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2016. **Polinização por abelhas na produção de tomate destinado à indústria.** Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

Este estudo teve como objetivo descrever a fauna das abelhas visitantes do tomate tipo indústria, avaliar o efeito na polinização pelas espécies mais abundantes, e mensurar a importância delas na produção e qualidade dos frutos. Para avaliar o efeito da presença de abelhas foram definidos dois tratamentos: autopolinização espontânea (AU) e polinização aberta (PA), cada tratamento consistiu de 33 plantas. No tratamento de AU as flores foram protegidas na pré-antese e permaneceram assim até o início do desenvolvimento do fruto. Na PA as flores permaneceram todo o tempo abertas para a visitação. As abelhas que estavam visitando as flores foram coletadas com rede entomológica. Após a maturação, todos os frutos foram colhidos, pesados, contados e avaliados quanto à firmeza, ao pH da polpa e à cor. Para averiguar a eficiência entre diferentes espécies de abelhas, foi feito o teste de primeira visita com as duas espécies mais abundantes, *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* Spinola, 1853 e *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, e o número de sementes dos frutos obtidos no teste foi comparado com o dos frutos formados a partir de flores autopolinizadas espontaneamente. A presença das abelhas foi responsável pelo aumento de 27% na produtividade do tomateiro. A polinização das abelhas aumentou a massa, número de frutos e sementes, mas não foi constatada diferença na firmeza, pH e cor dos frutos. Mesmo não tendo a capacidade de vibrar as flores, *A. mellifera* é um polinizador mais eficiente que *E. analis* e o processo de autopolinização.

ABSTRACT

ARAÚJO, Priscila de Cássia Souza, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2016. **Pollination by bees in production of tomatoes for industry.** Adviser: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

This study aimed to describe the fauna of bees of visitors tomato type industry, evaluate the effect on pollination by the most abundant species, and measure their importance in the production and quality of fruit. To evaluate the effect of the presence of bees defined two treatments: spontaneous self-pollination (AU) and open pollination (AP), each treatment consisted of 33 plants. In AU treatment the flowers were protected in the pre-anthesis and remained so until the early development of the fruit. In PA, the flowers remain open all the time for the visitation. The bees were visiting the flowers were collected with entomological net. After maturation, all the fruits were harvested, weighed, counted and evaluated for firmness, the pH of the pulp and color. To determine the efficiency among different species of bees, was made the first visit test with the two most abundant species, *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* Spinola, 1853 and *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, and the number of seeds of fruits obtained in the test was compared to the fruits formed from spontaneously self-pollinated flowers. The presence of bees was responsible for 27% increase in tomato yield. The pollination of bees increased mass, number of fruits and seeds, but no difference was found in the firmness, pH and fruit color. Although not having the capability of vibrating the flowers, *A. mellifera* is more efficient as a pollinator *E. analis* and spontaneous self-pollination.

SUMÁRIO

Resumo	v
Abstract	vi
Artigo – Polinização por abelhas na produção de tomate destinado à indústria	1
Resumo	2
Introdução	3
Material e Métodos	5
Resultados	7
Discussão	13
Agradecimentos	17
Referências Bibliográficas	17

Polinização por abelhas na produção de tomate destinado à indústria *

* Artigo escrito de acordo com as normas da revista Journal of Economic Entomology (J. Econ. Entomo).

Resumo: Este estudo teve como objetivo descrever a fauna das abelhas visitantes do tomate tipo indústria, avaliar o efeito na polinização pelas espécies mais abundantes, e mensurar a importância delas na produção e qualidade dos frutos. Para avaliar o efeito da presença de abelhas foram definidos dois tratamentos: autopolinização espontânea (AU) e polinização aberta (PA), cada tratamento consistiu de 33 plantas. No tratamento de AU as flores foram protegidas na pré-antese e permaneceram assim até o início do desenvolvimento do fruto. Na PA as flores permaneceram todo o tempo abertas para a visitação. As abelhas que estavam visitando as flores foram coletadas com rede entomológica. Após a maturação, todos os frutos foram colhidos, pesados, contados e avaliados quanto à firmeza, ao pH da polpa e à cor. Para averiguar a eficiência entre diferentes espécies de abelhas, foi feito o teste de primeira visita com as duas espécies mais abundantes, *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* Spinola, 1853 e *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, e o número de sementes dos frutos obtidos no teste foi comparado com o dos frutos formados a partir de flores autopolinizadas espontaneamente. A presença das abelhas foi responsável pelo aumento de 27% na produtividade do tomateiro. A polinização das abelhas aumentou a massa, número de frutos e sementes, mas não foi constatada diferença na firmeza, pH e cor dos frutos. Mesmo não tendo a capacidade de vibrar as flores, *A. mellifera* é um polinizador mais eficiente que *E. analis* e o processo de autopolinização.

Palavras chaves: *Solanum lycopersicum*, *Apis mellifera*, *Exomalopsis analis*, polinização por vibração, ordenha.

Introdução

O tomate, *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae), é cultivado em quase todas as regiões do mundo, sendo uma das hortaliças mais importantes (Naika et al. 2006). No Brasil, a produção foi superior a 4,2 milhões de toneladas anuais (Agrianual 2015), podendo o seu cultivo ser destinado para o consumo *in natura* ou para o processamento na indústria alimentícia.

Dentre as olerícolas, o tomate é uma das mais utilizadas para processamento industrial. Sua comercialização depende de parâmetros de qualidade estabelecidos por leis que variam dependendo do país. No Brasil, as principais características para o tomate destinado ao processamento são: sólidos solúveis totais, contagem de filamentos de fungos e cor (Vieira et al. 2001). Os frutos de tomate para processamento industrial são altamente perecíveis, de película fina, e possuem 95% de sua composição de água (Giordano e Ribeiro 2000), além de apresentarem maturação concentrada e crescimento rasteiro.

Na América do Sul, o Brasil é o maior produtor de tomate para processamento industrial (Melo e Vilela 2005). Em 2001, a produção do país aumentou 120% em relação aos anos anteriores, isto se deu principalmente pela expansão de áreas de cultivo e o uso de híbridos com alto potencial produtivo (Vilela 2001). O produtor recebe atualmente um valor médio de R\$189,44 por tonelada (Agrianual 2015).

As flores do tomateiro não produzem néctar e são hermafroditas, podendo assim se autofertilizar, as anteras possuem deiscência poricida e são fundidas umas as outras formando um cone (Buchmann 1983). Nas formas silvestres do tomateiro o estilete é longo e o estigma se encontra fora do cone de anteras, já nas variedades atuais cultivadas o estilete é curto e o estigma fica dentro do cone de anteras.

Para a polinização de flores com anteras poricidas é necessário que haja vibração para que o pólen seja liberado (Buchmann 1983). Há dois meios naturais de vibração: ação do vento ou visita de abelhas capazes de vibrar a flor (Nunes-Silva et al. 2010). As abelhas que possuem tal comportamento fixam suas pernas e mandíbulas no cone de antera, ficando com o corpo em forma de “C” e, então, produzem movimentos especializados com a musculatura do tórax. A vibração produzida por estes movimentos é propagada do tórax para pernas e mandíbulas até o cone de anteras, ocorrendo agitação e liberação do pólen para fora da antera e, conseqüentemente, a polinização (Buchmann 1983). Esta síndrome de polinização foi denominada polinização por vibração ou “buzz-pollination” por Buchmann (1983).

A maioria das culturas agrícolas depende direta ou indiretamente de animais polinizadores para a produção de frutos (Klein et al. 2007). Os serviços de polinização prestados pelas abelhas silvestres e *Apis mellifera* é estimado em cerca de \$3.000 ha⁻¹ (Klein et al. 2015). Com relação ao tomateiro, existem divergências sobre o quanto esta cultura depende da polinização biótica. Klein et al. (2007) consideram o tomateiro pouco dependente, já Giannini et al. (2015) estimaram que o tomateiro seja 65% dependente, o qual vale aproximadamente US\$992 milhões. De modo geral, quanto maior a presença de polinizadores, mais visitas as flores recebem (Garibaldi et al. 2011), aumentando assim a produção e a qualidade dos frutos (Greenleaf e Kremen 2006), e diminuindo a variação morfológica entre eles (Winfree e Kremen 2009), resultando em maior valor econômico.

Já foram descritas sete famílias e mais de 50 gêneros de abelhas que são capazes de realizar a polinização por vibração (Thorp 2000), mas este número poder ser maior. Dentre as abelhas vibradoras, as espécies do gênero *Bombus* são as mais estudadas e utilizadas na polinização do tomateiro em várias partes do mundo. Aproximadamente 65% das colônias de *Bombus* comercializadas na Europa são destinadas a polinização do tomateiro, o serviço prestado por essas abelhas é estimado em 12 bilhões de euros por ano (Velthuis e Van Doorn 2006). A polinização realizada por elas resulta em frutos maiores e com mais sementes (Assada e Ono 1996, Dogterom et al. 1998, Moradin et al. 2001, Al-Attal et al. 2003). Uma visita de *Bombus* é o suficiente para que se formem mais sementes em comparação aos frutos formados pela autopolinização espontânea (Nunes-Silva et al. 2013). No Brasil, os principais visitantes florais do tomateiro são: *Melipona*, *Xylocopa*, *Centris*, *Bombus* e *A. mellifera* (Giannini et al. 2014).

Apesar da importância da vibração na polinização do tomateiro, *A. mellifera* e abelhas do gênero *Nannotrigona*, que não possuem o comportamento de vibrar, têm sido consideradas polinizadoras efetivas em comparação com a autopolinização espontânea (Bispo dos Santos et al. 2009, Caiuch et al. 2004, Palma et al. 2008, Netto 2015). Estas abelhas introduzem a probóscide no cone de anteras para retirar o pólen, ao mesmo tempo, os grãos de pólen são depositados no estigma. Este comportamento é denominado ordenha ou “milking” (Thorp 2000). Ao visitar outras flores, os pólenes aderidos na cabeça das abelhas podem tocar no estigma, ocorrendo assim a polinização (Bispo do Santos et al. 2014).

Os trabalhos que avaliaram o efeito de polinizadores no tomateiro foram conduzidos em cultivares destinadas ao consumo *in natura*, tanto em ambiente aberto

quanto em casa de vegetação (Morandin et al. 2001, Del Sarto et al. 2005, Greenleaf e Kremen 2006, Aldana et al. 2007, Hogendoorn et al. 2007, Bispo dos Santos et al. 2009, Hikawa e Myyanaca 2009, Torre-Ruiz e Jones 2012, Silva Neto et al. 2013, Santos et al. 2014, Deprá et al. 2014, Bartelli et al. 2014). O tomate para processamento industrial tem características que se assemelha com o cultivado para o consumo *in natura*, como por exemplo, o formato da flor. Entretanto, o tomate destinado à indústria não é tutorado, assim, as flores ficam próximas ao solo, apresenta crescimento rasteiro, menor período de floração e uma única colheita dos frutos, geralmente, mecanização.

O conhecimento da fauna de abelhas associada a plantas cultivadas e o efeito destas sobre a qualidade e produtividade agrícola nos diferentes sistemas de cultivos é de grande importância para o estabelecimento de práticas que promovam o aumento e conservação de polinizadores em sistemas agrícolas. Considerando que nenhum trabalho desta natureza foi realizado em tomateiro destinado à indústria, o objetivo deste estudo foi descrever a fauna das abelhas visitantes do tomate tipo indústria, avaliar o efeito na polinização pelas espécies mais abundantes, e mensurar a importância delas na produção e qualidade dos frutos.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (20°45'27,7" S, 42°50'44,5" W), em Viçosa, Minas Gerais, entre Julho a Outubro de 2015. A vegetação é caracterizada como Mata Atlântica e o clima, segundo a classificação de Koppen, é o tipo Cwa, temperado úmido com inverno seco e verão quente (Alvares et al. 2014).

Foi utilizado o híbrido Inovart[®] e a semeadura foi feita em bandejas de isopor contendo 128 células preenchidas com substrato comercial Plantmax[®]. Após 29 dias as mudas foram transplantadas no campo em espaçamento 1,2 por 0,6 m. As fertirrigações e irrigações foram feitas por sistema de gotejamento e a adubação realizada segundo análise de solo e recomendação da 5ª aproximação (Ribeiro et al. 1999). As capinas foram feitas de forma manual e a aplicação de defensivos semanalmente de forma preventiva.

Produtividade e Características Sensoriais dos Frutos

Para avaliar o efeito das abelhas polinizadoras foram estabelecidos dois tratamentos: 1) autopolinização espontânea (AU) e 2) polinização aberta (PA). Os tratamentos foram

distribuídos em três linhas de 36 metros cada, em uma área de 120 m², em delineamento de blocos casualizados com 11 repetições. Em cada parcela haviam sete plantas, e as avaliações foram realizadas nas três plantas centrais.

No tratamento de autopolinização espontânea (AU), todas as flores foram protegidas na pré-antese com sacos de organza, os quais foram retirados no início do desenvolvimento dos frutos. Os sacos feitos de organza permitem a passagem do vento pelas flores e as isolam das visitas das abelhas, mantendo os fatores ambientais, tais como temperatura e umidade relativa, muito próximos ao ambiente externo (Wyatt et al. 1992). Na polinização aberta (PA), todas as flores permaneceram disponíveis para a visita das abelhas.

Os frutos foram colhidos em duas etapas, quando possuíam mais de 90% da superfície com coloração vermelha. As características avaliadas foram: número de frutos por planta, massa por planta (g), produtividade t/ha, firmeza (N), coloração e pH da polpa. A firmeza foi medida com um penetrômetro Instrutherm[®] DD-200 em 2 pontos diferentes dos frutos e expressa em Newton. O pH foi medido com o auxílio do pHmetro HANNA[®] pH 20. A cor da superfície dos frutos foi medida no sistema CIE-Lab com auxílio de um medidor de cor (Konica Minolta[®], Japão) e descrita pelos parâmetros L*, a*, b*. Com esses valores foram calculados a relação a*/b* e o ângulo Hue (Hue = $\text{tg}^{-1}b^*/a^*$). Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade dos dados, seguido de teste *t* não pareado a 5% de probabilidade, com o auxílio do software R.

Levantamento das Abelhas e Teste de Primeira Visita

Na PA foram feitas 40 horas de coleta de abelhas com rede entomológica nas flores, entre os horários de 7:30 às 10:00 e 13:30 às 16:00 h. As abelhas coletadas foram mortas com acetato de etila e levadas ao Apiário Central da Universidade Federal de Viçosa onde foram alfinetadas e identificadas ao menor nível taxonômico possível utilizando as chaves disponíveis em Silveira et al. (2002). A confirmação e/ou identificação das espécimes foi feita por especialistas.

Os gêneros de abelhas coletadas foram classificados de acordo com sua frequência relativa, que é a relação entre o número de indivíduos de uma espécie em relação ao total de espécies coletadas (Silveira Neto et al. 1976).

Para verificar a eficiência das espécies de abelhas mais frequentes que visitaram as flores do tomateiro, *A. mellifera* e *E. analis*, foi feito o teste de primeira visita. As

flores foram ensacadas com sacos de organza na pré-antese e, no momento da avaliação, desensacadas. Após a primeira visita da abelha, a flor foi reensacada. Ao final do desenvolvimento foi comparado o número de sementes formadas entre os frutos polinizados pelas abelhas mais frequentes e a autopolinização espontânea. A eficiência da polinização foi medida pelo incremento no número de sementes por fruto, utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade dos dados, e em seguida ANOVA e teste Tukey.

Resultados

Produtividade e características sensoriais dos frutos

O número e massa dos frutos por plantas resultantes da PA foram maiores que da AU ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente), com incremento de 27,7% na produtividade. Os tratamentos não influenciaram nas características sensoriais (firmeza, cor, pH) (Tabela 1).

Tabela 1. Médias do número e massa de frutos por planta, produtividade (tonelada/hectare) e testes das características sensoriais dos frutos nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Número médio de frutos por planta	Massa dos frutos por planta (g)	Produtividade (t/ha)	Firmeza (N)	pH	Cor
AU	63,1**	2309*	38,6*	22,6 ^{ns}	4,5 ^{ns}	1,6 ^{ns}
PA	80,3	3181	53,1	20,6 ^{ns}	4,5 ^{ns}	1,5 ^{ns}

*, ** significativo a 1 e 5%, respectivamente, ^{ns} não há diferença estatística, teste *t*.

Levantamento das Abelhas e Teste de Primeira Visita

Foram coletadas 269 abelhas pertencentes às famílias Apidae e Halictidae (Tabela 2). Deste total, 261 pertencem à família Apidae, distribuídas em sete gêneros e 14 espécies (Fig. 1, 2 e 3). Halictidae está representada por oito indivíduos pertencentes aos gêneros *Augochloropsis* e *Pseudaugochlora*. As abelhas coletadas apresentaram diferentes tipos de comportamento nas flores do tomateiro, algumas espécies obtinham o pólen vibrando as flores, outras “ordenhavam” as anteras e, ainda outras, cortavam as anteras e retiravam o pólen com a língua (Tabela 2).

Tabela 2. Abelhas coletadas visitando as flores do tomateiro e suas respectivas abundâncias, frequência relativa e tipo de comportamento na flor.

ESPÉCIES COLETADAS	ABUNDÂNCIA	FREQUÊNCIA (%)	COMPORTAMENTO
APIDAE			
<i>Exomalopsis</i> Spinola, 1853	114	42,4	Polinização por vibração; “Buzz-milking”
<i>E. (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853	73		
<i>E. (Exomalopsis) minor</i> Schrottky, 1910	16		
<i>E. (Exomalopsis) ypirangensis</i> Schrottky, 1910	14		
<i>E. (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola, 1853	7		
<i>E. (Exomalopsis) fernandoi</i> Moure, 1990	3		
<i>E. (Exomalopsis) collaris</i> Friese, 1899	1		
<i>Apis</i> Linnaeus, 1758	79	29,3	Ordenha
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	79		
<i>Melipona</i> Illiger, 1806	20	7,4	Polinização por vibração
<i>M. (Melipona) quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier, 1836	17		
<i>M. (Eomelipona) bicolor bicolor</i> Lepeletier, 1836	3		
<i>Eulaema</i>	19	7,0	Polinização por vibração
<i>Eu. (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	19		
<i>Trigona</i> Jurine, 1807	16	6	Corte das partes florais;

Ordenha			
<i>T. spinipes</i> (Fabricius, 1793)	16		
<i>Bombus</i> Latreille, 1802	12	4,5	Polinização por vibração
<i>B. (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	8		
<i>B. (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	4		
<i>Thygater</i> Holmberg, 1884	1	0,3	Polinização por vibração
<i>Th. (Thygater) analis</i> (Lepeletier, 1841)	1		
HALICTEDAE			
<i>Augochloropsis</i> Cockerell, 1897	5	1,8	Polinização por vibração
<i>A. bradiocephalis</i>	1		
<i>A. sp1</i>	1		
<i>A. sp2</i>	2		
<i>A. sp3</i>	1		
<i>Pseudaugochlora</i> Michener, 1954	3	1,1	Polinização por vibração
<i>P. erythrogaster</i>	3		

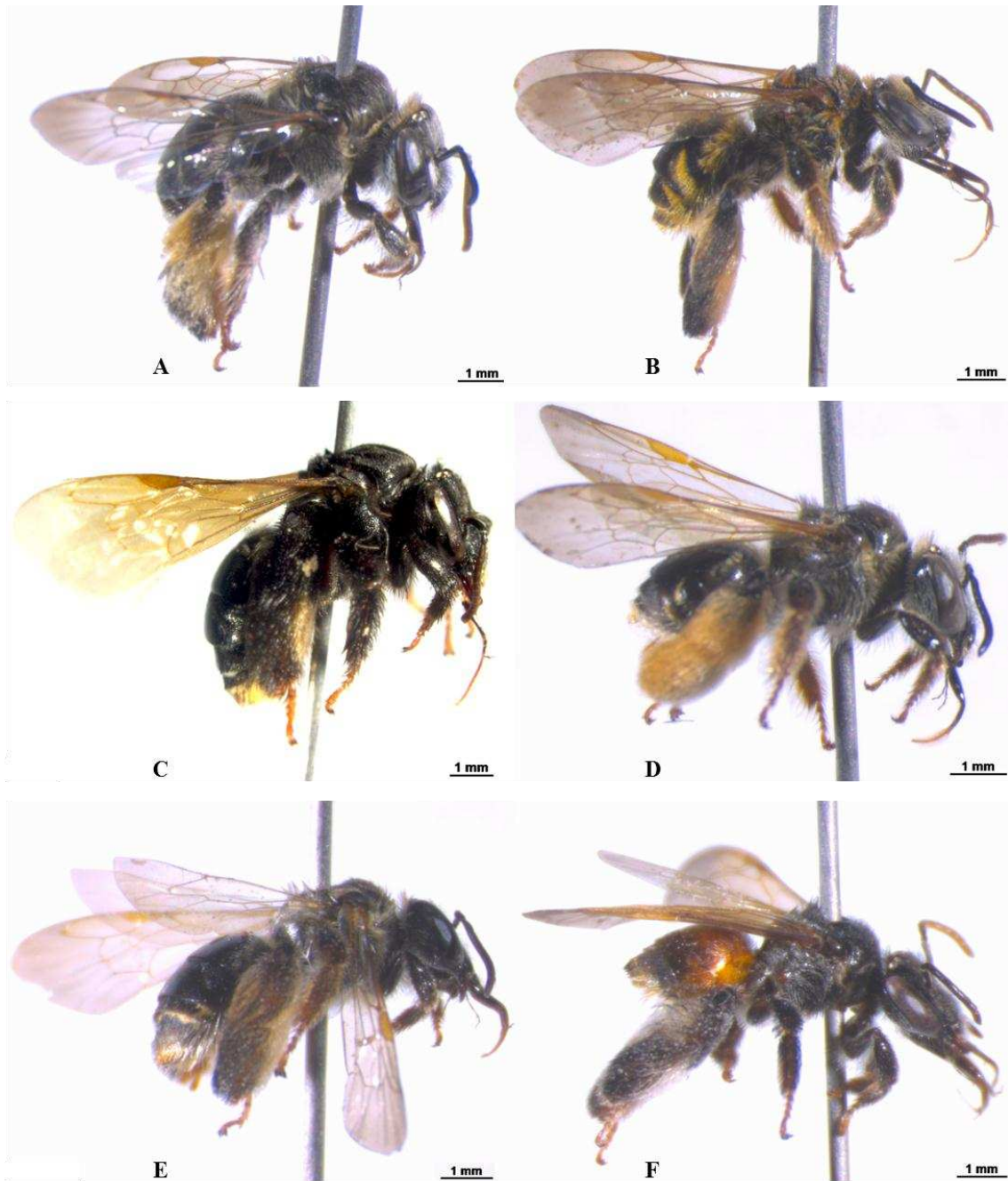


Fig. 1. Abelhas visitantes das flores do tomateiro para industria A) *Exomalopsis analis* B) *Exomalopsis auropilosa* C) *Exomalopsis collaris* D) *Exomalopsis ypirangensis* E) *Exomalopsis minor* F) *Exomalopsis fernandoi*

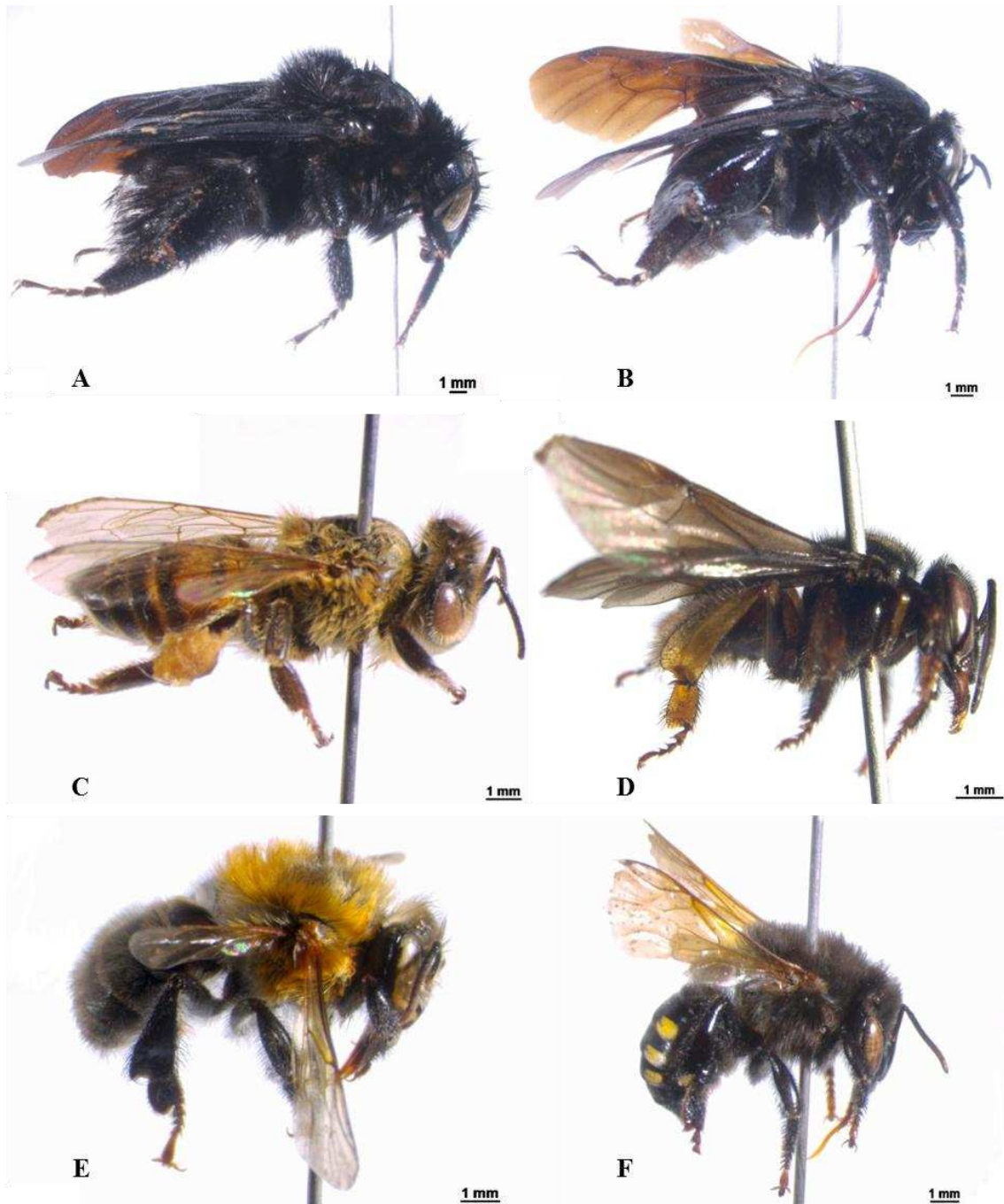


Fig. 2. Abelhas visitantes das flores do tomateiro para industria A) *Bombus pauloensis* B) *Bombus morio* C) *Apis mellifera* D) *Trigona spinipes* E) *Melipona bicolor* F) *Melipona quadrifasciata*

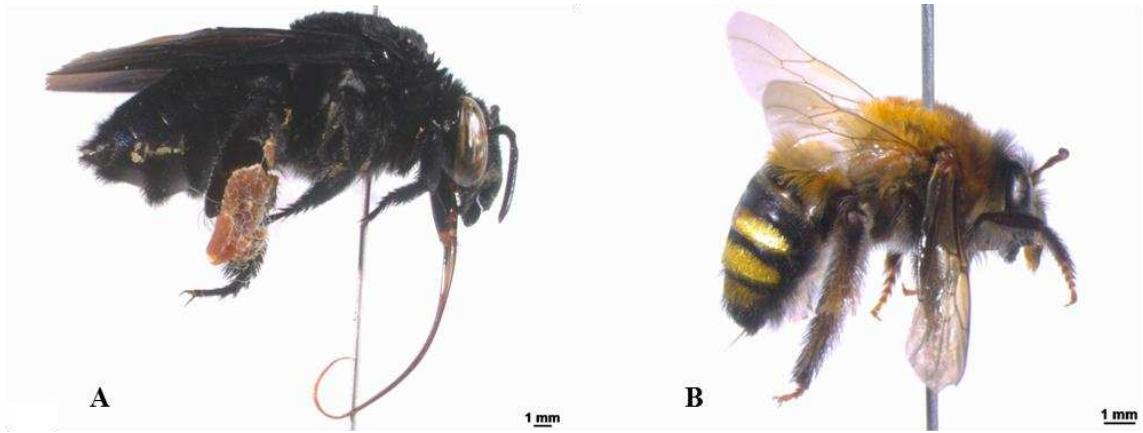


Fig. 3. Abelhas visitantes das flores do tomateiro para industria A) *Eulaema nigrata* B) *Thygater analis*.

Frutos polinizados por abelhas tiveram maior número de sementes do que os frutos autopolinizados (Tabela 3). Não houve diferença significativa entre o número de sementes nos frutos oriundos de flores visitadas por uma das duas espécies de abelhas ($p=0,6$, $F=0,43$). Entretanto, o número de sementes dos frutos polinizados por *A. mellifera* foi maior que os provenientes de autopolinização ($p=0,02$, $F=5,7$), e o número de sementes formado a partir da visita de *E. analis* não diferiu do processo de autopolinização espontânea ($p= 0,07$, $F=3,36$).

Tabela 3. Número de sementes formadas nos diferentes tratamentos no teste de primeira visita.

Tratamentos	Número médio de sementes por fruto e o erro padrão	Varição do número de sementes
<i>A. mellifera</i>	$86.5 \pm 4,4^A$	75-100 (n=6)
<i>E. analis</i>	$80.1 \pm 5,11^{AB}$	53-105 (n=10)
Autopolinização	$64.0 \pm 3,59^{BC}$	39-99 (n=21)

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância a 5%. n= número de amostras.

Discussão

Produtividade e Características Sensoriais dos Frutos

Verificamos que a cultura do tomateiro destinado ao processamento industrial não é dependente das abelhas polinizadoras para que os frutos sejam produzidos, mas a presença delas aumenta consideravelmente a produtividade. As flores são autopolinização, mas as visitas das abelhas aumentam a quantidade de pólen transferido para o estigma da flor, produzindo mais frutos por planta (Silva Neto et al. 2013).

As diferenças entre os tratamentos PA e AU podem ser explicadas pela efetividade na polinização e fecundação. Após esses dois processos, a giberelina, responsável pela expansão celular, é transferida do grão de pólen para o óvulo, promovendo a biossíntese de auxina, responsável pela divisão das células, onde o crescimento e a formação do fruto são regulados pelo balanço desses dois hormônios (Jong et al. 2009). Dessa forma, quanto maior a deposição de pólen no estigma, maior será o número de sementes (Silva Neto et al. 2013), e conseqüentemente, maior o estímulo hormonal, ocasionando maior número e tamanho de fruto (Sandoval 2015).

As características sensoriais, não foram influenciadas pelos tratamentos. A firmeza é a única característica que apresenta relação com os hormônios produzidos no desenvolvimento do fruto, os quais influenciam a formação e a espessura da parede celular, ela é determinada também pela turgidez do tecido, a qual é afetada pelo acúmulo de água e produtos da fotossíntese (Taivonen e Brummel 2008). As outras características sensoriais estão relacionadas ao tipo de cultivar e fatores climáticos. O mesmo resultado foi observado por Sandoval (2015) em tomate para o consumo *in natura*. Contrapondo-se a estes dados, Al Attal e colaboradores (2003) obtiveram maior firmeza em frutos polinizados por abelhas do gênero *Bombus*, quando comparado a autopolinização espontânea. A diferença entre os resultados dos trabalhos pode estar relacionada aos diferentes tipos de cultivares e os métodos de avaliação do fruto.

Levantamento das Abelhas e Teste de Primeira Visita

A maioria das abelhas que vibram ainda não foram avaliadas quanto a sua eficiência na polinização das flores do tomateiro. Dentre as abelhas coletadas, as espécies ainda não avaliadas são: *Eu. nigrita*, *Th. analis*, as abelhas do gênero *Augochloropsis* e *Pseudaugochlora*. Apesar da falta de dados, todas essas espécies têm a capacidade de vibrar as flores com deiscência poricida, e por isso são consideradas polinizadoras efetivas do tomateiro (Campos 2008, Schlidwein 2004).

As abelhas do gênero *Bombus* são muito estudadas e utilizadas na polinização de cultivos comerciais em várias partes do mundo tanto em campo aberto quanto em ambientes protegidos, mas pouco é conhecido sobre as espécies neotropicais. Estas abelhas foram coletadas em estudos em campo aberto (Silva Neto 2013, Bispo dos Santos 2014, Sandoval 2015), e o único trabalho que avaliou sua eficiência como polinizador no cultivo do tomate mostrou que são mais eficientes que *A. mellifera* (Netto 2015). As frequências sonoras produzidas por *B. pauloensis* e *B. morio* na polinização por vibração (233 Hz e 221 Hz, respectivamente, Araújo P. C. S., dados não publicados) são suficientes para fazer com que os grãos de pólen sejam liberados das anteras (King e Buchmann 1996), podendo assim, polinizar a flor do tomateiro.

Os autores que avaliaram a polinização realizada por *M. quadrifasciata* para o cultivo do tomateiro mostraram que a visita delas aumenta o número de sementes, quantidade e massa dos frutos, o que a torna um polinizador efetivo (Del Sarto et al. 2005, Bartelli et al. 2014). Outra espécie ainda não avaliada, mas coletada neste estudo foi *M. bicolor*. Essas duas espécies têm características morfológicas e vibram as flores

em frequências similares (*M. bicolor* 343 Hz, *M. quadrifasciata* 323 Hz, Araújo P. C. S., dados não publicados), mostrando assim que *M. bicolor* deve ser tão eficiente na polinização do tomateiro quanto *M. quadrifasciata*.

Dentre as abelhas coletadas que possuem a capacidade de vibrar as anteras, *E. analis* foi a mais frequente no cultivo de tomate e pode ser um potencial polinizador deste cultivo como foi nos trabalhos de Macias-Macias et al. (2009), Silva Neto et al. (2013), Bispo dos Santos et al. (2014), Deprá et al. (2014), Sandoval (2015).

Uma das espécies menos abundante foi *T. spinipes*, contudo não há nenhum estudo sobre o efeito da polinização por essa abelha nesta cultura. Seu comportamento de coleta de pólen é feito pela inserção da probóscide dentro do cone de anteras, ou, comumente, pelo corte das anteras causando injúrias nas flores (Anderson e Symon 1988). A destruição das partes florais pode impedir que ocorra polinização e/ou fecundação, induzindo o abortamento da flor pelo tomateiro, por outro lado, a inserção da probóscide no cone pode favorecer a polinização cruzada e produção do fruto.

Apis mellifera foi a espécie mais coletada neste estudo, e também a mais presente na maior parte dos cultivos em todo o mundo (Klein et al. 2015). Embora não seja nativa do Brasil, *Apis mellifera* é atualmente encontrada em todos os estados, tanto como populações domésticas, quanto selvagens. Seja pelo número de colônias ou, pelo grande número de indivíduos nas colônias é uma espécie bastante comum nas flores de cultivos comerciais, em especial no tomateiro.

Pouca atenção tem sido dada a *A. mellifera* como polinizador do tomateiro devido ao seu comportamento de ordenha nas flores com anteras porcidas. A maioria dos estudos consideram apenas as abelhas vibradoras responsáveis pela frutificação do tomateiro. A eficiência da *A. mellifera* na polinização é menor quando comparada com as abelhas que vibram, entretanto é maior em relação à autopolinização espontânea (Higo et al. 2004, Bispo dos Santos et al. 2009; Netto 2015).

Autores que compararam frutos de tomate originados de flores autopolinizadas espontaneamente (1) com aqueles de flores visitadas por *A. mellifera* (2) e por abelhas vibradoras (3) verificaram que o número de sementes foi maior em 3 e menor em 1 (Macias-Macias et al. 2009, Bispo dos Santos et al. 2009).

Neste trabalho, o número médio de sementes formadas após a visita de *A. mellifera* não diferiu de *E. analis*, que tem a capacidade de vibrar a flor. Os frutos formados depois da visita de *E. analis* variaram muito no número de sementes formadas. Essa variação no número de sementes pode estar relacionada a três razões: (1)

a variação do comportamento de *E. analis* ao visitar uma flor, considerando que algumas vezes a abelha vibra em forma de “C” e outras vezes faz “buzz-milking” (Araújo P. C. S., dados não publicados); (2) as características sonoras produzidas por *E. analis* na hora da visita (Araújo P. C. S., dados não publicados), essas abelhas tem a frequência baixa, e provavelmente a amplitude, já que seu zumbido na flor é quase imperceptível. Quanto menor forem estes valores, menor será a quantidade de pólen liberada das anteras e depositadas no estigma (King e Buchmann 1996), conseqüentemente, menor número de sementes formadas (Morandin et al. 2001). (3) O número de sementes formadas após a visita de cada abelha pode estar relacionado também com a altura do estigma no cone de antera da flor do tomateiro. A vibração faz com que grãos de pólen se depositem no estigma, mas como o estilete é curto e o estigma fica dentro do cone de anteras, o contato entre o estigma e o pólen, que está no tórax da abelha vibradora, é menor ou não acontece. Já *A. mellifera* podem aumentar a quantidade de grão de pólen que entra em contato com o estigma ao manipular com a probóscide e/ou ao movimentar a cabeça na parte apical do cone de anteras.

Considerando a grande variação no número de sementes formadas em frutos polinizados por *E. analis*, pode-se afirmar que *A. mellifera* é um polinizador mais eficiente do que *E. analis* no tomate para processamento industrial, mas não podemos extrapolar essa informação para outros grupos de abelhas vibradoras.

Verificou-se que apenas uma visita de abelha é suficiente para que os frutos tenham mais sementes do que os formados pelo processo de autopolinização espontânea, independente do polinizador. Testes feitos com *Bombus* também apontam a mesmo resultado (Nunes-Silva et al. 2013). A vantagem de se obter maior número de sementes está correlacionada positivamente com o aumento na massa do fruto (Morandin et al. 2001, Hogendoorn et al. 2006, Sandoval 2015).

As abelhas eussociais avançadas, *Apis* e *Melipona*, e eussociais primitivas como *Bombus*, possuem características que permitem o manejo em áreas agrícolas. Algumas vantagens relacionadas a essas espécies são ninhos perenes, colônias populosas e comunicação entre os indivíduos de mesmo ninho, possibilitando, assim, maior número de forrageiras nas culturas cultivadas, além de poderem ser cridas em colmeias que podem ser, facilmente, transportadas para as áreas de cultivo. O manejo destes ninhos pode ser usado para solucionar problemas com déficits de polinizadores, caso ocorram, ou para o incremento na produtividade.

O cultivo de tomate para processamento industrial é beneficiado pela presença das abelhas, em especial por *A. mellifera*. O produtor que quiser se beneficiar dos serviços prestados por esses polinizadores deve preservar a vegetação ao redor para manutenção das abelhas ou introduzir colônias desta espécie na área. A vegetação ao redor é importante também para o fornecimento de néctar para essas abelhas, já que flores de tomateiro não produzem este recurso.

Agradecimentos

A bolsa de mestrado concedida pelo CNPq. Ao professor Derly José Henriques da Silva, Victor de Souza Almeida e os funcionários do campo experimental pela ajuda na condução do experimento. Aos professores Fernando Amaral da Silveira e Eduardo Almeida, pela identificação das abelhas coletadas neste estudo. Ao professor Lúcio Antônio de Oliveira Campos, amigos e técnicos do apiário por toda ajuda e apoio durante o experimento.

Referências Bibliográficas

Al-Attal, Y. Z., M. A. Kasrawi, e I. K. Nazer. 2003. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. JAMS. 8: 21-26.

Aldana, J., J. R. Cure, M. T. Almanza, D. Vecil, e D. Rodríguez. 2007. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. Agron. colomb. 25: 62-72.

Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. Moraes Gonçalves, G. Sparovek. 2014. Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorol. Z. 22: 711-728.

Anderson, G. J., e D. Symon. 1988. Insect foragers on *Solanum* flowers in Australia. Ann. Missouri Bot. Gard. 842-852.

Asada, S. I., e M. Ono. 1996. Crop Pollination by Japanese Bumblebees, *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae): Tomato Foraging Behavior and Pollination Efficiency. Appl. Entomol. Zool. 31: 581-586.

Agrianual - Anuário da agricultura brasileira: consultoria e informações de agronegócios (2015). São Paulo: FNP. 453.

Bartelli, B. F., A. O. R. Santos, e F. H. Nogueira-Ferreira. 2014. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). Sociobiol. 61: 60-67.

Bispo dos Santos, A. O. R., F. Bartelli, e F. H. Nogueira-Ferreira. 2014. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. J. Econ. Entomol. 107: 987-994.

Bispo dos Santos, S. A., A. C. Roselino, M. Hrcir, e L. R. Bego. 2009. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). Genet. Mol. Biol. 8: 751-757.

Buchmann, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. G. W. Frankie, W. A. Haber, P. A. Opler, K. S. Bawa, C. E. Jones, e R. J. Little, pp. 73-113. Handbook of experimental pollination biology. New York: Division of Van Nostrand Reinhold Company Inc.

Campos, M. J. O. 2008. Agricultural Management to encourage diversity of tomato pollinators in Ministry of the Environment. (Org.). Pollinators Management in Brazil. Brasília. 26-29.

Cauich, O., J. J. G. Quezada-Euán, J. O. Macias-Macias, V. Reyes-Oregel, S. Medina-Peralta, e V. Parra-Tabla. 2004. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical Mexico. J. Econ. Entomol. 9: 475-481.

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. J. Econ. Entomol. 98: 260-266.

Deprá, M. S., G. C. G. Delaqua, L. Freitas, e M. Cristina. 2014. *Lycopersicum L.*, Solanaceae in Rio de Janeiro state, southeast Brazil. J. Pollinat. Ecol. 1: 1-8.

Dogterom, M. H., J. A. Matteoni, e R. C. Plowright. 1998. Pollination of greenhouse tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). J. Econ. Entomol. 91: 71-75.

Garibaldi, L. A., M. A. Aizen, A. M. Klein, S. A. Cunningham, e L. D. Harder. 2011. Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. Proc. Natl. Acad. Sci. 108: 5909-5914.

Garibaldi, L. A., L. G. Carvalheiro, S. D. Leonhardt, M. A. Aizen, B. R. Blaauw, R. Isaacs, e R. Winfree. 2014. From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. Front. Ecol. Environ. 12: 439-447.

Giannini, T. C., Cordeiro, G. D., Freitas, B. M., Saraiva, A. M., & Imperatriz-Fonseca, V. L. 2015. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. J. Econ. Entomol. 1-9.

Giordano, L. B. C. S. C. Ribeiro. 2000. Origem, botânica e composição química do fruto. In: Silva, J. B. C., e L. B. Giordano (Eds.). Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. (Embrapa Hortaliças). 168.

Greenleaf, S. S., e C. Kremen. 2006. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. Biol. Conserv. 133: 81-87.

Higo, H. A., N. D. Rice, M. L. Winston, e B. Lewis. 2004. Honey bee (Hymenoptera: Apidae) distribution and potential for supplementary pollination in commercial tomato greenhouses during winter. J. Econ. Entomol. 97: 163-170.

Hikawa, M., e Miyanaga, R. 2009. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. Appl. Entomol. Zool. 44: 301-307.

Hogendoorn, K., C. L. Gross, M. Sedgley, e M. A. Keller. 2006. Increased tomato yield through pollination by native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae). J. Econ. Entomol. 99: 828-833.

Hogendoorn, K., C. Steven, e M. A. Keller. 2007. Foraging behaviour of a blue banded bee, *Amegilla chlorocyanea* in greenhouses: implications for use as tomato pollinators. Apidologie. 38: 86-92.

Jong, M., C. Mariani, e W. H. Vriezen. 2009. The role of auxin and gibberellin in tomato fruit set. J. Exp. Bot. erp094

King, M. J., e S. L. Buchmann. 1996. Sonication dispensing of pollen from *Solanum laciniatum* flowers. Funct. Ecol. 449-456.

Klein, D., R. Winfree, I. Bartomeus, L. G. Carvalheiro, M. Henry, R. Isaacs, e T. H. Ricketts. 2015. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. Nat. Commun. 6: 1-8

Klein, A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, e T. Tscharntke. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc. R. Soc. Lond. [Biol]. 274: 303-313.

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.

Melo, P.C.T., e N.J. Vilela, 2005. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. Hort. Bras. 23: 154-157.

Morandin, L. A., T. M. Laverly, e P. G. Kevan. 2001. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses. *J. Econ. Entomol.* 94: 462-467

Naika, S., J.V.L. Jeude, M. Goffau, M. Hilmi, e V.D. Dam. 2006. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA. 6-9.

Netto, P. 2015. Tese. Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de cultivo de tomateiro e o seu papel na polinização. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 9-73.

Nunes-Silva, P., M. Hnrcir, L. Shipp, V. L. Imperatriz-Fonseca, e P. G. Kevan. 2013. The behaviour of *Bombus impatiens* (Apidae, Bombini) on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) flowers: pollination and reward perception. *J. Pollinat. Ecol.* 11: 33-40.

Nunes-Silva, P., M. Hnrcir, L. Shipp, V. L. Imperatriz-Fonseca, e P. G. Kevan. 2013. The behaviour of *Bombus impatiens* (Apidae, Bombini) on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) flowers: pollination and reward perception. *J. Pollinat. Ecol.* 11: 33-40.

Nunes-Silva, P., M. Hnrcir, 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 (Hym.: Apoidea). *J. Appl. Entomol.* 132: 79-85.

Ribeiro, A. C., P. T. G. Guimarães, e V. H. Alvarez. 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG. 107-108.

Sandoval, E. Y. S. 2015. Dissertação. Polinização por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no tomateiro em diferentes sistemas de cultivo no município de Viçosa, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 6-56.

Santos, A. O. R., B. F. Bartelli, e F. H. Nogueira-Ferreira. 2014. Potential Pollinators of Tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in Open Crops and the Effect of a Solitary Bee in Fruit Set and Quality. J. Econ. Entomol. 107: 987-994.

Silva Neto, C. M., E. V. Franceschinelli, F. G. Lima, B. B. Gonçalves, L. L. Bergamini, B. A. R. Bergamini, e M. A. Elias. 2013. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. J. Pollinat. Ecol. 11: 41-45.

Silveira Neto, S., O. Nakano, N. A. Vila Nova. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba: Ceres. 1976. 419.

Thorp, R. W. 2000. The collection of pollen by bees. In Pollen and pollination. Springer Vienna. 211-223.

Toivonen, P. M., e D. A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biol. Technol.. 48: 1-14.

Torres-Ruiz, A., e R. W. Jones. 2012. Comparison of the efficiency of the Bumble Bees *Bombus impatiens* and *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of tomato in greenhouses. J. Econ. Entomol. 105: 1871-1877.

Velthuis, H. H., e A. Van Doorn. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie. 37: 420-451.

Vieira, R. C. M. T., A. R. Teixeira Filho, A. J. D. Oliveira, e M. D. R. Lopes. 2001. Cadeias produtivas no Brasil-Análise da competitividade. Rev. Pol. Agric. 10: 7-15.

Vilela, N. J. 2001. Competitividade da cadeia industrial do tomate em Goiás, pp. 154-157 R.C.M. Vieira, A.R. Teixeira Filho, A.J. Oliveira, e M. R. Lopes, Cadeias

produtivas no Brasil: análise da competitividade. Brasília: Embrapa: Fundação Getúlio Vargas.

Winfree, R., e Kremen, C. 2009. Are ecosystem services stabilized by differences among species? A test using crop pollination. *Proc. R. Soc. Lond. [Biol]*. 276: 229-237.

Wyatt, R., S. B., Broyles, e G. S. Derda. 1992. Environmental influences on nectar production in milkweeds (*Asclepias syriaca* and *A. exaltata*). *Am. J. Bot.* 79: 636-642.