



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS PARA A CULTURA DO TOMATEIRO

CARLOS DE MELO E SILVA NETO

Orientadora:

Prof. Dra. Abadia dos Reis Nascimento

Co-orientadora:

Prof. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli

**Goiânia - GO
Brasil**

Dezembro – 2016



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ **Dissertação** ☒ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

1

2
Nome completo do autor: Carlos de Melo e Silva Neto

Título do trabalho: A importância das abelhas para a cultura do tomateiro

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do (a) autor (a) ²

Data: 09 /01/2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

CARLOS DE MELO E SILVA NETO

A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS PARA A CULTURA DO TOMATEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia. Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientadora:

Prof. Dra. Abadia dos Reis Nascimento

Co-orientadora:

Prof. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli

Goiânia, GO – Brasil
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

de Melo e Silva Neto, Carlos

A importância das abelhas para a cultura do tomateiro [manuscrito]

/ Carlos de Melo e Silva Neto. - 2016.

CXIII, 113 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Abadia dos Reis Nascimento ; co
orientadora Dra. Edivani Villaron Franceschinelli .

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2016.

Bibliografia. Anexos.

Inclui gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Agrotóxico. 2. fungicidas. 3. *Melipona quadrifasciata*. 4.
mortalidade. 5. polinização. I. , Abadia dos Reis Nascimento, orient. II.
Título.

CDU 631/635



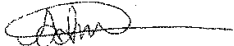
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

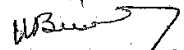


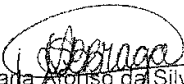
ATA DE DEFESA DE TESE

Aos nove dias do mês de dezembro do ano de dois mil e dezesseis (09.12.2016), às 15h00min, no Mini Auditório do PPGA, da Escola de Agronomia da UFG, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Prof^a. Dr^a. Abadia dos Reis Nascimento - Orientadora e Presidente da Banca, Prof. Dr. Jácomo Divino Borges, Prof^a. Dr^a. Francine Neves Calil, Prof^a. Dr^a. Georgia Ribeiro Silveira de Sant'ana e Prof^a. Dr^a. Carla Afonso da Silva Bitencourt Braga, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: "**A importância das abelhas para a cultura do tomateiro**", de autoria de **Carlos de Melo e Silva Neto**, discente do curso de **Doutorado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG. A sessão foi aberta pela presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início às atividades relativas à defesa da Tese. Passou a palavra ao doutorando, que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido sequencialmente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução nº 1.051, de 09.09.2011 do CEPEC - Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, a Banca Examinadora considerou "**APROVADA**" a Tese, desde que procedidas às correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOCTOR** em Agronomia, na área de concentração em **PRODUÇÃO VEGETAL**, pela Universidade Federal de Goiás. O doutorando deverá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar a versão definitiva da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A conclusão do Curso e a emissão do Diploma dar-se-ão após o cumprimento do Artigo 69, § 1º e § 2º, da Resolução CEPEC nº 1.051, de 09.09.2011. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de efetuadas as modificações sugeridas. No caso do discente titulado não providenciar a publicação de seu trabalho final em forma de artigo(s) científico(s) no prazo de seis meses, após a data da defesa, serão aplicados os dispositivos do Artigo 70, § 1º e § 2º, da mesma Resolução. Para finalizar, a Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com o doutorando e encerrou a sessão às 18h55min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

Conferir com o original
Em, 09/12/2016


Prof^a. Dr^a. Abadia dos Reis Nascimento
Presidente da Banca - EA/UFG


Welinton Barbosa Mota
Secretário do PPGA/EA/UFG
Matrícula SIAPE - 0301973


Prof^a. Dr^a. Carla Afonso da Silva Bitencourt Braga
Membro - IPTSP/UFG


Prof. Dr. Jácomo Divino Borges
Membro - EA/UFG

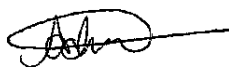

Prof^a. Dr^a. Francine Neves Calil
Membro - EA/UFG


Prof^a. Dr^a. Georgia Ribeiro Silveira de Sant'ana
Membro - Senai/Anápolis-GO

CARLOS DE MELO E SILVA NETO

A importância das Abelhas para a Cultura do Tomateiro

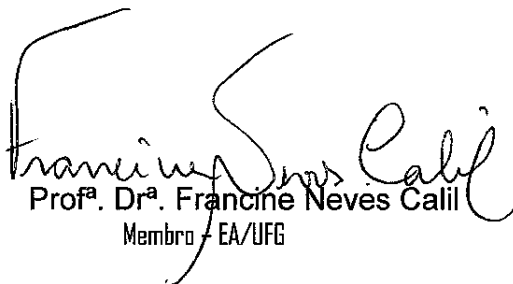
Tese DEFENDIDA em 09 de dezembro de 2016, e APROVADA pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:



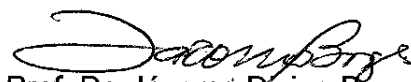
Profª. Drª. Abadia dos Reis Nascimento
Presidente da Banca – EA/UFG



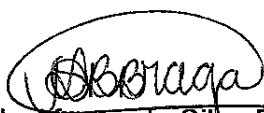
Profª. Drª. Georgia Ribeiro Silveira de Santana
Membro – Senai/Anápolis



Profª. Drª. Francine Neves Calil
Membro – EA/UFG



Prof. Dr. Jácomo Divino Borges
Membro – EA/UFG



Profª. Drª. Carla Afonso da Silva Bitencourt Braga
Membro – IPTSP/UFG

Goiânia – Goiás
Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha **família**, que estive do meu lado durante todos os momentos da pós-graduação, me apoiando e incentivando nessa etapa tão árdua. O apoio incondicional desde o início foi fundamental para a conclusão desta etapa.

Agradeço aos diversos **professores** que contribuíram muito para minha formação nessa nova etapa de estudos. Professores que contribuíram com conhecimento, amizade, companherismo e experiências. Vocês tornaram essa experiência muito mais rica.

Agradeço à minha orientadora e amiga Profa. Abadia dos Reis Nascimento (**Profa. Reizinha**) pela disposição e coragem de aceitar um aluno com idéias diferentes. Seus cuidados de mãe me trouxeram até aqui, sabendo me orientar para o mundo com sua disposição, animação, conhecimento e experiência. Foi uma honra ser seu primeiro orientando de doutorado. Que possamos continuar e ter muitas outras boas experiências. À **Profa. Edivani**, minha co-orientadora, também uma grande amiga e companheira de toda minha formação na pós-graduação. Desde a base sempre me ensinando, ajudando e cuidando. Espero ser um professor/orientador/ser humano tão bom quanto vocês são!

Agradeço aos meus **amigos** que estiveram sempre apoiando, entendendo as distâncias e ausências, mas sempre cuidando, estimulando, defendendo, compartilhando. Também aos amigos que fiz durante essa caminhada no doutorado, que aceitaram muitos desafios junto comigo.

A todos da Universidade Federal de Goiás (UFG) e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), que contribuíram para a minha formação e de muitas outras pessoas. Aos que contribuem sempre com a atividade de ensinar, acredito que é uma das poucas ações que poderão mudar o mundo. E enfim, **a todos** que contribuíram com essa experiência/vivência do doutorado, com a produção de ciência e do longo e rico processo de ensinar e aprender.

Aos familiares, professores e amigos, que
acreditaram no meu trabalho.

DEDICO

Aos que acreditam em um futuro melhor!

OFEREÇO

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 CULTURA DO TOMATEIRO	16
2.1.1 Histórico	16
2.1.2 Aspectos botânicos	16
2.2 PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO TOMATEIRO NO BRASIL E NO MUNDO ...	20
2.2.1 Produção de tomate no Mundo	20
2.2.2 Produção de tomate no Brasil	21
2.3 PRINCIPAIS PRAGAS E TRATOS CULTURAIS DA CULTURA DO TOMATEIRO	25
2.4 POLINIZAÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS	30
2.5 GANHOS ECONÔMICOS PELA POLINIZAÇÃO NAS CULTURA AGRÍCOLAS	30
2.6 ABELHAS NATIVAS	32
2.7 MANEJO DE POLINIZADORES	34
2.8 POLINIZAÇÃO DO TOMATEIRO	36
2.9 AGROTÓXICOS E AS ABELHAS	37
2.10 MECANISMOS DE AÇÃO DOS AGROTÓXICOS NOS INSETOS	38
2.10.1 Neurotóxicos	38
2.10.2 Interferentes na ação hormonal	39
2.10.2.1 Desenvolvimento hormonal do inseto (holometábolo)	39
2.10.2.2 Hormônios Juvenis Análogos (Hja) ou Juvenóides	41
2.10.2.3 Antagonistas de H _j	41
2.10.2.4 Agonistas da Ecdisona	42
2.10.2.5 Inibidores da síntese de Quitina	42
2.10.3 Respiração celular	42
2.10.4 Proteínas inseticidas de Bt	43
2.10.5 Inseticidas com outros mecanismos de ação	43
2.11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
3 ABELHAS, AGROTÓXICOS E A CULTURA DO TOMATEIRO	56
3.1 INTRODUÇÃO	57
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	59
3.2.1 Área de estudo	59
3.2.2 Sistemas de manejo	59
3.2.3 Listagem dos agrotóxicos	59

3.2.4	Verificação dos agrotóxicos	60
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.4	CONCLUSÕES	69
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
4	INFLUÊNCIA DA ABELHA MANDAÇAIA (<i>Melipona quadrifasciata</i>) NA PRODUÇÃO DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO	72
4.1	INTRODUÇÃO	73
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS	74
4.2.1	Experimento 1	74
4.2.2	Experimento 2	76
4.3	RESULTADOS	77
4.3.1	Experimento 1	77
4.3.2	Experimento 2	78
4.4	DISCUSSÃO	79
4.5	CONCLUSÕES	81
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
5	INTERAÇÃO DE FUNGICIDAS E POLINIZADORES DO TOMATEIRO	84
5.1	INTRODUÇÃO	85
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS	87
5.2.1	Áreas de estudo	87
5.2.2	Delineamento e implantação experimental	87
5.2.3	Carga polínica das flores	89
5.2.4	Caracterização dos frutos	89
5.2.5	Análise estatística	90
5.2.6	Experimento de mortalidade de abelhas	90
5.3	RESULTADOS	91
5.4	DISCUSSÃO	96
5.5	CONCLUSÕES	100
5.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
7	ANEXOS	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Histórico de produção de tomate em tonelada entre os anos de 2006 a 2013 dos principais países produtores no mundo	24
Tabela 2.2	Produtividade e custos de produção de tomateiro em diferentes sistemas de cultivo no ano de 2015 (valores de produtividade e valores realizados com base em produções no Estado de São Paulo)	25
Tabela 2.3	Ganhos produtivos das culturas agrícolas devido ao incremento em polinização por abelhas	32
Tabela 3.1	Agrotóxicos utilizados em cultivo de tomateiro (<i>Solanum lycopersicum</i>) no município de Goianápolis, Goiás (pH: Potencial hidrogeniônico; EF: Estado físico; C: Classe; CT: Classificação toxicológica; CA: Classificação ambiental; IS: Intervalo de segurança; DL50: Dose letal; N/A: Sem informação; S/E: Sem efeito; N/D: Não determinado; GR – Granulado; EC - Concentrado Emulsionável; WG - Granulado Dispersível; SC - Suspensão Concentrada; WP - Pó Molhável; SL - Concentrado Solúvel; SP- PÓ Solúvel; I – Inseticida; F – fungicida; H – herbicida; A – Acaricida; B - Bactericida).....	62
Tabela 3.2	Agrotóxicos utilizados no cultivo de tomateiro em Goianápolis, Goiás, que apresentam dose letal (50%) para <i>Apis mellifera</i> definido	67
Tabela 4.1	Número de grãos de pólen, número de sementes, massa (g) e tamanho de fruto (mm) e sólidos solúveis dos tratamentos de tomateiros (*Mann-Whiney - $H(2,23) = 17,7$; $p = 0,0001$; $^1F(2;47) = 5,121$; $p = 0,009$)	79
Tabela 4.2	Número de grãos de pólen, número de sementes, massa (g), altura e largura de fruto (mm) de tomateiros do segundo experimento ($F(4,50)=3,95$; $p = 0,007$) ..	80
Tabela 5.1.	Descrição de fungicidas e intervalos de aplicação nos diferentes tratamentos realizados par a cultura do tomateiro em Goiânia, Goiás	89
Tabela 5.2	Tratamentos realizados nos tomateiro com os resultados das variáveis (Pólen; Marca; Distância de marca - $F(10,315) = 2,823$; $p = 0,002$; n° de sementes; massa; altura e largura)	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Flor do tomateiro (variedade saladete) A. Começo da Antese floral (6h30); B. Exposição das anteras (7h30); C. Pétalas deflexas (12h00); D. Polinização por Exomalopsis; E. Fechamento parcial da flor (18h00); F. Abertura floral no 2º dia (6h30); G. Inclinação da flor e das pétalas; H. Senescência floral (3º dia) (Silva-Neto et al., 2017)	19
Figura 2.2	Ganhos econômicos da polinização por abelhas entre os anos de 2000 a 2013 por cultura agrícola no Estado de Goiás	33
Figura 2.3	Dinâmica hormonal dos insetos de acordo com a fase da transformação	41
Figura 2.4	Estágios do desenvolvimento de <i>Apis mellifera</i>	42
Figura 3.1	Produtores rurais aplicando agrotóxicos em cultivos de tomateiro	64
Figura 3.2	Análise dos componentes principais de variáveis dos agrotóxicos utilizados na cultura do tomateiro (DL50, pH, intervalo de segurança de aplicação, data da aplicação, estado físico do produto, classe, classificação toxico-lógica e classificação ambiental) em Goianápolis, Goiás. (Componente 1 - DL50: 27,14%; Componente 2 - pH: 19,65%; intervalo de segurança: 16,63%; data: 15,52%; Estado físico: 9,52%; classe: 6,29%; classificação toxicológica: 3,43%; classificação ambiental: 1,79%)	68
Figura 4.1	Abelha mandacari (<i>Melipona quadrifasciata</i>). A. polinizando a flor de tomateiro (<i>Solanum lycopersicon</i>) no interior da estufa. B. Marca de polinização realizada no cone de anteras da flor de tomateiro	78
Figura 5.1	Recipiente plástico com fungicida associado à dieta de abelhas da espécie <i>Melipona quadrifasciata</i>	92
Figura 5.2.	Taxa de mortalidade de <i>Melipona quadrifasciata</i> por diferentes tratamentos com fungicidas e períodos de avaliação. Letras minúsculas diferenciam significância estatística de tratamento avaliado em 24 horas, já letras maiúsculas, em 48 horas de avaliação.....	93
Figura 5.3.	Taxa de mortalidade média de <i>Melipona quadrifasciata</i> por diferentes tratamentos com fungicidas em 54 horas de avaliação	94
Figura 5.4	Análise dos componentes principais dos diferentes tratamentos de fungicidas em relação as características de polinização e produção de frutos no tomateiro (Componente 1- Pólen: 41,46%; Componente 2 - Marca: 23,38%; Semente: 16,53%; Massa: 15,17 %; Tamanho de fruto: 2,73% e Aplicações: 0,72%)	96

RESUMO GERAL

SILVA-NETO, C. M. **A importância das abelhas para a cultura do tomateiro**. 2016. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016².

O uso inadequado dos agrotóxicos é negativo às abelhas visitantes das culturas agrícolas, reduzindo os ganhos em produção resultantes da polinização. Ainda não existem estudos acerca do efeito dos fungicidas sobre as abelhas que polinizam culturas agrícolas, sendo que não somente inseticidas podem causar efeitos negativos às abelhas. A produção do tomateiro também é realizada em casas de vegetação, condição que poderia reduzir o uso de agrotóxicos, porém gera o déficit de polinização, reduzindo a produção de frutos. Assim, os objetivos desta pesquisa são verificar os agrotóxicos utilizados na cultura do tomateiro e a relação desses produtos com as abelhas, a influência de fungicidas na polinização da cultura e o manejo de abelha em ambiente protegido. Neste estudo foram realizadas três atividades, primeiro, um estudo de caso com o levantamento de agrotóxicos utilizado no cultivo do tomateiro em Goianápolis, GO, seguido de experimento conduzido em casa de vegetação para verificar a polinização do tomateiro pela abelha sem ferrão *Melipona quadrifasciata* e, por último, foram conduzidos dois experimentos para verificar o efeito de repelência de visitantes florais de tomateiro por diferentes combinações de fungicidas em campo e sua respectiva produção de frutos, seguido da mortalidade de abelhas *M. quadrifasciata* em laboratório com uso dos fungicidas. Foi verificada a utilização de 35 agrotóxicos, sendo 40,5% deles exclusivamente da classe dos inseticidas, 32,4% fungicidas, 13,5% acaricidas e inseticidas e apenas dois produtos utilizados pertenciam à classe dos fungicidas e bactericidas, e um herbicida. Em relação à classificação toxicológica dos produtos, 51,4% classificados como medianamente tóxicos, porém 17,14% classificados como extremamente tóxicos e altamente tóxicos, totalizando 34,38% para os dois grupos, e somente 14,2% classificados como pouco tóxicos. Assim, cerca de 97% dos produtos utilizados apresentam algum grau de periculosidade em relação ao meio ambiente. Do total, 22 (62,85%) dos produtos químicos utilizados no cultivo de tomateiro apresentam a dose letal para *A. mellifera*, sendo a maioria representada por inseticidas. Quanto à polinização em casa de vegetação, os frutos de tomate produzidos em estufas com presença de abelhas apresentaram uma superioridade de 15% em massa fresca e 41,1% no número de sementes em relação aos frutos produzidos em ambiente aberto. Para o tomateiro de crescimento indeterminado, a produção de semente é 33% maior quando a flor é polinizada e a produção de massa de tomate apresenta ganhos de 16%. Os resultados evidenciam a relevância do uso de *M. quadrifasciata* direcionado à polinização de plantas do tomateiro em casa de vegetação. A taxa de mortalidade para *M. quadrifasciata* em 24 horas de avaliação foi maior quando aplicados o Hidróxido de cobre (75%) e a Trifloxistrobina + Tebuconazol (50%). No entanto, nos tratamentos com Mancozeb, *Bacillus subtilis* e no tratamento testemunha não houve diferenças entre si. Assim, quanto mais aplicações de agrotóxicos realizadas sobre as flores de tomateiros, ocorre menos visitas de abelhas às flores e, consequentemente, menor a quantidade de grãos de pólen depositados nos estigmas, refletindo na produção de frutos.

Palavras-chave: Agrotóxico, fungicidas, *Melipona quadrifasciata*, mortalidade, polinização, inseticidas.

¹ Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Abadia dos Reis Nascimento. UFG/EA

² Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª Edvani Villaron Franceschinelli. UFG/ICB

ABSTRACT

SILVA-NETO, C. M. **The importance of bees for the tomato crop**. 2016. 112 f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Vegetable Production) - School of Agronomy, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016³.

Improper use of pesticides is negative visiting bees of agricultural crops, reducing the gains in production resulting from pollination. There are no studies on the effect of fungicides on the bees that pollinate crops, and not only insecticides can cause negative effects bees. The tomato production, is that culture is widely carried out in greenhouses, a condition that reduces the use of pesticides, but generates the pollination deficit, reducing the production of fruit. Thus, the objectives of this study are to verify the pesticides used in tomato crop and the list of products with bees the influence of fungicides in the pollination of culture and bee management in protected environment. In this study there were three activities, first a case study with a survey of pesticides used in tomato plantation in Goianópolis, followed by experiment conducted in a greenhouse to check the pollination of tomato by stingless bee *Melipona quadrifasciata* and last group experiments to verify effect repellency pollinators of tomato by different combinations of fungicides in the field and their respective fruit production, followed by the death of *M. quadrifasciata* bees in the laboratory with the use of fungicides. The use of 35 pesticides was found, and 40.5% only of the insecticide class, 32.4% are fungicides, 13.5% are miticides and insecticides and only two products used belong to class of fungicides and bactericides and herbicides. Regarding the toxicological classification of the products, 51.4% are classified as moderately toxic, however 17.14% are classified as extremely toxic and highly toxic, amounting to 34.38% for both groups and only 14.2% are classified as low toxicity. Thus, about 97% of the products used have some degree of danger in relation to the environment. 22 (62.85%) of the chemicals used in growing tomato show the dose lethal to *A. mellifera*, mostly represented by insecticides. As for pollination in the greenhouse, the fruits of tomatoes produced in greenhouses with the presence of bees showed a superiority of 15% in fresh weight and 41.1% in the number of seeds in relation to the fruits produced in an open environment. For tomato indeterminate growth, seed yield is 33% greater when the flower is pollinated and mass production of tomatoes reaches a 16% gain. The results show the relevance of the use of *M. quadrifasciata* directed pollination in the greenhouse. The mortality rate for *M. quadrifasciata* in 24 hours valuation was higher for copper hydroxide and Trifloxistrobin and Tebuconazole, being approximately 75% and 50%, respectively. Already Mancozeb, *Bacillus subtilis* and the witness did not differ among themselves. Thus, the more pesticide applications made on tomato flowers, fewer visits from bees flowers and consequentente lower the amount of pollen grains deposited on stigmas, reflecting in fruit production.

Key-words: Pesticides, fungicides, *Melipona quadrifasciata*, mortality, Pollination, insecticides.

² Adviser: Prof^a Dr^a Abadia dos Reis Nascimento. UFG/EA.
Co-advisar: Prof^a Dr^a Edivani Villaron Franceschinelli. UFG/ICB

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os benefícios dos agentes polinizadores nativos às culturas agrícolas são serviços ecossistêmicos, também conhecidos como serviços ambientais (De Marco & Coelho, 2004; Kremen, 2005; Costanza et al., 2014). Estes serviços são conceituados como condições e processos por meio dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam a vida humana (Daily, 1997). Os serviços também são definidos como os benefícios que a população humana deriva, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas (Costanza et al., 1997; Costanza et al., 2014).

Os polinizadores fornecem um serviço essencial ao ecossistema e trazem inúmeros benefícios à sociedade, através do seu papel na agricultura com a produção de alimento, e na conservação da diversidade biológica. Muitas vezes, a produção agrícola reduzida ou os frutos deformados são resultantes da polinização insuficiente e não da falta do uso insuficiente de insumos agroquímicos (Nunes-Silva et al., 2010; Silva-Neto et al., 2013; Ribeiro et al., 2015).

Atualmente é evidente o valor econômico dos polinizadores, mesmo em culturas em que a autopolinização ocorre, como no café, na canola e na soja, há um aumento considerável da produção de frutos e sementes após a ocorrência da polinização por abelhas nativas ou introduzidas (Veddeler et al., 2008; Ribeiro et al., 2013). No café, estudos evidenciam um aumento de produtividade de frutos de 14% a 50% (De Marco & Coelho, 2004; Ricketts et al., 2008) e na produção da canola aumento de 53 a 55,1% de produção nas plantas polinizadas (Durán et al., 2010; Rosa et al., 2011).

O tomateiro pertence ao gênero *Solanum* (Solanaceae) sendo originário das regiões andinas, porém foi amplamente cultivado pelo mundo e adaptado para diversas regiões do mundo (Spooner et al., 1993; Olmstead & Palmer, 1997; Chetelat et al., 2009). Uma das características do gênero *Solanum* é a morfologia das anteras com abertura poricida. Para a liberação dos grãos de pólen das anteras é necessária a presença de polinizadores efetivos que produzam a vibração das mesmas, assim nos tomateiros são as

abelhas que realizam a polinização vibrátil (Buchmann & Hurley, 1978; Nunes-Silva et al., 2010). As variedades cultivadas são autogâmicas, porém o comportamento de polinização vibrátil das abelhas contribui com a autopolinização destas variedades, uma vez que seus estigmas são introrsos e boa parte dos grãos de pólen expelidos das anteras é depositada no estigma da mesma flor (Greenleaf & Kremen, 2006; Silva-Neto et al., 2013).

A abertura poricida do tomateiro torna importante a relação da cultura com as abelhas que vibram, uma vez que *Apis mellifera* L. e vários outros polinizadores que buscam pólen não são capazes de vibrar. Algumas famílias das abelhas nativas do Brasil que realizam o movimento de vibração são Andrenidae, Apidae (exceto *Apis*), Colletidae, Halictidae e Megachilidae (Harter et al., 2002). Devido à relação específica entre polinizador e produção de frutos na cultura, os principais fatores limitantes para a formação do fruto são aqueles que influenciam na conservação desses polinizadores, como a perda e a fragmentação do habitat, uso excessivo de agrotóxicos o que conseqüentemente, resulta na diminuição das populações de polinizadores, causando um déficit de polinização na cultura (Greenleaf & Kremen, 2006; Winfree et al., 2007).

De acordo com Teppner (2005), em estudos com tomateiros na região central da Europa, observou-se que as abelhas grandes (*Bombus*) podem ser bons polinizadores dos tomateiros, por apresentarem facilidade de vibração das anteras. No Brasil, poucos são os estudos de interação dos polinizadores com as flores do tomateiro, que poderia evidenciar os principais grupos dos polinizadores, o comportamento dos mesmos em relação ao recurso oferecido (pólen) e os efeitos dessa relação na produção de frutos (Silva-Neto et al., 2013). Outro aspecto pouco considerado é o uso de agrotóxicos na produção do tomateiro e a interação com as abelhas, não havendo estudos que demonstrem redução de riqueza, abundância ou alteração comportamental das abelhas nativas nas plantações ou entorno.

Além do contexto do aumento da produção de frutos, resultante do benefício da polinização das abelhas nativas, há também diferentes resultados de produção entre variedades dentro de um cultivo, como no caso da cultura do morango, em que três variedades da cultura foram testadas para a polinização da abelha *Plebeia nigriceps* (Fries, 1901) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) e apresentaram resultados diferentes para o tamanho dos frutos, sendo mais efetivos quanto à melhoria no aspecto da deformação de frutos (Witter et al., 2012). Assim, esta pesquisa evidencia a relevância em considerar a polinização

como característica comparável entre variedades do mesmo cultivo, sendo aplicado em no presente estudo, aos tomateiros.

A polinização de culturas agrícolas com abelhas, especialmente para o tomateiro, é atividade ainda pouco realizada no Brasil e no mundo. Atualmente, os produtores rurais preferem realizar a vibração manualmente das plantas de tomateiro e obter resultados inferiores à polinização realizada pelas abelhas, a ter que realizar o manejo de colônias no interior de casa de vegetação (Higuti et al., 2010; Meyrelles, 2013).

Os produtores rurais também tem dificuldade de modificar o manejo de aplicação de agrotóxicos na cultura para não prejudicar as abelhas. Bartelli et al. (2014) verificaram redução das atividades de *Melipona quadrifasciata* em casa de vegetação em comparação com colônias no ambiente externo, sendo este efeito atribuído à dificuldade de orientação provocada pelo sombrite/telado/lona, o que provoca redução da alimentação e enfraquecimento da colônia. Mesmo com a redução da atividade da colônia no interior da casa de vegetação, Bartelli e Nogueira-Ferreira (2015), em continuidade ao estudo anterior, verificaram resultados positivos na polinização de tomateiro, obtendo 47% a mais de sementes e 14% a mais em sólidos solúveis de frutos oriundos de flores polinizadas pelas abelhas.

Atualmente no mundo, vive-se um processo de reaprendizado na agricultura moderna, o qual visa a produção de alimentos de forma sustentável, preocupada com os aspectos sócio-ambientais da atividade. Neste aspecto, a atenção aos polinizadores nativos e não nativos (abelhas e outros) são fundamentais para a construção de novos modelos produtivos, considerados práticas amigáveis aos polinizadores (Hipólito et al., 2016).

Dentre essas práticas, o não uso de agrotóxicos (ou uso reduzido) tem destaque, uma vez que prejudicam direta e indiretamente os polinizadores e seus efeitos de curto e longo prazos quase não são conhecidos. Outro aspecto relevante é que grande parte dos recursos alimentares dos polinizadores são originados de flores de culturas agrícolas, considerando cada vez mais recursos florais naturais estão em escassez devido ao desmatamento (Garibaldi et al., 2016; Rader et al., 2016). Assim, a conservação das abelhas torna-se fundamental para a manutenção e o aumento da produtividade de culturas agrícolas no mundo, sendo necessário o planejamento da interação entre práticas agrícolas e a atividade dos polinizadores.

Assim, diante do exposto, da carência de informações sobre a interação das abelhas com a cultura do tomateiro e os agrotóxicos, os objetivos desta pesquisa foram

verificar e caracterizar os agrotóxicos utilizados na cultura do tomateiro quanto às características físico-químicas e classificação toxicológica e ambiental, averiguar a relação dos produtos com as abelhas quanto à dose letal, pesquisar a influência de fungicidas na polinização da cultura, verificando a visitação e a mortalidade das abelhas e, como alternativa para a produção e polinização da cultura, propor o manejo de abelhas no cultivo do tomateiro em ambiente protegido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO TOMATEIRO

2.1.1 Histórico

O tomateiro é originário das regiões Andinas e pertence ao gênero *Solanum*, da família Solanaceae, porém anteriormente pertencu ao gênero *Lycopersicon*. A partir de revisões filogenéticas utilizando sequência de DNA (Spooner et al., 2005) e estudos mais aprofundados de morfologia e de distribuição das plantas, o tomateiro deixou de ser denominado como *Lycopersicon esculentum* Mill. e passou a ser *Solanum lycopersicum* L. (Peralta et al., 2001; Spooner et al., 2005; Brickell et al., 2004; Peralta et al., 2006).

A planta do tomateiro, tipicamente sulamericana, já fazia parte da alimentação dos povos Astecas na região do México (Olmstead & Palmer, 1997; Chetelat et al., 2009). No período pré-europeu os frutos do tomateiro apresentavam tamanho reduzido, além de serem perecíveis em poucas horas após a colheita, dificultando ainda mais a consolidação de seu uso na alimentação. Acredita-se que sementes do fruto foram levadas para o continente europeu por espanhóis que colonizaram a região sul-americana, sendo que no velho mundo passou a ser mais utilizado como planta ornamental do que como alimentação, devido à beleza de seus frutos. O consumo dos frutos na Europa iniciou-se somente com os tomateiros de coloração amarelada, na Itália, sendo o fruto também conhecido por “Pomi d’oro” ou maçã dourada (Alvarenga, 2013).

A partir do consumo, centenas de variedades foram selecionadas e melhoradas, em diversas partes do mundo (Europa e Ásia), de acordo com as necessidades e adaptações locais. No Brasil, a introdução do tomateiro ocorreu após a primeira Guerra (1914-1918), especialmente com a entrada de imigrantes europeus no país (Alvarenga, 2013).

2.1.2 Aspectos botânicos

O tomateiro é uma planta arbustiva perene, mas que tradicionalmente se cultiva como anual devido à incidência de pragas, doenças e redução da produtividade. O ciclo de vida da espécie é variável, podendo produzir frutos maduros de 90 a 120 dias após a germinação da semente, ou 45 a 55 dias após o florescimento. O sistema radicular do tomateiro apresenta a raiz principal (pivotante), raízes secundárias e raízes adventícias. A raiz principal da planta pode alcançar profundidade de até 1,5 m, mas cerca de 70% das raízes são encontradas a menos de 20 cm da superfície do solo (Alvarenga, 2013).

O caule do tomateiro é pouco lignificado com aspecto herbáceo, apresentando sua superfície recoberta por pelos (tricomas). A planta desenvolve de seis a 12 folhas em filotaxia alternadas helicoidal (2/5), sendo que a partir de seis folhas a gema axilar na folha passa a desenvolver-se em inflorescência. As folhas são compostas por grande folíolo terminal (imparipinada) com cerca de seis a oito folíolos laterais, podendo estes serem recompostos. As bordas dos folíolos, ou foliolulos, são recortadas, diversificando de acordo com a variedade. Assim como o caule, a epiderme das folhas é recoberta por tricomas, os quais têm papel fundamental na proteção do limbo foliar contra herbívoros e insetos pragas (Alvarenga, 2013).

As inflorescências do tomateiro são em forma de cimeiras ou racemos, apesar de ocorrerem modificações de acordo com a variedade. As inflorescências dos tomateiros da variedade saladete são cimeiras que apresentam modificações em forma de dicásio e drepânio. A variação da morfologia da inflorescência é comum em espécies cultivadas. Em *Solanum melongena* (berinjela) há variações na morfologia, sendo a forma comum uma cimeira escorpioide (Pradeepa, 2002).

Cada indivíduo de *S. lycopersicum* apresenta, em média, $7 \pm 2,13$ botões por inflorescência. As flores são bissexuais, actinomorfas, com diâmetro de 1,5 a 2 cm. As flores apresentaram, em média, $5,62 \pm 0,71$ pétalas; $5,56 \pm 0,72$ sépalas $6,51 \pm 0,75$ anteras por flor. O tubo de estames apresentado na flor tem, em média, $1,05 \pm 0,09$ cm. O tamanho do tubo de estames é uma limitação para o tamanho das abelhas que polinizam as flores do tomateiro. *Dialictus* sp. e *Paratrigona lineata* (0,4 cm e 0,6 cm, respectivamente) não conseguem se segurar no tubo de estames. No entanto, *Exomalopsis* spp. (0,8 cm) e abelhas com tamanhos maiores conseguem se segurar no tubo de estames e realizar autopolinização por vibração (Silva-Neto et al., 2013).

O cone de antera envolve o estigma, e na variedade saladete o estigma está um pouco abaixo da abertura dos poros das anteras. Essa característica morfológica é derivada

da forma selvagem que apresentava o estigma mais à frente da região dos poros das anteras, contribuindo, assim, para o estabelecimento de um sistema de hercogamia que conduz à polinização cruzada. Porém, com a seleção de variedades, foram selecionadas plantas que apresentavam o estigma abaixo do poro das anteras, visando à autopolinização e à manutenção das características selecionadas (Spooner et al., 1993; Olmstead & Palmer, 1997; Chetelat et al., 2009).

Na inflorescência ocorre a abertura de duas flores por vez. Quando as duas primeiras começam o processo de senescência, as duas próximas começam suas anteses florais. As aberturas dos botões florais se dão por volta de 6h 30min da manhã. As flores permanecem abertas até às 18h, fechando novamente, e no dia seguinte reabrindo no mesmo horário. A abertura floral tem duração de, aproximadamente, uma hora, já expondo as anteras da flor. O estigma da flor se mantém receptivo durante todo o período de abertura da flor (Silva-Neto, 2013).

As flores apresentam inclinação para baixo com pétalas abertas e patentes. Porém, a partir do meio dia as pétalas se apresentam deflexas até o final da tarde, quando as flores iniciam seus fechamentos (Figura 2.1), provavelmente para proteger os elementos reprodutivos da flor. As flores têm duração de até 73 horas (três dias), aproximadamente. Acredita-se que o comportamento fenológico seja oriundo dos ancestrais do cultivar, em que no primeiro dia a flor disponibilizava os grãos de pólen e nos segundo e terceiro dias, o estigma para receber grãos de pólen de outras flores, aumentando as chances da polinização cruzada. Esse comportamento fenológico ainda é encontrado em espécies nativas do gênero *Solanum* (Silva-Neto et al., 2013; 2016).

Em *S. melongena* L., espécie do mesmo gênero e também cultivada, as flores permanecem abertas aproximadamente três dias ou mais, dependendo da polinização da flor. Ainda, essa espécie também apresenta fenologia da flor semelhante ao do tomateiro, com antese no início da manhã, fechamento noturno e senescência floral após três a quatro dias (Montemor & Malerbo-Souza, 2009).

Os tomates são frutos do tipo бага, carnosa e succulenta, podendo ser de bi a plurilocular, dependendo da variedade. Eles podem pesar de 5 g da variedades de cereja a 500 g da variedade dominador. O tempo estimado da flor auto-polinizada até a formação do fruto maduro é de sete a dez semanas de desenvolvimento, dependendo da variedade e aspectos nutricionais e climáticos (Alvarenga, 2013).

A planta pode desenvolver-se rasteiramente ao solo, ereta ou semi-ereta dependendo da variedade e da forma de cultivo. Estas características são definidas pelo hábito de

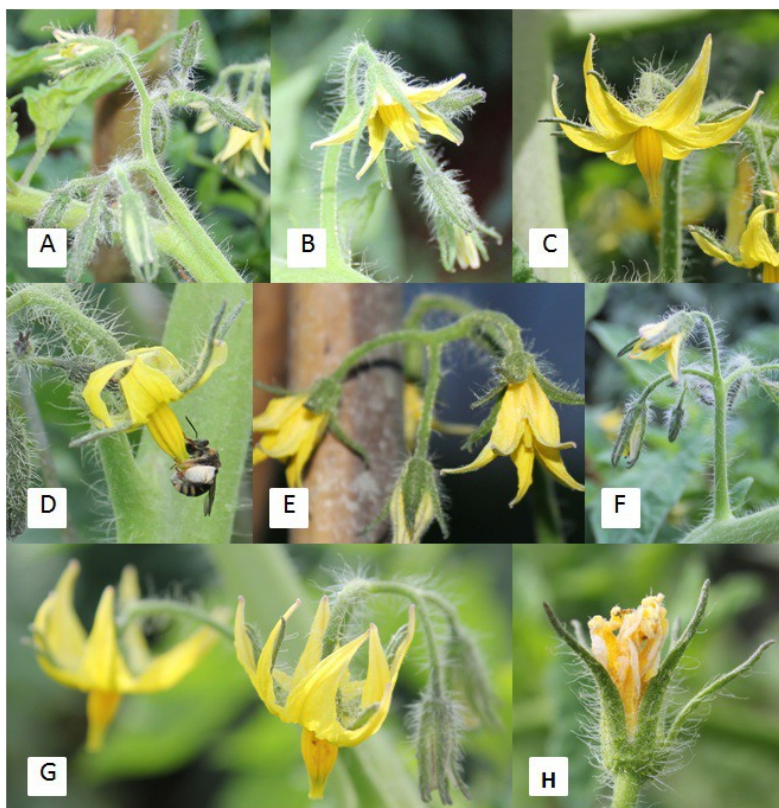


Figura 2.1. Flor do tomateiro (*Solanum lycopersicum* - variedade saladete) A. Começo da antese floral (6h 30); B. Exposição das anteras (7h 30); C. Pétalas deflexas (12h 00); D. Polinização por *Exomalopsis*; E. Fechamento parcial da flor (18h 00); F. Abertura floral no segundo dia (6h 30); G. Inclinação da flor e das pétalas; H. Senescência floral (terceiro dia). (Silva-Neto, 2013).

crescimento do tomateiro, que pode ser do tipo: crescimento determinado e crescimento indeterminado. As variedades de crescimento determinado são caracterizadas pela ausência de dominância apical, assim, a planta desenvolve várias hastes principais e ramos florais, tendo seu tamanho e desenvolvimento limitados. As plantas desse grupo são utilizadas principalmente na produção de tomateiro rasteiro, uma vez que com desenvolvimento limitado, os aspectos fenológicos são mais homogêneos em toda a planta, sendo que ao final do ciclo produtivo há maior quantidade de frutos maduros para serem colhidos em uma única etapa (Alvarenga et al., 2013).

As variedades de crescimento indeterminado são caracterizadas pela dominância do caule principal (ou haste). Entretanto, ocorre a brotação de diversos ramos laterais nas

gemas axilares, característica esta que torna essencial a desbrota para não haver competição entre os ramos. Há produção de fruto em diversos estágios de maturação, prolongando a colheita dos frutos por maior período, além de permitir prolongar ou reduzir o ciclo produtivo da cultura de acordo com os interesses produtivos. A diversidade de variedades de crescimento do tomateiro apresentam diferenças morfofisiológicas que afetam o manejo produtivo da cultura, que irá refletir na quantidade de nutriente utilizada pela cultura até características dos frutos (Alvarenga et al., 2013).

2.2 PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO TOMATEIRO NO MUNDO E NO BRASIL

2.2.1 Produção de tomate no Mundo

O tomateiro é cultivado em quase todo o mundo, e sua produção global duplicou nos últimos 30 anos. Dentre os principais fatores para a expansão dessa cultura está o crescimento do consumo e a melhoria das técnicas produtivas. Entre 1983 e 2005, a produção mundial *per capita* de tomate cresceu cerca de 36%, o consumo passou de 14 kg para 19 kg por pessoa por ano (Carvalho & Pagliuca, 2007). Entre os anos de 2006 e 2013, a produção de tomate aumentou quase 20%, embora tivesse um aumento de apenas 10% em área, evidenciando, assim, um aumento na produtividade média da cultura (aproximadamente 10%, também).

Para Carvalho & Pagliuca (2007), o crescente consumo de tomate está relacionado com a consolidação de redes de “fast food”, que utilizam essa hortaliça nas formas processada e fresca, juntamente com o aumento da demanda por alimentos industrializados ou semiprontos na forma de molhos pré-preparados ou prontos para consumo. Mais recentemente, a demanda por tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da comercialização do produto fresco e, em muitos casos, de produtos de origem do manejo orgânico.

Ainda fazendo parte do crescimento do consumo, é importante ressaltar que o tomate é considerado um alimento funcional devido aos altos teores de vitaminas A e C, além de ser rico em licopeno, substância conhecida no combate a radicais livres produzidos no organismo humano. O consumo dessa substância, presente tanto no fruto fresco como no processado, ajuda na prevenção de cânceres, principalmente aqueles relacionados ao aparelho digestivo (Shami & Moreira, 2004).

Outra importante mudança no mercado global de tomate foi a redistribuição das áreas de cultivo, e posteriormente houveram mais comumente plantados em condições controladas, na América do Norte e na Europa, a expansão de seu cultivo em países da América Latina e no Continente Asiático. Os investimentos do governo chinês para o desenvolvimento da região noroeste do país, uma das mais pobres, alavancaram a produção do fruto, principalmente na década de 1990 (Carvalho & Pagliuca, 2007). Atualmente a China é o maior produtor mundial de tomate, com produção de cerca de 50 milhões de toneladas por ano, correspondendo a mais de 30% de toda a produção (Tabela 2.1). A produção anual é seguida pela Índia, com 17,5 milhões de toneladas, Estados Unidos, com 13,2 milhões de toneladas e Turquia, com 11,3 milhões de toneladas. Para a produção de 2012, o Brasil foi considerado o 14º maior produtor, com 0,38 milhões de toneladas, representando 2,39% do total (FAOStat, 2016; Agrianual 2016).

2.2.2 Produção de tomate no Brasil

A produção de tomateiros no Brasil pode ser dividida em dois grandes grupos: os tomates de mesa produzidos para consumo *in natura* (também denominados de tutorados) e os tomateiros rasteiros (Reis-Filho et al., 2009). Do total de tomates produzido no Brasil, cerca de 77% (mais de 2 milhões de toneladas), são destinados ao mercado *in natura* (tomate de mesa ou estaqueado). A produção de tomates para o consumo *in natura* no País passou por grandes transformações tecnológicas nessa última década, estimulada pela competição com a cultura do tomateiro rasteiro. Dentre alguns aspectos na produção do tomateiro de mesa ou tutorado, o aparecimento de nova geração de híbridos do grupo Salada, que substituíram as tradicionais cultivares japonesas de frutos exageradamente grandes e moles, favoreceu o aumento da produção de tomate de mesa (Gualberto et al., 2007).

A produção de tomate rasteiro no Brasil teve início em Pernambuco, no final do século XVIII. Entretanto, essa cultura somente se desenvolveu a partir da década de 1950, no Estado de São Paulo, o que levou ao processo de implantação das agroindústrias. A expansão da cultura para outras regiões ocorreu na década de 1980, na região Nordeste, especialmente em Pernambuco e no Norte da Bahia e o principal fator de atração desta atividade para essa região foram às condições climáticas favoráveis, em um período em que os produtores vislumbravam a possibilidade de cultivo do tomate durante a maior parte

do ano, com o intuito de reduzir o período de ociosidade da indústria na entressafra (Dieese, 2010).

De 2002 a 2008, a produção brasileira de tomates aumentou de 3,65 para 3,87 milhões de toneladas, um crescimento de 5,9% no período, enquanto a área colhida teve uma redução de 2,6%, de 62,5 mil ha para 60,9 mil hectares. No mesmo período, o aumento acelerado da produção dos estados do Paraná (71,5%), Rio de Janeiro (27,6%) e Goiás (20,7%), impulsionou os resultados da produção nacional (Dieese, 2010). Mesmo com o crescimento da produção brasileira de tomate, seu ritmo é considerado inferior ao verificado em escala mundial, associado à redução da área colhida (FAOStat, 2016).

A produção de tomate no Brasil tem maior importância nas regiões do Sudeste e Centro-Oeste. Em 2008 o Estado de Goiás detinha a maior participação na produção nacional (29,7%), seguido por São Paulo (19,9%) e Minas Gerais (12,0%), que juntos concentravam cerca de 62% do total produzido no País (Dieese, 2010). Em análise temporal, do ano 2000 a 2013, o Estado de Goiás apresentou uma produtividade média de 78,16 t ha⁻¹ para tomates, com a produtividade atingindo 90 t ha⁻¹ no ano de 2014. Atualmente, o Estado de Goiás é o maior produtor de tomate do País. A partir do ano 2000, a produção de tomate industrial em Goiás vem aumentando, e responde, em média, por 89% de toda a produção nesse período (Figura 8) (Goiás, 2016).

Em relação aos custos produtivos em diferentes sistemas de cultivo, os tomateiros produzidos em estufa têm custo aproximado de R\$. 136.877,00 por hectare de estufa, com maior margem de lucro para a produção (53%) e a produtividade podendo chegar a 122 t ha⁻¹ (Tabela 2). Os altos custos desse tipo de produção devem-se à tecnificação na estufa, mão de obra e os materiais utilizados, como a irrigação entre outros (Agrianual, 2016).

A produção de tomateiro rasteiro é obtida com menor custo, comparando com outras formas de condução da cultura de tomate, sendo, em média, R\$.15.264,00 por hectare, com produção de 85 t ha⁻¹ em um sistema de alto adensamento (30.000 pl ha⁻¹). As margens de lucro nesse sistema são de, aproximadamente, 12,40%. Os baixos custos produtivos nesse sistema, em comparação com outras produções de tomate, devem-se à redução do número de aplicações de defensivos agrícolas (cerca de 12 a 16 aplicações no ciclo), mecanização das etapas de manejo (irrigação, colheita, mão de obra, etc). No sistema de produção de tomateiro estaqueado em cultivo aberto, a produtividade é intermediária entre os dois outros sistemas produtivos, apresentando produção de, aproximadamente, 77 t ha⁻¹, sendo os custos produtivos de R\$. 76.676,00 por hectare, com margem de lucro de 26,10%. O elevado custo de produção nesse sistema deve-se à extensiva necessidade de mão-de-obra em todas as etapas da produção.

Os valores de produção de cada sistema de cultivo estão relacionados a valores de insumos agrícolas, sementes e implementos, sendo, muitas vezes, relacionados ao valor do dólar, assim como a margem de lucro está associada a regras de mercado, demanda e oferta do produto (Agrianual, 2016).

Tabela 2.1. Histórico de produção de tomate (*Solanum lycopersicum*), em toneladas, entre os anos de 2006 e 2013, dos principais países produtores no mundo.

Produção (Tonelada)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
China	32.519.322	36.096.890	39.938.708	45.365.543	46.876.084	49.323.221	48.168.616	50.664.255
Estados Unidos	12.257.172	14.185.180	12.735.130	14.181.320	12.858.670	12.526.070	13.206.950	12.574.550
Turquia	9.854.877	9.945.043	10.985.355	10.745.572	10.052.000	11.003.433	11.350.000	11.820.000
Brasil	3.362.655	3.431.230	3.867.655	4.310.477	4.106.846	4.416.652	3.873.985	4.187.646
Espanha	3.800.552	4.081.477	4.049.753	4.798.053	4.312.709	3.864.120	4.046.400	3.683.600
México	2.899.153	3.150.353	2.872.670	2.691.395	2.997.641	2.435.788	3.433.567	3.282.583
Portugal	983.191	1.236.235	1.147.600	1.346.702	1.406.100	1.245.364	1.392.700	1.742.000
Marrocos	1.245.000	1.237.030	1.312.310	1.230.470	1.433.937	1.217.905	1.219.071	1.293.319
Tunísia	855.000	1.000.000	1.200.000	1.135.000	1.296.000	1.284.000	1.100.000	1.200.000
Grécia	1.568.731	1.464.844	1.338.600	1.561.311	1.406.200	1.169.900	979.600	1.039.700
Outros	61.939.438	61.668.019	61.653.977	67.040.623	65.336.774	69.720.859	72.555.938	72.476.117
Total	131.285.091	137.496.301	141.101.758	154.406.466	152.082.961	158.207.312	161.326.827	163.963.770

Fontes: FAOSTAT (2016); Agrianual (2016).

A cultura do tomateiro é considerada de grande importância sócio-econômica em nível mundial, sendo responsável por alimentar milhões de pessoas diariamente. Ainda, a cultura é considerada estratégica, pois sua produção é diversa no mundo, sendo produzida de modo familiar até grandes agroindústrias, movimentando uma rica cadeia produtiva. Assim, o sucesso produtivo da cultura é de grande relevância para o Estado de Goiás e para o País.

Tabela 2.2. Produtividade e custos de produção de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) em diferentes sistemas de cultivo no ano de 2015 (valores de produtividade e valores realizados com base em produções no Estado de São Paulo).

Cultivos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Preço por kg (R\$.)	Custo (ha) (R\$.)	Margem de lucro (%)
Tomate em estufa (16.300 pl ha ⁻¹)	122.500 (1.225 cx 22 kg em 2.200 m ²)	2,42	136.877	53,00
Tomate rasteiro (30.000 pl ha ⁻¹)	85.000	0,205 (205,00 t)	15.264	12,40
Tomate estaqueado (12.000 pl ha ⁻¹)	77.000 (3.500 cx 22kg)	0,41 (R\$. 9,03/22)	76.676	26,10

(Agrianual, 2016).

O Estado de Goiás apresentou redução da área cultivada com o tomateiro, a partir de 2011, sendo a redução maior para o tomateiro de mesa. Em compensação, a produtividade do tomateiro de mesa aumentou, desde 2011, em mais de 20 t ha⁻¹, enquanto que a produtividade para o tomateiro industrial também aumentou, porém em cerca de 5 t ha⁻¹ (Goiás, 2016).

No Estado de Goiás, os municípios que produzem as maiores quantidades de tomates de mesa, são Corumbá de Goiás (9.900 t), Goianápolis (9.000 t), Santa Rosa de Goiás (6.460 t), Anápolis (6.300 t), Água Fria de Goiás (4.028 t), Ouro Verde de Goiás (3.700 t), Campo Limpo de Goiás (3.600 t), Pirenópolis (3.560 t), Catalão (2.800 t) e Alexânia (2.700 t). Todos esses municípios são próximos a grandes centros urbanos, como Goiânia e a Central de Abastecimento - CEASA, Anápolis, Brasília e Uberlândia; assim, o escoamento da produção se torna mais fácil e com menor custo (Goiás, 2016).

Os municípios que apresentam as maiores produções de tomateiro rasteiro são: Cristalina (333.000 t), Itaberaí (230.000 t), Morrinhos (125.500 t), Vianópolis (46.000 t), Goiás (33.280 t), Silvânia (28.500 t), Paraúna (25.480 t), Piracanjuba (25.040 t), Bela Vista de Goiás (24.225 t) e Goianésia (18.100 t). O escoamento da produção dos municípios é direcionado às grandes indústrias de processamento de atomatados na região metropolitana de Goiânia (Goiânia e Nerópolis) (Goiás, 2016).

A produção de tomateiros orgânicos no mundo vem aumentando expressivamente, porém sem controle das quantidades produzidas. O crescimento tem ocorrido tanto de pequenas iniciativas, como pequenos produtores rurais, a grandes redes de supermercados que buscam atender o consumidor cada vez mais exigente. Os principais alimentos orgânicos produzidos no Brasil são representados pela soja, com 31%, seguida de hortaliças (27%) e café (25%). Dentre as hortaliças o tomateiro é uma das mais produzidas no sistema orgânico. Em 2014, a agricultura orgânica movimentou cerca de R\$ 2 bilhões, e a expectativa é que, em 2016, esse valor alcance R\$ 2,5 bilhões, sendo que a produção orgânica e, ou, agroecológica pode reduzir os custos do cultivo de tomate em cerca de 84% (Brasil, 2016).

2.3 PRINCIPAIS PRAGAS E TRATOS CULTURAIS DA CULTURA DO TOMATEIRO

A cultura do tomateiro apresenta diversas doenças, pragas e problemas fisiológicos por deficiência nutricional. A dificuldade dos produtores é a identificação precisa dos sintomas devido à diversidade de patógenos e insetos-pragas que atacam essa cultura (Silva et al., 2003).

As doenças mais comuns são as bacterianas, fúngicas e viroses. Dentre as doenças bacterianas estão: cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*); mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*); pinta-bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*); murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) e talo-oco e podridão mole dos frutos (*Erwinia* spp.). Enquanto que as doenças fúngicas são: mancha-de-estenfilio (*Stemphyllium* spp.); mela-de-rizoctonia (*Rhizoctonia solani*); murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici*); murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*); pinta-preta (*Alternaria solani*); podridão-de-esclerócio (*Sclerotium rolfii*); podridão-de-esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*); requeima (*Phytophthora infestans*) e septoríose (*Septoria lycopersici*) (Silva et al. 2003; Silva et al., 2013).

As viroses que atacam o tomateiro são: viroses do complexo do vira-cabeça do tomateiro (Tomato spotted wilt virus - TSWV, Tomato chlorotic spot virus - TCSV, Groundnut ringspot virus - GRSV e Chrysanthemum stem necrosis virus - CSNV); virose do mosaico-do-fumo, causada pelo TMV (Tobacco mosaic virus), e a virose mosaico-do-tomateiro, causada pelo ToMV (Tomato mosaic virus); uma estirpe do vírus Y da batata (Potato virus Y – PVY) e o mosaico amarelo do pimentão (Pepper yellow mosaic virus – PepYMV) e Geminiviroses (os vírus que mais causam danos econômicos à cultura) (Silva et al. 2003; Silva et al., 2013).

Algumas medidas devem ser tomadas para redução do ataque de doenças bacterianas e fúngicas, como selecionar sementes de boa qualidade e, ou, tratar previamente as sementes; plantar cultivares resistente; não plantar próximo a lavouras velhas de tomate; evitar excesso de nitrogênio (usar adubação equilibrada); evitar ferimentos nas plantas (mecânicos, insetos); reduzir o volume de água e, ou, melhorar a drenagem do terreno; utilizar caldas para pulverizar plantas em caso de aparecimento das doenças; eliminar plantas doentes; e fazer rotação de cultura (Silva et al., 2003; Silva et al., 2013).

Como medidas preventivas para as viroses recomendam-se semear sementes de boa procedência, produzir mudas em viveiro ou telado à prova de insetos e em local isolado de campos cultivados com plantas hospedeiras, principalmente solanáceas e compostas (para o Estado de Goiás seguindo as regras da Agrodefesa 011/2013); manter sempre limpas as mãos, instrumentos e implementos, sempre limpos; nunca fumar durante o manuseio das mudas; evitar plantios sequenciados e, se isso não for possível, não fazer novos plantios ao lado de campos abandonados com alta incidência de viroses; controlar adequadamente as plantas daninhas (Silva et al., 2003; Silva et al., 2013).

A cultura do tomateiro também apresenta o ataque de nematoides e insetos pragas. As ações de nematoides nos tomateiros deixam a planta com pouco desenvolvimento aéreo e baixo vigor produtivo. Os sintomas na planta são devido à presença de galhas e massas de ovos de nematoides nas raízes da planta. As espécies de nematoides mais comuns que atacam a cultura pertencem ao gênero *Meloidogyne*, dentre elas, *M. incognita* (raças 1 a 4), *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* (Silva et al., 2003; Silva et al., 2013).

Os insetos pragas da cultura são: traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*); mosca branca (*Bemisia argentifolii*); ácaro-do-bronzeamento (*Aculops lycopersici*); larva-minadora (*Liriomyza huidobrensis*, *L. trifolii*, *L. sativae*); tripes (*Frankliniella* spp. e *Thrips* spp.); outras lagartas, como lagarta-rosca (*Agrotis* spp), broca-grande (*Helicoverpa zea* e *H. armigera*),

lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda* e *S. littoralis*) e broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*), que são menos destrutivas que a traça-do-tomateiro, mas, se não controlados, poderão causar perdas consideráveis nos frutos (Silva et al. 2003; Silva et al., 2013).

A presença de insetos pragas no tomateiro é destacada pela diversidade de insetos que podem prejudicar a cultura; assim, a falta de monitoramento e controle da relação dos insetos com a cultura pode inviabilizar a produção. Dentre algumas medidas que influenciam na redução da intensidade de insetos pragas estão a adoção da rotação de cultura; a destruição de restos culturais ao final da colheita; monitoramento periódico dos insetos na cultura e utilização de variedades e cultivares adaptados e resistentes para cada região, ou contra pragas e doenças; manutenção da cultura em condições de bom desenvolvimento fisiológico, evitando estresses hídrico e de adubação (Silva et al., 2003; Silva et al., 2013).

A disponibilidade hídrica é fator fundamental no desenvolvimento das plantas. Para a tomaticultura, o excesso ou a falta de água compromete desde o pegamento e o desenvolvimento inicial da planta até mesmo a produção, rendimento e qualidade dos frutos (Gomes & Testezlaf, 2004; Koetz et al., 2010). O estresse hídrico no solo prejudica a disponibilidade e a absorção de nutrientes importantes para a planta, como cálcio e fósforo, além de causar estresse na planta, podendo influenciar no ritmo de florescimento da cultura e disponibilidade de fotoassimilados, podendo até sinalizar maior atratividade a insetos-pragas (Santos & Carlesso, 1998; Folli-Pereira et al., 2012; Portela et al., 2012).

Entretanto, o excesso de umidade e água no solo, especialmente ocorrido do mal planejamento e dimensionamento da irrigação para a cultura pode provocar desde o lixiviamento e infiltração de nutrientes no solo, que deixarão de ser disponibilizados para a planta, como nitrogênio e potássio (Werle et al., 2008). O excesso de água no solo facilita o aparecimento de doenças fúngicas, como murchas e requeimas (*Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Phytophthora* spp.) e, também, tornam o ambiente mais propício para o desenvolvimento de nematoides de raízes (*Meloidogyne* spp.) (Lopes & Reis, 2007).

Os tipos de irrigação na cultura do tomateiro são: sulcos – nesse sistema de irrigação, a água é bombeada da fonte (represa ou poço) para uma parte mais alta do terreno (caixa de água), de onde partem os sulcos principais e, a partir deles, vão sendo guiados pelos trabalhadores por sulcos secundários ao longo do terreno, na linha do tomateiro, passando na base da planta (Reis-Filho et al., 2009). Esses sulcos são construídos em cavidades escavadas no solo, criando barreiras para ir norteando a direção e aproveitando o declive natural do solo.

O sistema de irrigação por aspersão é quando a água é aplicada a lanço na planta, seja por um aspersor local (microaspersor) ou um aspersor maior, podendo até mesmo ser por pivô central. Este tipo de irrigação utiliza menor quantidade de água se comparado à irrigação por sulcos, aproveitando melhor o uso da água, porém a aspersão em si atinge locais que não são aproveitados pela planta e até podem contribuir com o aparecimento de doenças, em folhas, frutos e caule, como fungos e bactérias (Gravina et al., 2010). O gotejamento é o sistema de irrigação considerado, dentre outros, o mais eficiente na disponibilização da água para o tomateiro, uma vez que se bem manejado, disponibiliza a água no solo, próximo à raiz da planta, utilizando somente a quantidade de água necessária, desperdiçando menos água quando comparado com outros sistemas. O gotejamento utiliza mangueiras para transportar a água até as plantas, sendo esta característica que torna o sistema mais caro no curto prazo, porém utilizando as mangueiras adequadamente, poderão ser reutilizadas por períodos maiores (dois a três anos), diluindo os custos da irrigação nas produções (Marouelli et al., 2005; Santos et al., 2010).

O tomateiro é conhecido por ser uma cultura exigente, especialmente em nitrogênio, fósforo, potássio, matéria orgânica e cálcio, porém a adubação deve ser pensada visando o equilíbrio, que contribuirá com nutrição, desenvolvimento e sanidade da planta (Bastos et al., 2013). Para a adubação orgânica, os mais utilizados são materiais orgânicos: com restos de cultura, palhadas, restos industriais, esterco, urina, chorume, composto, vermicomposto, biofertilizantes, adubos verdes (leguminosas e outros vegetais), pó de serra e enzimas naturais. A adubação mineral consiste da adição de pó de rochas e similares, argilas, vermiculita, cinzas e carvões vegetais, termofosfatos e fosfatos naturais, calcário, adubos potássicos de origem mineral natural, micronutrientes, fosfato de rocha pobre em metais pesados e carbonatos (Souza & Alcantara, 2008; Silva et al., 2009; Bastos et al., 2013).

Em tomateiros de variedades de crescimento indeterminado torna-se necessário realizar a amarração das plantas ao longo do seu desenvolvimento em altura. As plantas podem ser amarradas com fitas, hastes de madeira ou bambu ou fitilhos, realizando, assim, o tutoramento e indicando o sentido do crescimento da planta. As fitas podem ser de polietileno ou outros materiais, desde que não estrangulem ou causem ferimento na planta (não sendo recomendadas fibras vegetais para não haver processos de contaminação ou dispersão de contaminantes como esporos de fungos e bactérias). Caso de ferimento, estrangulamento ou até mesmo tombamento das plantas por falta do tutoramento, causa a redução na dominância

apical e, assim, consequente aumento na emissão de brotos laterais na planta (Alvarenga et al., 2013).

Nas variedades de crescimento indeterminado, tanto em ambiente aberto quanto em estufas, há a necessidade de realizar a desbrota da planta. Este procedimento consiste em eliminar os brotos laterais que surgem nas axilas de cada folha. A desbrota deve ser realizada sem a utilização de lâminas cortantes ou até a unha, para evitar a contaminação e disseminação de patógenos, assim o broto deve ser quebrado e retirado manualmente, preferencialmente rente à axila da folha, porém sem causar danos no caule (Alvarenga et al., 2013).

A desbrota é realizada para a manutenção da dominância do ramo principal do tomateiro, além de permitir o arejamento da planta, reduzindo a incidência de doenças nas folhas e permitindo que os ramos e folhas principais se desenvolvam adequadamente. Quando brotos laterais se desenvolvem sem controle, formam ramos laterais que podem atrapalhar o desenvolvimento e a produtividade do ramo principal, assim, mesmo que estejam desenvolvidos, os novos ramos poderão ser retirados, por meio da poda. Ao final do desenvolvimento da cultura, o ramo principal pode ser podado, sendo este procedimento conhecido por capação, assim a planta estimulará o desenvolvimento de algumas gemas laterais e inflorescências, além de fornecer energia que seria para o desenvolvimento vegetativo e para a formação e manutenção dos frutos (Guimarães et al., 2007).

O raleio das infrutescências consiste em retirar frutos menores do cacho, uma vez que os frutos são formados aos poucos no cacho, ocorrem cachos e flores na mesma inflorescência, o que ocasiona desenvolvimento e alocação de nutrientes de maneira diferenciada. Assim, a retirada dos frutos menores aumenta a disponibilidade dos nutrientes para os frutos já em desenvolvimento, aumento do tamanho e da qualidade dos frutos que permanecem na planta (Shirahige et al., 2010).

Os frutos dos tomateiros de mesa, de forma geral, são colhidos assim que começam a maturação, permitindo que continuem a maturar em pós-colheita (frutos climatérios), e os frutos do grupo cereja, são colhidos maduros para chegarem ao consumidor mais adocicados, porém reduzindo sua vida pós-colheita. Entretanto, os frutos de tomateiro rasteiro (hábito determinado) são colhidos quando a planta apresenta a maioria dos frutos completamente maduros, apresentando as melhores características para o processamento industrial com maior concentração de sólidos solúveis no fruto (Alvarenga et al., 2013).

2.4 POLINIZAÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS

As abelhas têm sido exploradas pelo homem há séculos para a produção de mel, própolis, cera e geléia real. Mas, sua fundamental importância está, sem dúvida, na polinização de inúmeras espécies vegetais. Os polinizadores estão entre os componentes essenciais para o funcionamento dos ecossistemas em geral (Costanza et al., 1997; 2014). Estimativas indicam que a dispersão de pólen feita por animais, principalmente insetos, contribui para a reprodução sexuada de, aproximadamente, 90% das 250.000 espécies conhecidas de angiospermas (Bawa, 1990; Kearns et al., 1998). Considerando as espécies cultivadas no mundo, 70% dependem da ação de polinizadores (Klein et al., 2007) e dentre as espécies animais polinizadoras, as abelhas são as de maior importância, representando cerca de 80% do total (Roubik, 2014).

Dentre os polinizadores se destacam as abelhas como principal grupo de polinizadores (Delaplane & Mayer, 2000). Klein et al. (2007) mostraram que 87 das 115 principais espécies cultivadas no mundo se beneficiam significativamente da polinização por animais, o que representa 35% da produção global de alimentos. Os serviços da polinização foram avaliados em US\$ 17 bilhões por ano (Costanza et al., 1997; 2014).

No Brasil, apenas oito culturas dependentes de polinizadores são responsáveis por US\$ 9,3 bilhões em exportações (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2005). Dessa forma, a perda de polinizadores pode acarretar sérios danos à reprodução e à conservação de plantas nativas e cultivadas. Especificamente para culturas em pequenas propriedades, as abelhas e outros insetos são responsáveis por 24% dos ganhos em produtividades, com até dois hectares, sendo uma relação direta entre quantidade e riqueza de polinizadores e o rendimento produtivo das culturas (Garibaldi et al., 2014; 2016).

A principal ameaça aos polinizadores nativos nos países desenvolvidos é a agricultura intensiva, enquanto que nos países em desenvolvimento, o desmatamento e a destruição de áreas naturais são apontadas como as principais ameaças (Aizen et al., 2008). Outros fatores, não menos importantes, incluem o uso de agrotóxicos, a introdução de espécies exóticas, a poluição ambiental, e a ocorrência de doenças e parasitos nos polinizadores manejados (Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2006).

2.5 GANHOS ECONÔMICOS PELA POLINIZAÇÃO NAS CULTURAS AGRÍCOLAS NO ESTADO DE GOIÁS

Segundo Ribeiro et al. (2015), ao longo dos treze anos da produção agrícola das culturas de soja, tomate, algodão, feijão, café, laranja e girassol no Estado de Goiás, somando os ganhos de produção em valor econômico, totaliza-se cerca de 14 bilhões e 900 milhões de reais que têm relação direta com a ação das abelhas de polinizarem as culturas. Em média, nos últimos anos, os polinizadores contribuíram, com a polinização, com cerca de R\$ 1 bilhão e 70 milhões de reais ao ano (Tabela 2.3).

Dentre os maiores valores econômicos encontrados para a cultura da soja, 33,8% são de ganho em produção pela polinização aliado a alta produção de soja do Estado de Goiás, os valores econômicos para a polinização da soja estão em 10 bilhões de dólares ao longo dos treze anos avaliados. Devido a grande produção de tomateiros e a relevância da polinização no incremento produtivo da cultura, o tomateiro é o segundo mais representativo, ganhando rendimentos na ordem de 3,9 bilhões de dólares oriundos da polinização (Ribeiro et al., 2015).

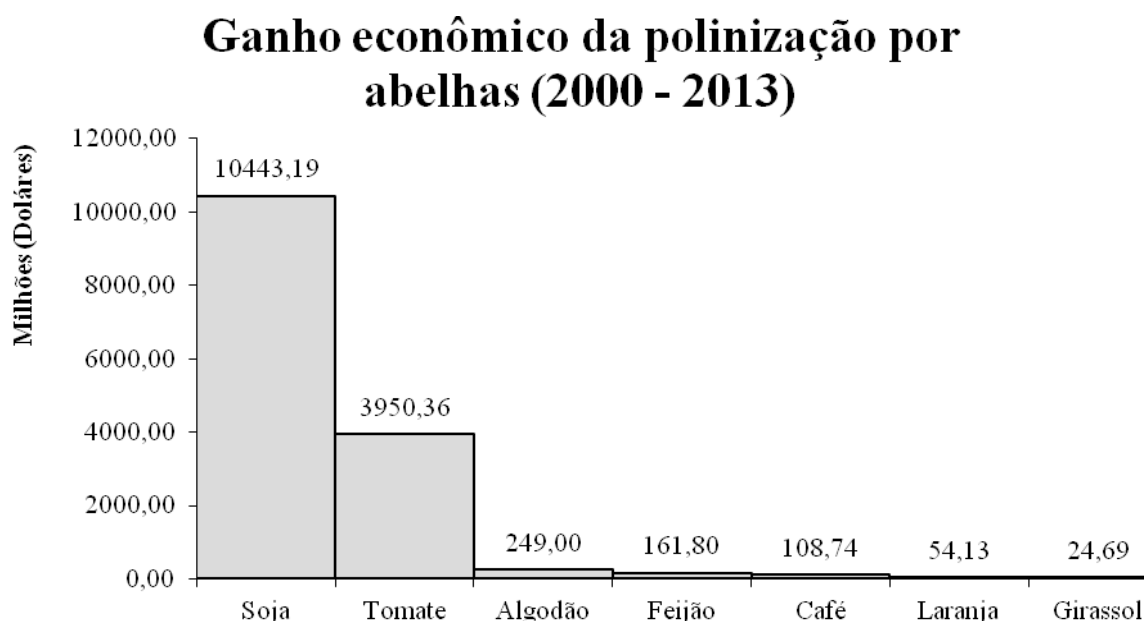
Tabela 2.3. Ganhos produtivos de culturas agrícolas devido ao incremento em polinização por abelhas, segundo diferentes fontes.

Cultura agrícola	Autores	Ganhos produtivos (GP) (%)		
		Média	Mínima	Máxima
Soja	Chiari et al. (2005); Milfont et al. (2013)	33,86	6,34	61,38
Tomate	Silva-Neto et al. (2013)	50,21	-	50,21
Algodão	Pires et al. (2014)	18,44	-	18,44
Café	De Marco & Coelho (2004); Ricketts et al. (2008)	32,00	14,00	50,00
Feijão	Moreti et al. (1994)	9,51	2,00	17,02
Girassol	Moreti et al. (1996), Paiva et al. (2003)	56,56	27,12	86,00
Laranja	Toledo et al. (2013); Gamito & Malerbo-Souza (2006)	33,00	30,00	36,00

Segundo Giannini et al (2015), analisando 141 culturas agrícolas em todo o mundo, observaram que 85 delas são dependentes dos polinizadores. Nessa relação de dependência, os autores estimaram que 30% do total da produção é devido aos polinizadores, representando, aproximadamente, 12 bilhões de dólares. Os autores destacaram o cultivo da soja, que mesmo com uma modesta dependência de polinização, a soja apresenta grandes valores em termos gerais quanto ao efeito da polinização (representando valores de 5,7 bilhões

de dólares). Em valores absolutos de toneladas de alimentos produzidos nas culturas agrícolas, a cultura da soja representa 77% dos alimentos produzidos pela polinização, isto porque é a cultura mais produzida no estado de Goiás aliada com um bom ganho de polinização (33,86%) (Figura 2.2).

É relevante destacar que nenhuma das sete espécies cultivadas e avaliadas tem dependência da polinização por abelhas, sendo que a polinização realizada é sempre em condição de incremento de produção. Assim, se destaca que a produção agrícola pode ser aumentada ainda mais com o manejo adequado das abelhas e a melhoria das condições que as afetam, como aplicação de agrotóxico, e conservação dos habitats das abelhas (fragmentos florestais remanescentes) (Imperatriz-Fonseca & Nunes-Silva, 2010; Rocha, 2012; Grandolfo et al., 2013).



Fonte: Ribeiro et al., 2015).

Figura 2.2. Ganhos econômicos da polinização por abelhas entre os anos de 2000 e 2013 por cultura agrícola, no Estado de Goiás.

2.6 ABELHAS NATIVAS

As abelhas apresentam grande importância nos mais diversos ecossistemas terrestres. Em contra partida, as mudanças causadas pelas ações antrópicas tem promovido alterações em seus habitats, reduzindo sua diversidade devido à destruição de locais de

nidificação, redução na disponibilidade de recursos tróficos e eliminação de colônias naturais (Kerr et al., 1996; Mesquita-Neto et al., 2012).

A preservação das espécies de abelhas é de suma importância para a manutenção da biodiversidade, visto que, em muitos casos, elas são indispensáveis na polinização de angiospermas, que além de serem a principal forma de dispersão e reprodução dessas plantas, que resultará em frutos e sementes que constituem a principal fonte de alimento para um grande número de aves e mamíferos (Gimenes, 2002).

O Brasil apresenta um grupo particular de abelhas que, pertencentes à tribo Meliponini, possuem o ferrão atrofiado, sendo incapaz de ferroar, assim dando origem ao nome popular, abelhas sem ferrão (ASF), sendo, também, conhecidas como abelhas indígenas (Nogueira-Neto, 1997; Silva & Paz, 2012; Vit et al., 2013). Mesmo com a condição de ferrão atrofiado, as abelhas não perdem a capacidade de defesa, apresentando diversas estratégias, como enrolar-se nos cabelos e pelos, beliscar a pele do agressor, assim como, depositar resinas vegetais ou substâncias cáusticas sobre os seus pelos (Oliveira et al., 2013).

A tribo Meliponini compreende cerca de 60 gêneros distribuídos pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Atualmente, existem mais de 400 espécies nominais válidas para a região neotropical. Contudo, ainda há muitas outras espécies a serem descritas para esta região (Camargo & Pedro, 2013; Camargo & Vit, 2013). As espécies de Meliponini são eusociais, sendo o comportamento caracterizado pela divisão de trabalho entre os membros da colônia, sobreposição de gerações e uma clara divisão de castas (Santos & Cruz-Landim, 2002; Michener, 2013).

O tamanho das espécies pode variar desde, aproximadamente, 2 mm em *Leurotrigona pusilla* Moure & Camargo, 1988 a até 15 mm em *Melipona fuliginosa* Lepeletier, 1836 (Werneck & Faria-Mucci, 2014). Morfologicamente, os meliponíneos são distinguidos das outras abelhas pela redução da venação alar, ausência de esporão nas tíbias posteriores, a redução do ferrão (Silveira et al., 2002; Oliveira et al., 2013). Segundo Magalhães & Venturieri (2010) existem, no mínimo, 24 espécies de meliponíneos sendo criadas na Amazônia Brasileira.

Dentre os aspectos relevantes das abelhas da tribo Meliponini, estão os hábitos alimentares, que são considerados generalistas quando comparados com outros grupos de abelhas. Rech & Absy (2011), em estudo realizado na bacia do Rio Negro, Amazonas, observaram que o pólen coletado no ninho de 10 espécies de abelhas da tribo Meliponini é oriundo de até 70 gêneros e 42 famílias botânicas. Essa característica de riqueza de fontes

alimentares reforça o papel de polinizadores que as abelhas da tribo Meliponini apresentam em relação às plantas da Floresta Amazônica, além do potencial como agentes polinizadores de culturas agrícolas que o grupo pode apresentar (Santos & Absy, 2010).

2.7 MANEJO DE POLINIZADORES

A criação de abelhas é uma atividade tradicional associada à história da humanidade. Desde 2.400 anos a.C., os egípcios começaram a colocar as abelhas em potes de barro. Assim, o homem começou a criar e transportar as abelhas no intuito de manter disponível a produção de mel para consumo. A criação de *Apis mellifera* L., ou apicultura, surgiu no Brasil em torno de 1840, com abelhas oriundas da Espanha e de Portugal, trazidas pelo Padre Antônio Carneiro. Em meados de 1950 houve a introdução das abelhas africanizadas, que mesmo com controvérsias científicas, melhorou a qualidade das abelhas, permitindo a expansão e crescimento da atividade no país. As abelhas tradicionalmente são utilizadas pela humanidade para produção de mel e produtos apícolas, porém aos poucos, o homem foi descobrindo seu potencial para polinização de culturas agrícolas (Pereira et al., 2003; Araujo et al., 2016).

O uso de abelhas para polinização surgiu especialmente visando a produção de mel, em que apicultores, sem grandes extensões de terras ou visando uma melhor alimentação de suas colônias, levam as colmeias de *Apis mellifera* para plantações, ou próximo delas, para polinizar as culturas e utilizar os recursos florais para a produção apícola. Esta prática de manejo é comum para culturas como girassol, maçãs, citrus, canola, além de café e outras. (Ghosh & Jung, 2016).

Dando enfoque na produção das culturas agrícolas, as abelhas são mais utilizadas em culturas que apresentam dependência da polinização cruzada para produção de frutos e grãos. Dentre essas culturas estão as representantes da família Cucurbitaceae, como abóboras, melancias e melões, além de culturas cultivadas em ambientes fechados, como tomateiros e morangueiros, que apresentam melhores ganhos produtivos quando há a utilização de abelhas para a polinização (Witter et al., 2014). Mesmo assim, já há utilização de *A. mellifera* em culturas, como a soja, na qual não há necessidade de polinização cruzada, porém a abelha fornece ganho produtivo até mesmo superior a adubações e outras práticas de manejo da cultura (Chiari et al., 2005).

Atualmente as abelhas vêm sendo utilizadas não somente para produção de mel ou polinização e incremento produtivo da cultura. As abelhas, por apresentarem comportamento

de visitar as flores em busca de recursos florais, são consideradas bons vetores de produtos biológicos para controle de pragas e doenças, especialmente as que ocorrem nas flores, como lagartas que darão origem a brocas de frutos ou doenças fúngicas (Ngugia et al., 2005).

Foi evidenciado por Dedej et al. (2004) que *Bacillus subtilis* não prejudica a deposição de grãos de pólen no estigma nem o crescimento do tubo polínico, podendo ser transportado por *A. mellifera* durante a polinização de *Vaccinium ashei*, aproveitando, assim, para fazer o controle do fungo *Monilinia vacciniicorymbosi*. As abelhas são insetos que naturalmente apresentam interação com fungos e microorganismos. Quando os microorganismos não são diretamente patogênicos às abelhas, é possível haver uma interação em equilíbrio entre os grupos (McFrederick et al., 2014). Assim, a interação do *Bacillus* spp. com as abelhas pode ser aproveitada com finalidades agrícolas (Park et al., 2013).

A utilização das abelhas para produção apícola, ou aumento de produção agrícola, é estimulada e considerada como boas práticas produtivas e, até mesmo, conservacionistas, sendo que a espécie de abelha mais manejada atualmente no mundo é a *Apis mellifera*, em suas diversas sub-espécies e híbridos (Altieri et al., 2015; Shivann, 2015). Porém, muitas vezes esquecido, é o efeito negativo da introdução desta espécie em ambientes naturais, uma vez que as colônias de *A. mellifera* são numerosas e enxameiam com facilidade, assim grande número de colônias desta espécie pode estar na natureza. Carmo et al. (2004) constataram que a polinização das plantas nativas também pode ser prejudicada em decorrência das visitas da abelha exótica, pois esta impede o acesso de polinizadores nativos ou os expulsa das flores, além de esgotar os recursos florais.

A espécie *Apis mellifera* parece apresentar vantagens competitivas quanto às abelhas nativas do Brasil (Carmo et al., 2004). Moreno et al. (2012) evidenciam que *A. mellifera* apresenta capacidade de aprendizado de cores superior a *Melipona rufiventris*, o que poderia gerar vantagens na busca por alimentos e substratos adequados para ninhos.

Assim, tendo em vista o potencial invasor e competitivo de espécies exóticas, incentiva-se o uso de abelhas nativas de cada região para a realização de manejos, tanto para a produção de produtos “apícolas”, quanto para a polinização (Carmo et al., 2004). Heard (1999) verificou a presença de diversas espécies de abelhas sem ferrão realizando polinização de culturas agrícolas, porém é recente o manejo de abelhas desse grupo para a polinização das culturas. Para a polinização de tomateiro em cultivo protegido Cauich et al. (2004), no México, utilizaram *Nannotrigona perilampoides* e Bartelli e Nogueira-Ferreira (2014) utilizaram *Melipona quadrifasciata*, em Minas Gerais.

A espécie *Plebeia nigriceps* (Friese, 1901) foi utilizada por Witter et al. (2012) para a polinização de diferentes cultivares de morangueiros. Assim, o manejo de abelhas sem ferrão e de abelhas não pertencentes ao gênero *Apis* é recente, especialmente no Brasil, sendo realizados estudos promissores para reverter o desconhecimento técnico e científico sobre abelhas brasileiras (Jaffé et al., 2015). A meliponicultura e uso racional das abelhas sem ferrão e outras espécies de abelhas brasileiras, além de poderem ser consideradas para práticas produtivas de mel, produtos agrícolas e geradoras de renda, podem servir de estratégia para a conservação de espécies de abelhas, uma vez que as abelhas podem ser criadas, mantidas, multiplicadas e, quando necessário, até mesmo devolvidas no ambiente natural (Imperatriz-Fonseca et al., 2012).

2.8 POLINIZAÇÃO DO TOMATEIRO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é autogâmico, porém a morfologia das anteras com abertura poricida torna importante a presença de polinizadores efetivos para aumentar a carga polínica no estigma das flores, levando a uma maior produção de frutos (Hogendoorn et al., 2006; Macias-Macias et al., 2009; Silva-Neto et al., 2013). Para o polinizador conseguir retirar os grãos de pólen da antera poricida necessita vibrá-las. Sendo assim, os polinizadores dos tomateiros são abelhas nativas que realizam polinização por vibração. Estudo realizado em 14 plantações do estado de Goiás registrou a presença de 30 espécies de abelhas nativas realizando polinização por vibração nas plantações de tomateiro. As espécies de abelhas nativas mais frequentes e capazes de realizar essa polinização foram *Exomalopsis analis*, *E. auropilosa* Spinola 1853, *Augochloropsis* spp., e *Centris tarsata* Smith, 1874 (Silva-Neto et al., 2016).

A cultura do tomateiro exige altos investimentos com adubação, tratos culturais e proteção fitossanitária. Os vários problemas fitossanitários (patógenos, ácaros e insetos praga) que atingem o tomateiro levam o produtor ao uso preventivo, exagerado e indevido de agrotóxicos (Reis-Filho et al., 2009). No Estado de Goiás, esses produtores usam vários tipos de inseticidas, sendo os mais comercializados para a proteção das plantações de tomate em Goiânia e Goianópolis, os dos grupos químicos organofosforados e piretróides, ambos tóxicos para uma ampla gama de animais (Latorraca et al., 2008).

O abuso de agrotóxico gera um alto risco para a saúde do agricultor, do consumidor de tomate e de outras espécies que se beneficiam da planta, como as abelhas nativas. Assim, é provável que os efeitos dos agrotóxicos utilizados na cultura do tomate possam causar alterações, tanto comportamentais quanto populacionais, nas espécies nativas de abelhas que visitam as flores do tomateiro. Além disso, vários trabalhos mostram que a contaminação de pólen por agrotóxicos é comum em vários sistemas agrícolas e, portanto, os possíveis efeitos negativos destes produtos estendem-se às larvas que se alimentam de pólen contaminado (Freitas & Pinheiro, 2012).

2.9 AGROTÓXICOS E AS ABELHAS

Ao redor do mundo as abelhas nativas contribuem significativamente para a polinização de grandes áreas de cultivo (Morandin & Winston, 2005; Greenleaf & Kremen, 2006). Existe um mercado bem desenvolvido de apicultores que alugam suas colmeias a fazendeiros com o objetivo de favorecer a polinização às culturas na época da floração (Dag et al., 2006). A partir da segunda metade do século XX, o uso de agrotóxicos e pesticidas tornou-se prática comum nas fazendas dos mais diferentes países. Apesar desses produtos terem possibilitado um aumento significativo na produtividade agrícola, seu uso indiscriminado já causou algumas tragédias ambientais (Carson, 1962).

Substâncias xenobióticas introduzidas nos agroecossistemas com o intuito de controlar pragas, doenças ou plantas daninhas podem, também, afetar insetos não alvo, como as abelhas (Roubik et al., 2014). Durante os últimos anos, diversos relatos evidenciaram a diminuição das populações de abelhas no campo, fato este que pode estar intimamente relacionado ao uso demasiado de agrotóxicos, gerando prejuízos incalculáveis à flora, à fauna e ao homem. Considerando-se a produção mundial de alimentos no ano de 2005, foi estimado que o valor direto da importância dos polinizadores é de €153 bilhões. No caso da perda total de animais polinizadores, estima-se que haja uma redução global de cerca de 9,5% na produção de alimentos. Essa perda seria o suficiente para desequilibrar a balança de produção de alimentos no mundo, levando a um quadro de déficit alimentar (Gallai et al., 2009).

Apesar da importância das abelhas para a polinização de plantações nos Estados Unidos da América (EUA), o número de colônias diminuiu 45% nos últimos 60 anos. Entre 1966 e 1979 a maioria das perdas de colônias de abelhas estava relacionada com o uso de organoclorados, carbamatos, organofosforados e piretroides. Atualmente, os fabricantes de

pesticidas orientam os fazendeiros a evitar a aplicação dos produtos durante os períodos de maior visitação das abelhas, no entanto, o efeito de concentrações residuais dos agrotóxicos sobre as abelhas ainda não foi devidamente estudado. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA não exige informações sobre os efeitos de dosagens subletais de pesticidas para registros de novos produtos (Johansen & Mayer, 1990; Freitas & Pinheiro, 2012).

No Reino Unido, tem havido um decréscimo de relatos de mortes de abelhas desde a década de 1980, graças a políticas públicas de orientação sobre o uso de pesticidas. No entanto, de todos os casos relatados, aqueles envolvendo envenenamento por pesticidas ainda respondem por 25-30% do total (Fletcher & Barnett, 2003).

Atualmente, o Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos. São usados, anualmente no país, aproximadamente 300 mil toneladas de agrotóxicos, representando um aumento de 700% nos últimos 40 anos, enquanto a área cultivada aumentou 78% no mesmo período (Spadotto & Gomes, 2016). Um levantamento recente realizado por Johnson et al. (2010) mostrou que 121 tipos diferentes de pesticidas foram encontrados na cera e no pólen das abelhas.

Boa parte das evidências associando morte de polinizadores a agrotóxicos vem de testes realizados em laboratórios, e quase que exclusivamente com *Apis mellifera* (Carvalho et al., 2009; Pereira, 2010). Alguns estudos de campo indicaram impactos negativos dos agrotóxicos na abundância dos polinizadores (Gels et al., 2002; Alston et al., 2007), mas existem poucas evidências de como as aplicações de agrotóxicos afetam a visita dos polinizadores às flores e à polinização (Brittain et al., 2010). Agrotóxicos incluem uma ampla gama de produtos, como herbicidas, fungicidas, inseticidas, entre outros. Os inseticidas organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides, neonicotinóides e fenilpirazóis são considerados os mais nocivos aos polinizadores (Roubik et al., 2014).

2.10 MECANISMOS DE AÇÃO DOS AGROTÓXICOS NOS INSETOS

Os principais grupos de atuação dos inseticidas são: neurotóxicos atuando na transmissão do impulso nervoso; reguladores de crescimento, como nos processos de transformação dos estágios dos insetos; e a atuação nos processos metabólicos, como a respiração celular e morte celular (Guedes & Vilela, 1991).

2.10.1 Neurotóxicos

Os inseticidas podem ser moduladores dos canais de sódio (Na^{2+}), interferindo no fechamento desses canais. Dentre os inseticidas com esse tipo de ação estão o diclorodifeniltricloroetano (DDT) e análogos atuais, além de alguns piretróides. O indoxarcab e o metaflumizone também podem bloquear canais de sódio. O bloqueio dos canais de sódio reflete na transmissão elétrica do impulso nervoso (Silver et al., 2010).

Há, também, inseticidas inibidores das enzimas acetilcolinesterase (enzima responsável para hidrolisação do neurotransmissor excitatório colinesterases), na sinapse nervosa. Exemplos de inseticidas com essa ação são os organofosforados e carbamatos. Outros inseticidas agem semelhantemente aos receptores de acetilcolina, porém não são degradados pela acetilcolinesterase, permanecendo ligados e impedindo a transmissão de outros impulsos nervosos. Os inseticidas com esse mecanismo de ação são as nicotinas, os neonicotinóides (imidacloprid, acetamiprid, thiametoxam) e sulfoxamine (sulfoxaflor) (Mota et al., 2012).

Outros inseticidas, como spinosad e spinetoram, agem também como receptores de acetilcolinas, abrem canais iônicos na membrana pós-sinapótica, se ligando em pontos diferentes da acetilcolina, dentre eles as spinosinas, sendo chamados moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina (Puinean et al., 2013). Outra ação conhecida dos inseticidas é sobre os receptores de ácido amino-búterico que atuam nos canais de cloro (GABA - neurotransmissor inibitório, presente no sistema nervoso central de insetos e em junções neuromusculares). Dentre os inseticidas deste grupo estão os ciclodienos (endosulfan), fenilpirazóis (fipronil), avermectinas e milbemicinas. Atualmente, essas vias de ação dos inseticidas de ação neurotóxica são as mais conhecidas e elucidadas nos aspectos neurofisiológicos, porém diversas outras vias e mecanismos de ação vem sendo estudados (Cardoso et al., 2010).

2.10.2 Interferentes na ação hormonal

2.10.2.1 Desenvolvimento hormonal do inseto (holometábolo)

A mudança da fase imatura à adulta dos insetos é controlada por hormônios secretados pelo sistema neuroendócrino no protocérebro. Estes hormônios estimulam a transmissão de neuromensagens às glândulas endócrinas e a outros tecidos. O hormônio é denominado hormônio cerebral ou hormônio prototorácico (PPTH) (Picanço, 2010).

O hormônio é liberado na hemolinfa estimulando a glândula prototorácica, localizada no tórax do inseto, a sintetizar e liberar a ecdisona (ecdisterona) ou hormônio do crescimento, sendo ele o responsável por causar diferenciações durante o processo da muda. Outro importante hormônio neste processo é o hormônio juvenil (HJ) que é fortemente influenciado por fatores ambientais, ou seja, se as condições forem favoráveis ao desenvolvimento do inseto, como temperatura e umidade adequadas, o hormônio terá sua produção aumentada. O HJ é produzido na *corpora allata* (logo atrás do cérebro) e atua sobre a epiderme, mantendo a nova cutícula (Picanço, 2010).

No último estágio do desenvolvimento, o nível do HJ diminui estimulando, assim, o inseto à mudança, que passa pela metamorfose, tornando-se adulto (hemimetábolo) ou passa para a fase de pupa (holometábolo). Durante a fase de desenvolvimento larval, o HJ está em níveis altos e o ecdisona em nível baixo, para manter as características juvenis. Quando o nível da ecdisona começa a aumentar, há uma inibição da ação do HJ, estimulando a mudar de instar. Na fase de pupa o HJ vai diminuindo até desaparecer por completo do linfa do inseto, momento de atingir a fase de imago (holometábolo) (Figuras 2.3 e 2.4) (Picanço, 2010).

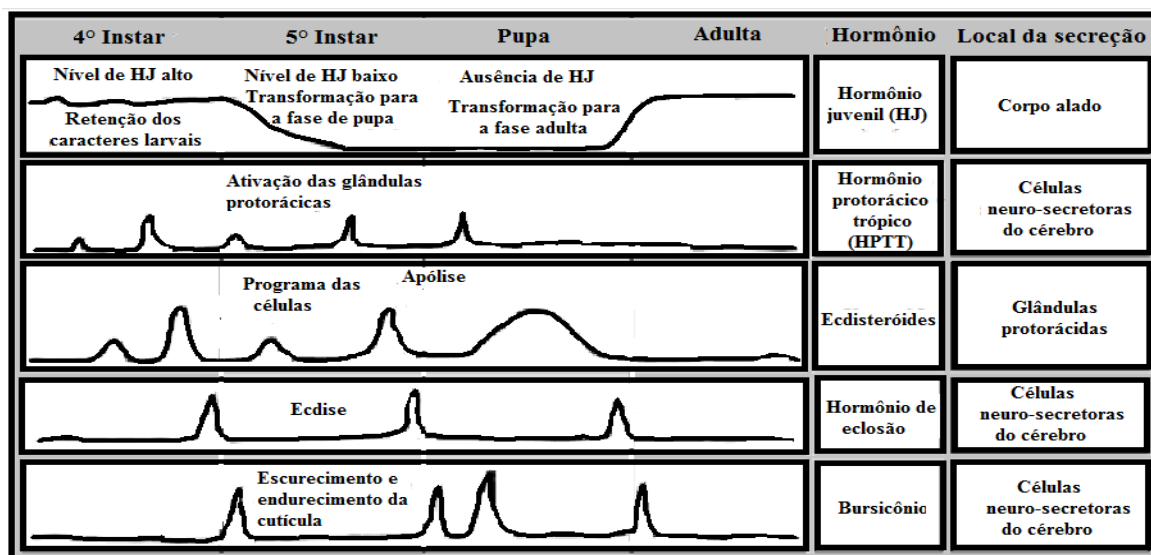


Figura 2.3. Dinâmica hormonal dos insetos de acordo com a fase da transformação (Picanço, 2010).

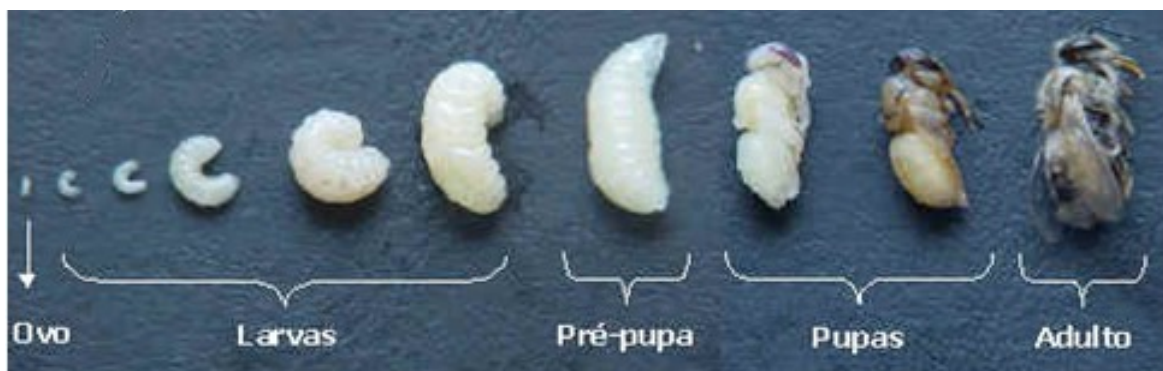


Figura 2.4. Estágios do desenvolvimento de *Apis mellifera*. (Fonte: Ricardo Costa Rodrigues de Camargo).

2.10.2.2 Hormônios juvenis análogos (Hja) ou juvenóides

Hormônios juvenis análogos são hormônios que atuam como o HJ, fazendo com que os insetos permaneçam na fase larval, mesmo que estejam prontos para passarem à fase adulta, assim impedindo-os de se reproduzir e desenvolver, o que os leva à morte. Os Hja podem apresentar, também, efeitos ovicida e esterilizante, caso seja aplicado numa época em que ele deveria estar ausente, o que poderá gerar um inseto com características juvenis e de adulto incapaz de se alimentar, copular e se reproduzir, morrendo rapidamente. Dentre os agrotóxicos que atuam desta maneira estão o fenoxycarb (carbamato) e pyriproxyfen (piridina) (Gilbert & Gill, 2010).

2.10.2.3 Antagonistas de hormônio juvenil (HJ)

Os precocenos são grupos de compostos naturais e, ou, sintéticos que têm ação antagonista aos HJ, ou seja, contrária ao do hormônio juvenil. Assim, como o nome sugere, os precocenos induzem a metamorfose prematura nos insetos, o que leva à formação de adultos estéreis. Dentre os produtos que atuam desta maneira estão allatostatina (neuropeptídeo hormonal), gonadotropina (peptídeo estimulante de produção de hormônios) e butóxido de piperonila (sinérgico de pesticida que atua na inibição do citocromo, também) (Santos et al., 2006).

2.10.2.4 Agonistas da ecdisona

Os agonistas da ecdisona atuam na interrupção do processo de muda dos insetos, resultando na destruição da cutina ou na aceleração no processo da ecdise (troca de pele) o que resultará em insetos deformados. Atualmente, inseticidas deste grupo são os metoxifenol e tebufenozida (grupo químico Diacilhidrazinas) (Gilbert & Gill, 2010).

2.10.2.5 Inibidores da síntese de quitina

A quitina é o principal componente do exoesqueleto dos insetos, apresentando ação estrutural, suporte celular, suporte de estruturas, como cutina, epiderme, traqueia e epitélios. Sua composição se dá por repetição de N-acetilglicosaminas, formando cadeias longas, que conferem a propriedade da estrutura. O metabolismo da quitina depende da catalização por enzimas específicas, chamadas de enzimas da sintase da quitina (do inglês CS). As enzimas CS atuando nos retículos endoplasmáticos e complexo de Golgi são importantes no desenvolvimento pós-embrionário dos insetos, especialmente nas fases larval e pupal. O metabolismo da quitina é considerado importante alvo de substâncias químicas para o controle seletivo de insetos (Silva et al., 2011).

Dentre os grupos químicos de agrotóxicos, as benzoilfeniluréias, como o diflubenzuron, nuvaluron, teflubenzuron, hexaflumuron, penfluron e triflumuron, são importantes inibidores da síntese de quitina. As benzoilfenilureias impedem o transporte da N-acetilglucosamina, interferindo no metabolismo de ecdisteróides, o que resulta na formação do exoesqueleto. Sem o exoesqueleto ou com sua má formação, o inseto perde umidade, morrendo desidratado ou por inanição (Silva et al., 2011).

2.10.3 Respiração celular

Todos os animais contêm células, sendo que nessas células a produção de energia para o corpo acontece com um conjunto de reações bioquímicas para a formação da adenosina trifosfato (ATP). As ATPs são formadas na etapa de fosforilação oxidativa, em que as cadeias transportadoras de elétrons na mitocôndria transferem elétrons para a ADP, dando origem à molécula energética dos organismos. A etapa bioquímica da cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria é sensível a alterações de pH e potencial

eletrostática na matriz intracelular, sendo que qualquer alteração no gradiente de concentração eletrolítico pode prejudicar na formação da molécula energética (Chitgar et al., 2014).

O grupo químico das Hidrametilonas é um grupo de agrotóxico que precisa ser ingerido para que atue dentro do organismo, porém pode atuar desde o inseto adulto ou imaturo. A hidrametilona é considerada um inibidor do sistema de transporte de elétrons (sítio II) bloqueando a produção de ATP, o que causa a redução do oxigênio pelas mitocôndrias e uma lenta intoxicação, afetando a respiração celular, perda de coordenação muscular, inatividade, paralisia e morte (Pohanish, 2014).

O grupo das sulfluramida atua no rompimento do fluxo normal de prótons usados por suas células de armazenamento de energia (mitocôndrias) para criar o ATP. Assim, a sulfluramida afeta, também, o processo de fosforilação oxidativa, agindo sobre as mitocôndrias e interrompendo a produção de ATP (dentre as sulfluramidas está a ciazofamida) (Pohanish, 2014).

2.10.4 Proteínas inseticidas de Bt

As proteínas Bt são originárias do gene de *Bacillus thuringiensis*. O gene responsável pela transcrição dessas proteínas é inserido nas plantas de interesse para que transcrevam a proteínas Bt na célula vegetal. Assim, quando o inseto se alimenta do tecido vegetal, as proteínas são ingeridas, na forma de protoxinas. As protoxinas são ativadas pelas enzimas digestivas, então as toxinas reconhecem receptores específicos às microvilosidades das células epiteliais do intestino médio das larvas suscetíveis, às quais elas se ligam. Após o reconhecimento do receptor, a toxina induz a formação de poros na membrana celular do epitélio intestinal, o que provoca o desequilíbrio iônico entre citoplasma e matriz extracelular, podendo provocar o rompimento dessas células e consequente morte do inseto (Fiuza, 2010).

2.10.5 Inseticidas com outros mecanismos de ação

Dentre outros mecanismos de ação dos agrotóxicos nos insetos, estão os bloqueadores seletivos de alimentação, como pymetrozine e flonicamide; os inibidores da síntese de lipídeos: derivados do ácido tetrônico (spirodiclofen e spiromesifen); e os que regulam a liberação de cálcio intracelular, provocando alteração nas contrações musculares e paralisia do inseto, como as diamidas (Gilbert & Gill, 2010).

2.11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativo, 2016. 456 p

AIZEN, M.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A.; KLEIN, A. M. Longterm global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. **Current Biology**, London, v. 18, n. 20, p. 1572-1575, 2008.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; GILLESPIE, M.; WATERHOUSE, B.; WRATTEN, S.; GBÊHOUNOU, G.; GEMMILL-HERREN, B. **Crops, Weeds and Pollinators Understanding Ecological Interactions for Better Management**. FAO, Rome, 138 p.

ALSTON, D. G.; TEPEDINO, V. J.; BRADLEY, B. A.; TOLER, T. R.; GRISWOLD, T. L.; MESSINGER, S. M. Effects of the insecticide phosmet on solitary bee foraging and nesting in orchards of Capitol Reef National Park, Utah. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 36, p. 811-816, 2007.

ALVARENGA, M. A. R.; MELO, P. C. T.; SHIRAHIGE, F. H. **Cultivares**. In: ALVARENGA, M. A. R. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2ª Ed. Lavras. Editora Universitária de Lavras, p. 49- 59, 2013.

ARAÚJO, F. D.; SILVA-NETO, C.; RIBEIRO, A. C. C.; OLIVEIRA, G. M.; NASCIMENTO, A. R. Honey economic valuation in the state of Goiás: Conservation and income. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 2, p. 32-40, 2016.

BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Pollination services provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). **Sociobiology**, Feirade Santana, v. 61, p. 510-516, 2015.

BARTELLI, B. F.; SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. maintenance of colonies and foraging behaviour of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, p. 60-67, 2014.

BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R.; CARVALHO, J. G. C.; PINHO, P. J. **Nutrição mineral e adubação**. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. Lavras: Editora Universitária, 2013. 65-130 p.

BAWA, K. S. **Plant-pollinator interactions, sexual systems and pollen flow-commentary**. In: Reproductive ecology of tropical forests plants (BAWA, K. S.; HADLEY, M. eds.). Unesco Paris, 65-67 p. 1990.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BRICKELL, C. D.; BAUM, B. R.; HETTERSCHEID, W. L. A.; LESLIE, A. C., MCNEILL, J.; TREHANE, P.; VRUGTMAN, F.; WIERSEMA, J. H. International code of nomenclature of cultivated plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 647, p. 1-123, 2004.

BRITTAIN, C. A.; VIGHI, M.; BOMMARCO, R.; SETTELE, J.; POTTS, S. G. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scale. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 11, p. 106-115, 2010.

BUCHMANN, S. L.; HURLEY, J. P. **Journal of theoretical biology**, v. 72, p.639-657, 1978.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R (Orgs.) **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**, 2013. Online version. www.moure.cria.org.br/catalogue. Acesso em: Agosto de 2016

CAMARGO, J. M. F.; VIT, P. **Historical biogeography of the Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae) of the Neotropical Region**. In: VIT, P.; PEDRO, S. R.; ROUBIK, D. Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees. Springer. Nova York, USA. 2013, 654 p.

CARDOSO, M. O.; PAMPLONA, A. M. S. R.; MICHEREFF FILHO, M. Recomendações técnicas para o controle de lepidópteros-pragas em couve e repolho no Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental. **Circular técnica**, 35, 2010.

CARMO, R. M.; FRANCESCHINELLI, E. V.; SILVEIRA, F. A. Introduced honeybees (*Apis mellifera*) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators **Biotropica**, v. 36, p. 371-376, 2004.

CARSON, R. **Silent Spring**. Boston. MA: Houghton Mifflin, 1962.

CARVALHO, J. L.; PAGLIUCA, L. G. Tomate, um mercado que não pára de crescer globalmente. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 6, n. 58, p. 6-14, 2007.

CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO-FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 597-606, 2009.

CAUICH, O. J. J. G.; QUEZADA-EUÁN, J. O.; MACIAS-MACIAS, V.; REYES-OREGEL, S.; MEDINA-PERALTA, S.; PARRA-TABLA, V. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) in Subtropical México. **Horticultural Entomology**, v. 97, n. 2, p. 475- 481, 2004.

CHETELAT, R. T.; PERTUZÉ, R. A.; FAÚNDEZ, L.; GRAHAM, E. B; JONES, C. M. Distribution, ecology and reproductive biology of wild tomatoes and related nightshades from the Atacama Desert region of northern Chile. **Euphytica**, v. 167, p. 77-93, 2009.

CHIARI, W. C.; TOLEDO, V. D. A. A. D.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; OLIVEIRA, A. J. B. D.; SAKAGUTI, E. S.; ATTENCIA, V. M.; MITSUI, M. H. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005.

CHITGAR, M. G.; HAJIZADEH, J.; GHADAMYARI, M.; KARIMI-MALATI, A.; SHARIFI, M.; HODA, H. Cellular energy allocation in the predatory bug, *Andrallus spinidens* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae), following sublethal exposure to diazinon, fenitrothion, and chlorpyrifos. **Journal of Plant Protection Research**, Posnan-Warsaw, v. 54, n. 1, p. 78-84, 2014.

COSTANZA, R.; DARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; ONEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, p. 253-260, 1997.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, Oxford, v. 26, p. 152-158, 2014.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; FERREIRA, E. P. B.; MOREIRA, J. A.; LEANDRO, W. M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1021-1029, 2011.

DAILY, G. C. **Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems**. Washington, Island Press, 1997, 412p.

DAG, A.; ZIPORI, I.; PLESER, Y. Using bumblebees to improve almond pollination by the honeybee. **Journal of Apicultural Research**, Bristol, v. 45, n. 3, p. 215-216, 2006.

DEDEJ, S.; DELAPLANE, K. S.; SCHERM, H.. Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent *Bacillus subtilis* to blueberry Xowers to suppress mummy berry disease. **Biological Control**, San Diego, v. 31, p. 422-427, 2004.

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

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop Pollination by Bees**. New York, Oxon, CABI Publishing, 2000. Pág. ?

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **A produção mundial e brasileira de tomate**. Escritório Regional de Goiás. 2010, 19 p.

DURAN, X. A.; ULLOA, R. B.; CARRILHO, J. A.; CONTRERAS, J. L.; BASTIDAS, M. T. Evaluation of yield component traits of honeybee pollinated (*Apis mellifera* L.) Rapeseed

canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultura Research**, v. 70, p. 309-314, 2010.

FAO. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture** - The international response. In: FAO. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária: Fortaleza, 2004, p. 19-20.

FIUZA, L. M. Mecanismo de ação de *Bacillus thuringiensis*. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 38, 2010. p.32-35.

FLETCHER, M.; BARNETT, L. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. **Bulletin of Insectology**, v. 56, p. 141-145, 2003.

FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, 2012.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, v. 80, p. 44-46, 2005.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. **Polinizadores e pesticidas: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiro**. Brasília: MMA, 2012. 112 p.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIERE, B. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, Columbia, v. 68, p. 810-821, 2009.

GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, Londrina, v. 28, n. 4, p.483-488, 2006.

GARIBALDI, L. A.; CARVALHEIRO, L. G.; VAISSIÈRE, B. E.; GEMMILL-HERREN, B.; HIPÓLITO, J.; FREITAS, B. M.; AN, J. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, Washington, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.

GARIBALDI, L. A.; CARVALHEIRO, L. G.; LEONHARDT, S. D.; AIZEN, M. A.; BLAAUW, B. R.; ISAACS, R.; MORANDIN, L. From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 12, n. 8, p. 439-447, 2014.

GELS, J. A.; HELD, D. W.; POTTER, D. A. Hazards of insecticides to the bumble bees *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) foraging on flowering white clover in turf. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, p. 722-728, 2002.

GHOSH, S.; JUNG, C. Global Honeybee Colony Trend is positively related to crop yields of medium pollination dependence. **Journal of Apiculture**, Beijing, v. 25, n. 2, p.85 – 95, 2016.

GIANNINI, T. C.; GARIBALDI, L. A.; ACOSTA, A. L.; SILVA, J. S.; MAIA, K. P.; SARAIVA, A. M.; KLEINERT, A. M. Native and non-native supergeneralist bee species have different effects on plant-bee networks. **PloS one**, San Francisco, v. 10, n. 9, p. e0137198, 2015.

GILBERT, L. I.; GILL, S. S. **Insect control: biological and synthetic agents**. Academic Press, 2010. p. 19 – 26.

GIMENES, M. Interactions between bees and *Ludwigia elegans* (Camb.) Hara (Onagraceae) flowers at different altitudes in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 681-689, 2002.

GOIÁS. **Instituto Mauro Borges (IMB) de Estatística e Estudos Sócioeconômico**. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Estado de Goiás. 2016. <http://www.imb.go.gov.br/> (Acessado em 10 de março de 2016).

GOMES, E. P.; TESTEZLAF, R. **Manejo de irrigação na tomaticultura-de-mesa**. Mogi-Guaçu, UNICAMP, São Paulo, 2004, 16 p.

GRANDOLFO, V. A.; BOZZA JUNIOR, R. C.; SILVA-NETO, C. M.; MESQUITA-NETO, J. N.; GONÇALVES, B. B. Riqueza e abundância de abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em Parques Urbanos de Goiânia, Goiás. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 6, n. 2, p. 126-131, 2013.

GRAVINA, C. S.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W. A.; JUNQUEIRA, A. M. R.; VIEIRA, H. G.; BORGES, D. N. Efeito do sistema de irrigação e de cultivo na produção e em danos de insetos na cultura de tomate em sistema orgânico de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 28, p. 2827-2841, 2010.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, Essex, v. 13, p. 81-87, 2006.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S.; GUIMARAES, A. M. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 25, n. 2, p. 244-246, 2007.

GUEDES, R. N. C.; VILELA, E. F. Produtos que agem na fisiologia dos insetos. In: E.F. VILELA, E. F. (eds.) *Novos Produtos para o Manejo Integrado de Pragas*, Brasília, ABEAS. (Módulo 4.7), p. 59-70. 1991.

GUIMARÃES, M. A.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; CALIMAN, F. R. B.; LOOS, R. A.; STRINGHETA, P. C. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 25, n. 2, p. 265-269, 2007.

HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B. & ENGELS, W. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian Araucaria forest: a community study. **Journal of Apicultural Research**, Bristol, v. 40, n. 1-2, p. 9 - 16, 2002.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, Alto Palo, v. 44, p. 183-206, 1999.

HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I. Produção de tomate em função da "vibração" das plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 87-92, 2010.

HIPÓLITO, J.; VIANA, B. F.; GARIBALDI, L. A. The value of pollinator-friendly practices: Synergies between natural and anthropogenic assets. **Basic and Applied Ecology**, Jena, no prelo, 2016.

HOGENDOORN, K.; GROSS, C. L.; SEDGLEY, M.; KELLER, M. A. Increased tomato yield through pollination by native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 99, n. 3, p. 829-833, 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 59, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GONÇALVES, L. S.; FRANCOY, T. M.; NUNES-SILVA, P. Desaparecimento das abelhas melíferas e a perspectiva do uso de outras abelhas na polinização. **Documentos**. Embrapa Semi-Árido. Online, v. 249, p. 220-233, 2012.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A. T.; MAIA, U. M.; BLOCHTEIN, B.; CARVALHO, C. A. L.; VENTURIERI, G. C. Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. **PloS one**, San Francisco, v. 10, n. 3, p. e0121157, 2015.

JOHNSON, M.; PRICE, D.; L'HIRONDELLE, S.; FLEMING, R.; OGDEN, A. Limited report: tree species vulnerability and adaptation to climate change: final technical report. **Saskatchewan Research Council Publication**, Saskatchewan, v. 12416-1E10, 2010.

JOHANSEN, C. A.; MAYER, D. F. **Pollinator protection: a bee & pesticide handbook**. Cheshire: Wicwas Press, 1990. 212 p.

KEARNS C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 29, n. 112, p. 83, 1998.

KERR, W. E. **Biologia e manejo da tiúba: a abelha do Maranhão**. EDUFMA. São Luís, MA. 1996, 156 p.

KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 2006, 336 p.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; GOMES-FILHO, R. R. Caracterização agronômica e Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no Sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Ceará, v. 4, n. 1, p. 14-22, 2010.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know? **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, p.468–479, 2005.

LATORRACA, A.; MARQUES, G. J. G.; SOUSA, K. V.; FORNÉS, N. S. Agrotóxicos utilizados na produção do tomate em Goiânia e Goianápolis e efeitos na saúde humana. **Comunicação em Ciências da Saúde**, Brasília, v. 19, n. 4, p. 365-374, 2008.

LOPES, C. A.; REIS, A. Doenças do tomateiro cultivado em ambiente protegido. Embrapa Hortaliças. **Circular Técnica**, 2007, 17 p.

MACIAS-MACIAS, O.; CHUC, J.; ANCONA-XIU, P.; CAUICH, O.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 133, p. 456-465, 2009.

MAGALHÃES, T. L.; VENTURIERI, G. C. **Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no nordeste paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 36 p. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 364, 2010.

MAROUELLI, W. A.; LOPES, C. A.; SILVA, W. L. C. Incidência de murcha-bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, Vitória da Conquista, v. 23, n. 2, p. 320-323, 2005.

MCFREDERICK, Q. S.; ULRICH, G.; MUELLER, R.; JAMES. R. Interactions between fungi and bacteria influence microbial community structure in the *Megachile rotundata* larval gut. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 281, n. 1779, 2014.

MESQUITA-NETO, J. N.; SILVA-NETO, C. M.; SILVA, E. C.; MORENO, M. I. C. Aspectos da riqueza e distribuição de abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 43, 2012.

MEYRELLES, B. G. **Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido**. Dissertação de mestrado, Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 46 p.

MICHENER, C. D. **The Meliponini**. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. H. (Orgs.). Pot-Honey: um legacy of stingless bees. New York: Springer, 2013. p. 3-17.

MILFONT, M. D. O.; ROCHA, E. E. M.; LIMA, A. O. N.; FREITAS, B. M. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, n. 4, p. 335-341, 2013.

MONTEMOR, K. A.; MALERBO-SOUZA, D. T. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). **Zootecnia Tropical**, Caracas, v. 27, p. 97- 103, 2009.

MORANDIN L. A.; WINSTON, M. L. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. **Ecological Applications**, Washington, v. 15, p. 871-881, 2005.

MORENO, A. M.; SOUZA, D. G. de; REINHARD, J. A comparative study of relational learning capacity in honeybees (*A. mellifera*) and stingless bees (*M. rufiventris*). **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 12, p. e51467, 2012.

MORETI, A. C. C. C.; SILVA, R. M. B.; SILVA, E. C. A.; ALVES, M. L. T. M. F.; OTSUK, I. P. Increase of sunflower (*Helianthus annuus*) seed production by pollinating insect action. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, p. 2-3, 1996.

MORETTI, A. C. C. C.; SILVA, R. M. B. Polinização do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) efetuada por *Apis mellifera* L. **Científica**, Jaboticabal, v. 51, n. 2, p. 119-124, 1994.

MOTA, W. M.; BARROS, M. L.; CUNHA, P. E. L.; SANTANA, M. V. A.; STEVAM, C. S.; LEOPOLDO, P. T. G. Avaliação da inibição da acetilcolinesterase por extratos de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 624-628, 2012.

NGUGIA, H. K.; DEDEJB, S.; DELAPLANEB, K. S.; SAVELLEA, A. T.; SCHERMA, H. Effect of flower-applied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, San Diego, v. 33, p. 32-38, 2005.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo, Nogueirapis, 1997. 445 p.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A Polinização por vibração. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 140-151, 2010.

OLIVEIRA, F. F.; RICHES, B. T. T.; SILVA, J. R.; FARIAS, R. C.; MATOS, T. A. L. **Guia Ilustrado das Abelhas “Sem-Ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Tefé: IDSM, 2013. 267 p.

OLMSTEAD, R. G.; PALMER, J. D. Implications for the phylogeny, classification and biogeography of *Solanum* from cpDNA restriction site variation. **Systematic Botany**, Washington, v. 22, p. 19-29, 1997.

PAIVA, G. J.; TERADA, Y.; TOLEDO, V. A. A. Behavior of *Apis mellifera* L. Africanized honeybees in sunflower (*Helianthus annuus* L.) and evaluation of *Apis mellifera* L. colony inside covered area of sunflower. **Acta Scientiarum**, Londrina, v. 24, p. 851-855, 2002.

PARK, H. H.; KIM, J. J.; KIM, K. H.; LEE, S. G. Dissemination of *Bacillus subtilis* by using bee-vectoring technology in cherry tomato greenhouses. **Korean Journal of Applied Entomology**, Chungbuk, v. 52, n. 4, p. 357-364, 2013.

PERALTA, I. E.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **Report on Tomato Genetics Cooperative**, Flórida, v. 56, p. 6-12, 2006.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). **American Journal of Botany**, Washington, v. 88, p. 1888-1902, 2001.

PEREIRA, F. D. M.; LOPES, M. D. R.; CAMARGO, R. D.; VILELA, S. D. O. **Produção de mel**. Embrapa Meio-Norte, v. 3, s/n, 2003. SN p.

PEREIRA-VIEIRA, P. F.; CRUZ, D. O.; GOMES, M. F. M.; CAMPOS, L. A. O.; LIMA, J. E. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, Morélia, v. 15, p. 43-53, 2010.

PEREIRA, L. L. **Análise físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* e *Meliponíneos***. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

PICANÇO, M. C. **Entomologia agrícola**. Universidade Federal de Viçosa, Setor de Entomologia. Apostila didática, 2010, 310 p.

PIRES, V. C.; SILVEIRA, F. A.; SUJII, E. R.; TOREZANI, K. R.; RODRIGUES, W. A.; ALBUQUERQUE, F. A.; PIRES, C. S. Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v.13, n. 16, p. 151-160, 2014.

POHANISH, R. P. **Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals**. William Andrew, 2014. 1006 p.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, p. 266-273, 2012.

PRADEEPA, G. L. Fruit-setting behaviour in relation to floral morphology of eggplant (*Solanum melongena* L.). **Tropical Agricultural Research and Extension**, Sri Lanka, v. 5, p. 12-16, 2002.

PUINEAN, A. M.; LANSDELL, S. J.; COLLINS, T.; BIELZA, P.; MILLAR, N. S. A nicotinic acetylcholine receptor transmembrane point mutation (G275E) associated with resistance to spinosad in *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Neurochemistry**, Oxford, v. 124, n. 5, p. 590-601, 2013.

RADER, R.; BARTOMEUS, I.; GARIBALDI, L. A.; GARRATT, M. P.; HOWLETT, B. G.; WINFREE, R.; BOMMARCO, R. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 113, n. 1, p. 146-151, 2016.

RECH, A. R.; ABSY, M. L. Pollen storages in nests of bees of the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 55, n. 3, p. 361-372, 2011.

REIS-FILHO, J. S.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianópolis, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 307-316, 2009.

RIBEIRO, A. C. C.; SILVA-NETO, C. M.; GONÇALVES, B. B.; MESQUITA-NETO, J. N.; MELO, A. P. C.; BUZIN, E. J. W. K.. Economic value of bee pollination in crop production in the state of Goiás. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, p. 3592-3603, 2015.

RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.;

KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; MORANDIN, L. A. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology letters**, Oxford, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

ROCHA, M. C. L. S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Ibama. Brasília., 2012. 88 p.

ROSA, A. S.; BLOCHTEIN, B.; LIMA, D. C. Potential honey bee contribution to canola pollination in southern Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 68, p. 255-259, 2011.

ROUBIK, D. W. **Pollinator safety in agriculture**. FAO, 2014, 138 p.

SANTOS, A. B. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. **Natureza Online**, Santa Tereza, v. 8, p. 103-106, 2010.

SANTOS B. H.; LORINI, I.; LAZZARI, S. Efeito do sinergista butóxido de piperonila na resistência de *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Silvanidae) a deltametrina e fenitrotioml. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 110-114, 2006.

SANTOS, T. C. A.; CRUZ-LANDIM, C. Determinação das castas em *Scaptotrigona postica* (Latreille) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): diferenciação do ovário. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 19, p. 703-714, 2002.

SANTOS, C. F.; ABSY, M. L. Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): interações com abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) e nicho trófico. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 854-861, 2010.

SANTOS, L. L.; SEABRA-JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Cuiaba, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 28, n. 3, p. 292-298, 2010.

SHIVANNA, K. R. **Management of Pollination Services to Enhance Crop Productivity**. In Plant Biology and Biotechnology. Springer India, 2015, 697-711 p.

SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza online**, Santa Tereza, v. 10, n. 3, p. 146-156, 2012.

SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B.; PINTO, J. M.; COSTA, N. D.; GAVA, C. A. O.; DIAS, R. C. S.; GOMES, T. C. A.; ARAÚJO, J. L. P. Cultivo de melão orgânico: fosfatos naturais como fontes alternativas de fósforo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 559-566, 2009.

SILVA, J. D.; GIORDANO, L. D. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. D. S.; FRANÇA, F. H.; VILLAS-BOAS, G. L. V.; ÁVILA, A. C. **Cultivo de tomate para industrialização**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003.

SILVA, O. A. B. N.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; SILVA, A. Efeito de inseticidas reguladores de crescimento sobre ovos, lagartas e adultos de *Grapholita molesta* (Busck) (Lep.: Tortricidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 420-428, 2011.

SILVA-NETO, C.; LIMA, F. G.; GONÇALVES, B. B.; BERGAMINI, L. L.; BERGAMINI, B. A. R.; ELIAS, M. A. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v. 11, n. 6, p. 41-45, 2013.

SILVA-NETO, C.; RIBEIRO, A. C. C.; PRADO, M. A. P. F.; GONÇALVES, B. B.; LIMA, F. G.; SILVA, J. P.; NASCIMENTO, A. R. Nas asas da identificação: Uso de morfometria da asa em espécies de *Melipona*. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 9, p. 605, 2016.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. **Pragas**. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2ª edição. Editora Universitária de Lavras. Lavras, MG, 2013. 472 p.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte. Ministério do Meio Ambiente. Fundação Araraucária. 2002, 253 p.

SILVER, K. S.; SONG, W.; NOMURA, Y.; SALGADO, V. L.; DONG, K.. Mechanism of action of sodium channel blocker insecticides (SCBIs) on insect sodium channels. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 97, n. 2, p. 87-92, 2010.

SOUZA, B.; ALCANTARA, F. A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Embrapa Hortaliças, **Circular Técnica**, 2008, 8 p.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F. Agrotóxicos no Brasil. Brasília: Embrapa. 2016. 29 p.

SPOONER, D. M.; ANDERSON, G. J.; JANSEN, R. K. Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes and pepinos (Solanaceae). **American Journal of Botany**, Washington, v. 80, p. 676–688, 1993.

SPOONER, I.; PERALTA, E.; KNAPP, S. Comparison of AFLPs to other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst. subsection *Lycopersicon*]. **Taxon**, Utrecht, v. 54, p. 43–61, 2005.

TEPPNER, H. Pollinators of tomato, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae) in Central Europe. **Phyton**, Buenos Aires, v. 45, n. 2, p. 217, 2005.

TOLEDO, V. A. A.; RUVOLOTA-KASUSUKI, M. C. C.; BAITALA, T. V.; COSTA-MAIA, F. M.; PEREIRA, H. L.; HALAK, A. L.; MALERBO-SOUZA, D. T. Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agraria Paranaensis**, Londrina, v. 12, n. 4, p. 236-246, 2013.

VEDDELER, D.; OLSCHESKI, R.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, v. 73, p. 109-114, 2008.

VIT, P.; PEDRO, S. R.; ROUBIK, D. **Pot-honey: a legacy of stingless bees**. Springer Science & Business Media, 2013.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2297-2305, 2008.

WERNECK, H. A.; FARIA-MUCCI, G. M. Abelhas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) da Estação Ecológica de Água Limpa, Cataguases-MG, Brasil. **EntomoBrasilis**, Vassoura, v. 7, n. 2, p. 164-166, 2014.

WINFREE, R.; WILLIAMS, N. M.; DUSHOFF, J.; KREMEN, C. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. **Ecology Letters**, Oxford, v. 10, n. 11, p. 1105-1113, 2007.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B.; LISBOA, B. B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2014. 71 p.

WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B. B.; TEIXEIRA, J. S. G.; BLOCHTEIN, B. IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 58-65, 2012.

3. ABELHAS, AGROTÓXICOS E A CULTURA DO TOMATEIRO

RESUMO

A intensificação da agricultura busca aumentar a produção de alimentos, como exemplo, a cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*) que cresce cerca de 20% ao ano, sendo, neste modelo de agricultura atual, altamente dependente de compostos químicos que prometem proteger os cultivos agrícolas contra doenças e pragas. No Brasil, mesmo com muitas evidências que relacionam o uso de agrotóxicos ao declínio dos polinizadores, poucas pesquisas estão sendo realizadas para verificar os possíveis impactos dessas substâncias sobre os polinizadores. Desta forma, devido aos poucos estudos sobre agrotóxicos em Goiás e no Brasil, objetivou-se caracterizar as relações da cultura do tomateiro com os agrotóxicos e, com isto, verificar a sua influência nas abelhas polinizadoras da cultura. Para a descrição do sistema de manejo realizou-se um levantamento semanal, com o objetivo de determinar quais agrotóxicos eram usados em plantio comercial de tomateiro de mesa em Goianápolis, Goiás. A cultura foi acompanhada por 90 dias (março a junho de 2014), desde o preparo da área para plantio até as plantas estarem produzindo flores e frutos. A partir do *check list*, os agrotóxicos foram classificados quanto ao grupo químico, pH, classificação toxicológica e intervalo de segurança; e quanto à dose letal para abelhas *Apis mellifera*. Foi verificada a utilização de 35 agrotóxicos, sendo 40,5% exclusivamente da classe dos inseticidas, 32,4% fungicidas, 13,5% acaricidas e inseticidas e apenas dois produtos utilizados pertenciam à classe dos fungicidas e bactericidas, e um herbicida. Em relação à classificação toxicológica dos produtos, 51,4% são classificados como medianamente tóxicos, porém 17,14% são classificados como extremamente tóxicos e altamente tóxicos, totalizando 34,38% para os dois grupos, e somente 14,2% são classificados como pouco tóxicos. Com referência à classificação ambiental, cerca de 48,57% dos produtos são considerados muito perigosos, outros 45,7% são considerados produtos perigosos (medianamente), e somente um produto é altamente perigoso, sendo esse o inseticida Decis 25 EC, cujo princípio ativo é a deltametrina. Assim, cerca de 97% dos produtos utilizados apresentam algum grau de periculosidade em relação ao meio ambiente. Do total, 22 (62,85%) produtos químicos utilizados no cultivo de tomateiro apresentam a dose letal para *A. mellifera*, sendo a maioria representada por inseticidas.

Palavras-chave: Inseticida, decis, deltametrina, dose letal, classificação toxicológica.

ABSTRACT

BEEES, AGROTOXIC AND THE TOMATO CROP

Intensified search agriculture increased food production. As an example the tomato crop (*Solanum lycopersicum*) that grows about 20% per year and is highly dependent on chemical compounds that promise to protect agricultural crops from disease and pests.

In Brazil, even with a lot of evidence linking the use of pesticides to the decline of pollinators, few studies are being carried out to assess possible impacts of these substances on pollinators. Thus, due to the few studies on pesticides in Goiás and Brazil aimed to characterize the tomato crop relations with pesticides and thus verify its influence on pollinating bees culture. For a description of the management system held a weekly survey, in order to determine which pesticides were used in commercial planting table tomato in Goianápolis, Goiás. The culture was monitored for 90 days (from March to June 2014) from the preparation of the area for planting until the plants are producing fruit and no flowers. From the checklist, the pesticides were classified: As for the chemical group, pH, toxicological classification and withdrawal period; and as the lethal dose for bees (*Apis mellifera*). The use of 35 pesticides was found, and 40.5% only of the insecticide class, 32.4% are fungicides, 13.5% are miticides and insecticides and only two products used belong to class of fungicides and bactericides and herbicides. Regarding the toxicological classification of the products, 51.4% are classified as moderately toxic, however 17.14% are classified as extremely toxic and highly toxic, amounting to 34.38% for both groups and only 14.2% are classified as low toxicity. Already regarding environmental classification, around 48.57% of the products are considered very dangerous, other 45.7% are considered dangerous goods (medium), and only one product is highly dangerous, while insecticide Decis 25 EC with its active ingredient deltamethrin. Thus, about 97% of the products used have some degree of danger in relation to the environment. 22 (62.85%) of the chemicals used in growing tomato show the dose lethal to *A. mellifera*, mostly represented by insecticides.

Keywords: Insecticide, decis, deltamethrin, lethal dose, toxicological classification.

3.1 INTRODUÇÃO

A intensificação da agricultura busca aumentar a produção de alimentos, como exemplo a cultura do tomate que cresce cerca de 20% ao ano, sendo altamente dependente de compostos químicos que prometem proteger os cultivos agrícolas contra doenças e pragas (Reis-Filho et al., 2009). O manejo adequado do solo, clima e fatores fitossanitários são condições necessárias para manter a produtividade da cultura do tomateiro e de outras culturas. Assim, é crescente o uso de compostos químicos que desempenham importante papel nesse tipo de manejo com a função de proteger os cultivos agrícolas contra doenças e pragas, permitindo o alcance do sucesso da produção (Dams, 2006). Há uma grande variação de patógenos associados à cultura do tomateiro, como bactérias, fungos, vírus e nematóides estão presentes em todas as partes da planta (Dusi et al., 1993; Silva et al., 2013), sendo que a intensidade do ataque varia principalmente devido às condições climáticas.

Atualmente, sabe-se que a cultura do tomateiro pode ser afetada por diversos problemas. São conhecidas pelo menos nove doenças fúngicas, seis doenças bacterianas, dois tipos de doenças provocadas por nematóides, sete doenças de origem viróticas e 12 organismos, dentre insetos e ácaros, cuja presença pode ser considerada prejudicial (Silva et al., 2013; Vale et al., 2013).

Dentre esses organismos considerados pragas, destaca-se a traça-do-tomateiro {*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)}, broca-pequena {*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)}, tripses {*Frankliniella schultzei* (Trybom)} (Dusi et al., 1993; Silva et al., 2013) e a *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Czepak et al., 2013), e a principal forma de manejo preconizada nos sistemas de produção de tomate, no Brasil e no Mundo, é o manejo químico, por meio do uso de agrotóxicos como inseticidas, fungicidas, nematicidas. Entretanto, o emprego inadequado desses produtos pode ter consequências extremamente negativas para os componentes bióticos (polinizadores, inimigos naturais e vegetação) e abióticos (água e solo) que compõem esse sistema biológico.

Segundo Reis-Filho et al. (2009), o município de Goianópolis foi um dos maiores produtores de tomate e chegou a possuir uma das maiores produções de tomate de mesa de Goiás e do Brasil. Mas ao observarem e fazerem uma análise das práticas de produção na região, percebeu-se um uso intensivo de agrotóxico. Comumente, os mesmos continuam sendo manuseados por trabalhadores sem a devida proteção e assistência técnica. Uma situação corriqueira consiste em aplicações mesmo que não haja patógenos ou pragas presente nas culturas (Reis-Filho et al., 2009).

No Brasil, mesmo com muitas evidências que relacionam o uso de agrotóxicos ao declínio dos polinizadores, poucas pesquisas estão sendo realizadas para verificar os possíveis impactos dessas substâncias sobre os polinizadores. No Reino Unido, Gill & Raine (2014) constataram que a exposição a pesticidas da classe dos neocotinoides e piretróides levou a efeitos agudos e crônicos na atividade de forrageamento das abelhas (*Bombus terrestris* L.), causando mudanças comportamentais que dificultaram a sobrevivência das colônias e prejudicaram o serviço de polinização.

Segundo Hopwood et al. (2012), os pesticidas neonicotinoides são extremamente danosos para o processo da polinização, pois são absorvidos pelas plantas, havendo contaminação de grãos de pólen e néctar, facilitando a contaminação da colmeia. Adicionalmente, mesmo as plantas que não receberam o tratamento, podem absorver resíduos químicos por meio do solo onde foi realizado o uso de pesticidas, uma vez que sua ação residual é longa.

Desta forma, devido aos poucos estudos sobre agrotóxicos e as abelhas em Goiás e no Brasil, objetivou-se fazer um levantamento dos agrotóxicos utilizados na cultura do tomateiro de mesa e verificar a influência dos mesmos nas abelhas polinizadoras da cultura.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Para a descrição do sistema de manejo realizou-se um levantamento semanal, com objetivo de determinar quais agrotóxicos têm sido usados em plantio comercial de tomateiro de mesa em Goianápolis, Goiás (16°28'40.74" S e 49° 0'10.90" O). O período do levantamento foi de março a junho de 2014, preferencialmente no turno matutino. A população de tomateiros cultivados era de, aproximadamente, 60.000 plantas do híbrido Dominador.

3.2.2 Sistemas de manejo

A cultura foi acompanhada por 90 dias, desde o preparo da área para o plantio até as plantas estarem produzindo flores e frutos. O acompanhamento foi realizado até esta etapa devido ao enfoque do trabalho serem as flores, onde as abelhas coletam os grãos de pólen. Na propriedade, adota-se o sistema convencional de produção, com aplicação de agrotóxicos, sendo que o sistema de produção consiste de parcerias entre o produtor que arrenda a terra e contrata, em média, doze trabalhadores para realizar as diferentes atividades durante o ciclo da cultura.

3.2.3 Listagem dos agrotóxicos

Durante as visitas, foi realizado acompanhamento na busca pelas especificações do modo de uso dos produtos utilizados, além de confirmação dos produtos a partir das embalagens. Aspectos referentes ao armazenamento, preparo (quantidades e misturas) e utilização do produto (horário e forma de aplicação) foram pontuados.

A partir do *check list*, os agrotóxicos foram classificados quanto ao grupo químico, pH, classificação toxicológica e intervalo de segurança; e quanto à dose letal para abelhas *Apis mellifera*. O potencial hidrogeniônico (pH) é uma característica relevante dos produtos químicos que, em comparação entre os agrotóxicos, evidencia a mistura de produtos em uma mesma solução e aplicação, assim foi comparada descritivamente a variação diária do pH dos agrotóxicos, considerando um dia de aplicação. Compararam-se os agrotóxicos amostrados por meio de análise de componentes principais (PCA) com matriz de co-variância, considerando-se as variáveis dose letal (DL_{50}), pH, classe toxicológica e ambiental, e intervalo de segurança.

3.2.4 Verificação dos agrotóxicos

Visando verificar a presença de compostos oriundos dos agrotóxicos nos frutos e nas flores dos tomateiros, foram coletadas duas amostras de frutos e uma amostra de flores por plantio, sendo um plantio convencional de tomateiro de mesa em Goianápolis, Goiás, e o outro plantio orgânico do tomateiro de mesa em Hidrolândia, Goiás para controle negativo. Para verificação da presença de resíduos, as amostras foram desidratadas a 65 °C em estufa de aquecimento. Posteriormente, foi utilizada a metodologia de extração de agrotóxicos (método de QueCher, adaptado; Prestes et al., 2009). O extrato obtido foi injetado em um cromatógrafo gasoso HP7890 associado a um detector de massas MSD HP5975.

Todas as corridas foram em modo SIM/SCAN simultâneos e foram monitorados os resíduos de 88 pesticidas (comparando com os “standarts” das marcas Accustandard® e Supelco®). Para a quantificação utilizaram-se o software Chemstation. Também utilizou-se o software AMDIS-DRS para a busca de 960 agrotóxicos no modo SCAN (Lehotay et al., 2007).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de monitoramento, verificou-se a aplicação de 35 agrotóxicos (Tabela 3.1). Os produtos eram utilizados, de maneira geral, uma vez por semana, mas, em alguns casos específicos, essa frequência foi diária a depender do aparecimento de sinais/sintomas decorrentes de doenças e, ou, organismos considerados pragas da cultura. Os critérios de aparecimento de situações indesejáveis eram definidos pelo próprio produtor rural, sem nenhum apoio técnico.

As aplicações dificilmente eram realizadas de maneira isolada. Os agricultores da região tinham a prática de preparar a “calda”. No preparo da mistura, diversos produtos são colocados em uma mesma solução, em um recipiente que consiste em uma caixa de água com capacidade para 1.000 L. Os produtos misturados são de diversas classes, com algumas misturas contendo mais de três tipos de inseticidas e acaricidas (Kraft36 EC®; Lannate BR®; Pirate®) juntos, com dois fungicidas químicos (Daconil WG® e Forum®) juntamente com um fungicida biológico (Serenade®: *Bacillus subtilis*).

Durante as aplicações dos agrotóxicos, poderiam ser utilizados desde um produto e, até mesmo, treze produtos diferentes, todos misturados. No período de observação, pelo

Tabela 3.1. Agrotóxicos utilizados em cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) no município de Goianópolis, Goiás (pH: Potencial hidrogeniônico; EF: Estado físico; C: Classe; CT: Classificação toxicológica; CA: Classificação ambiental; IS: Intervalo de segurança; DL50: Dose letal; N/A: Sem informação; S/E: Sem efeito; N/D: Não determinado; GR – Granulado; EC - Concentrado Emulsionável; WG - Granulado Dispersível; SC - Suspensão Concentrada; WP - Pó Molhável; SL - Concentrado Solúvel; SP- PÓ Solúvel; I – Inseticida; F – fungicida; H – herbicida; A – Acaricida; B - Bactericida).

Agrotóxico (Nome comercial)	Grupo químico	pH	EF	C	CT	CA	IS (dias)
Actara 10 GR [®]	Thiamethoxan	9,0	GR	I	III	III	N/A
Belt [®]	Flubendiamida	6,5	SC	I	III		7
Bendazol [®]	Benzimidazol	6,0	SC	F	III	II	N/A
Cabrio Top [®]	Piraclostrobin Metiram		WG	F	III	II	7
Cercobin 700 WP [®]	Benzimidazol	5,24 - 6,76	WP	F	IV	II	N/D
Certero [®]	Triflumurom		SC	I	II	III	10
Cuprogarb 500 [®]	Oxicloreto de Cobre	6,5 a 9,0	WP	F	IV	III	1
Curyom 550 EC [®]	Lufenuron, Profenofos, Benzenossulfônico Ácido	3,0 e 7,0	EC	I	II	II	N/A
Curzate BR [®]	Ditiocarbamato e Acetamida	7,3	WP	F	III	III	7
Daconil WG [®]	Isoftalonitrila	7,5	WG	F	I	II	7
Danimen 300 EC [®]	Fenpropatrina	4,58	EC	A/I	I	II	3
Decis 25 EC [®]	Deltametrina	4,5	EC	I	II	I	7
Derosal 500 SC [®]	Carbendazim	5,81	SC	F	II	III	N/A
Evidence 700 WG [®]	Neonicotinoides	8,0	GR	I	IV	III	7
Fegatex [®]	Cloretos de Benzalcônio; Cloreto de etilbenzalcônio	6 a 8	SL	F	III	III	5
Folicur 200 EC [®]	Tebuconazol	5,0 a 8,8	EC	F	III	II	7
Forum [®]	Dimetomorfe	6,5	WP	F	III	III	7
Karate Zeon 50 EC [®]	Lambda-Cialotrina	5,4	EC	I	III	II	3
Kasumin [®]	Cloridrato de Kasugamicina	2,8 -3,1	SL	B- F	III	III	-
Kohinor 200 SC [®]	Imidacloprida	5,89	SC	I	III	III	7
Kraft 36 EC [®]	Abamectina	6,7	EC	I/A	I	II	3
Lannate BR [®]	Metilcarbamato de Oxima	6,3	SL	I	I	II	7
Malathion 500 EC Cheminova [®]	Malathion	7,2	EC	I	II	II	3

Continua ...

Tabela 3.1 Continuação ...

Mospilan [®]	Acetamiprid	8,0	PS	I	III	II	3
Oberon [®]	Spiromesifen	4,0	SC	I-A	III	II	3
Orthene 750 BR [®]	Acefato	4,25	WP	A - I	II	III	7
Pirate [®]	Clorfenapir	7,6	SC	I-A	III	II	7
Provado 200 SC [®]	Imidacloprida	5,89	SC	I	III	III	7
Ranman [®]	Cyazofamid	6,2	SC	F	III	III	1
Ridomil Gold [®] Bravo [®]	Chlorothalonil	6,0 a 8,0	SC	F	I	II	7
Rimon 100 EC [®]	Benzoiluréia	2,9	EC	I	IV	II	7
Safety [®]	Etofenprox	5,65	EC	I	III	II	7
Serenade [®]	<i>Bacillus subtilis</i>	4,8 a 6,0	SC	F-B	III	IV	N/A
Tordon [®]	Ácido ariloxialcanóico e Ácido piridinocarboxílico	6,99	SL	H	I	III	N/A
Trigard 750 WP [®]	Ciromazina	8,5	WP	I	IV	III	4

menos 15 das aplicações relatadas foram realizadas com o uso de caldas, mas é importante ressaltar que esta quantidade pode ter sido subamostrada, uma vez que, nem sempre os produtores rurais relatavam aplicações realizadas ou aplicavam em dias variados e não declaravam a atividade.

Nos frutos amostrados em cultivos convencionais foram encontrados: fenvalerato I e II (0,04 mg kg⁻¹); cipermetrina (0,02 mg kg⁻¹) e lambdacialotrina (0,31 mg kg⁻¹). Nas flores foram encontrados: fenvalerato I e II (0,02 mg kg⁻¹) e lambdacialotrina (2,61 mg kg⁻¹). Nas amostras oriundas do cultivo orgânico não foi detectada a presença de nenhum resíduo de pesticida.

Em todas as fases do cultivo, desde o preparo do solo até a aplicação dos insumos agrícolas e colheita dos frutos, era evidente a falta de assistência técnica, aos produtores (Figura 3.1). Os produtos eram comprados seguindo recomendações de comerciantes ou indicações de outros produtores rurais. A definição de quantidade e os critérios para realizar a mistura de moléculas não seguiam as orientações presentes na bula e não havia a presença de um engenheiro agrônomo ou técnico em agropecuária para maiores esclarecimentos.

Todo produto químico brasileiro apresenta a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), conforme norma ABNT-NBR 14725. A FISPQ fornece informações sobre vários aspectos dos produtos químicos (substâncias ou misturas) quanto à segurança, à saúde e ao meio ambiente, com recomendações sobre medidas de proteção e ações em situação de emergência.



Figura 3.1. Produtores rurais aplicando agrotóxicos em cultivos de tomateiro (*Solanum lycopersicum*). A. fase de preparação do solo, com aplicação de herbicida. B. Aplicação de diferentes agrotóxicos na fase de frutificação da cultura.

Dos produtos químicos utilizados no cultivo, cerca de 40,5% são exclusivamente da classe dos inseticidas (Classe I), 32,4% são fungicidas (Classe F), 13,5% são acaricidas e inseticidas (Classe A-I) e apenas dois produtos utilizados pertenciam à classe dos fungicidas e bactericidas (Classe F/B) e um herbicida (Classe H). Em relação ao estado físico dos produtos, 31,4% são suspensão concentrada (SC); 25,7% são concentração emulsionável (EC); 17,14% são pó solúvel (WP); 11,4% concentrado solúvel (SL); 5,7% granulado (GR) e granulado dispersível (WG) e 2,8% pó solúvel (PS). Riedl et al. (2006) sugerem critérios para classificação de risco de diversas formulações para abelhas e definiram, por ordem do maior para o menor risco: formulações pó seco (DP) > pó molhável (WP) > suspensão concentrada (SC) > concentrado emulsionável (EC) > pó solúvel (SP) > Solução (AL) > Granulado (GR).

A diferença de toxicidade está relacionada à forma como o ingrediente ativo é captado por pêlos adaptados para a coleta de pólen, distribuídos pelos corpos das abelhas (Riedl et al., 2006). De modo geral, as formulações em pó, quando são aplicadas na folhagem das plantas, propiciam uma maior quantidade do ingrediente ativo, disponível para as abelhas, após as pulverizações, podendo ser até seis vezes mais perigosas para abelhas que as formulações líquidas (Freitas & Pinheiro, 2012).

Em relação à classificação toxicológica dos produtos, cerca de 51,4% são classificados como medianamente tóxico (Classe III), porém 17,14% são classificados

como extremamente tóxicos (Classe I) e altamente tóxicos (Classe II), totalizando 34,38% para os dois grupos e somente 14,2% são classificados como pouco tóxicos (Classe IV). Quanto a classificação ambiental, cerca de 48,57% dos produtos são considerados muito perigosos (Classe II), outros 45,7% são considerados produtos perigosos (medianamente), e somente um produto é altamente perigoso (Classe I), sendo este o inseticida Decis 25 EC[®], cujo princípio ativo é a deltametrina. Assim, cerca de 97% dos produtos utilizados apresentam algum grau de periculosidade em relação ao meio ambiente. Dentre todos, apenas um é considerado pouco perigoso ao meio ambiente (Classe IV), e este é o fungicida biológico Serenade[®], que tem como base (princípio ativo) o *Bacillus subtilis*.

Dentre as informações relevantes contidas na FISPQ, o potencial hidrogeniônico (pH) dos produtos químicos e condição de melhor atividade química da solução estão descritas no rótulo e, ou, bula do produto. Entretanto, verificou-se que essas informações são negligenciadas pelos produtores rurais durante o preparo das soluções. Segundo Silva et al. (2013), o pH é uma das características mais importantes para garantir a eficiência da mistura dos agrotóxicos, pois as cargas livres resultantes podem reagir com o ingrediente ativo e inativá-lo.

Mesmo assim, durante o monitoramento, em 93% das aplicações os produtos foram misturados em desacordo com a bula, sendo que produtos com pH variados podem apresentar redução da eficácia da ação. Somente em 7% dessa atividade (uma visita de quatorze), não houve mistura de produtos químicos com soluções de pH diferente da variação estabelecida pela descrição no rótulo.

Avaliando a eficiência de diferentes combinações de bactericidas contra mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.), doença comum na cultura do tomateiro, que ataca as planta provocando necroses e morte das folhas, Nascimento et al. (2013) constataram que nenhuma combinação de bactericidas foi atestada com eficiência no controle químico da doença, em relação à redução de severidade foliar, quando comparadas com os resultados do tratamento testemunha (água). Os resultados evidenciam que muitos agrotóxicos são utilizados indiscriminadamente na cultura, sendo que a eficiência dos produtos nem mesmo é atestada. Demonstraram, também, que os agrotóxicos podem alterar as estruturas dos frutos do tomateiro, como os açúcares (sólidos solúveis), pH dentre outras características, sendo esses efeitos ainda pouco conhecidos nas plantas.

Além da eficácia da substância, a interação química entre diferentes produtos pode gerar efeitos adversos ou, até mesmo, inesperados (Reis-Filho et al., 2008). A relação entre a ação dos produtos de maneira isolada com abelhas e outros insetos benéficos presentes no cultivo de tomateiro é pouco conhecida, podendo ser um problema grave, pois a ação isolada de uma substância pode provocar efeitos adversos, além da interação entre diversos produtos e a ação sob este grupo que também é desconhecida (Del Sarto et al., 2014).

Quanto à aplicação dos agrotóxicos, o intervalo de segurança da aplicação deve ser considerado (ou seja, o período, em dias, em que o produtor aplica o agrotóxico e deve esperar para aplicá-lo novamente ou colher a cultura). Para a cultura do tomateiro, a maioria das substâncias (45,7%) apresenta intervalo de sete dias, porém, dentre os agrotóxicos usados, isto poderia variar de nenhum dia até dez dias entre as aplicações. Para o mesmo produto, este intervalo de segurança foi respeitado, mas quando se tratavam de diferentes substâncias, ele não foi considerado e, muitas vezes, o uso de produtos de mesma classe foi indiscriminado, realizando-se múltiplas aplicações no mesmo dia.

Outro aspecto evidenciado nas observações é o total de produtos químicos utilizados no cultivo de tomateiro, que apresentam a dose letal descrita na FISPQ, totalizando 22 produtos, o que representa 62,85% dos agrotóxicos. A dose letal (DL_{50}) é realizada para diversos organismos modelos, dentre eles, peixes e mamíferos, porém neste caso só foram consultados as DL_{50} para a abelha do mel (*Apis mellifera* L.), pois é o organismo modelo utilizado para definir a ação letal dos agrotóxicos em abelhas polinizadoras, uma vez que poucos estudos de doses letais são realizados para abelhas nativas do Brasil, e nenhum para as abelhas que polinizam a cultura do tomateiro (Silva-Neto et al., 2016).

Os treze produtos químicos utilizados na cultura, que não apresentam dose letal para abelhas, podem afetar as atividades e a sobrevivência das abelhas, pois a maioria desses produtos não apresenta essa informação por falta de estudos específicos, assim, é relevante indicar esses agrotóxicos para estudos de DL_{50} (Tabela 3.2). Os inseticidas (I) são a maioria dentre as classes, entre os produtos que apresentam DL_{50} definida, representando 40,9%, o restante são fungicidas com 31,81%, produtos acaricidas e inseticidas com 18,18%; herbicida e fungicida/bactericida ambos com apenas um produto (Tabela 3.2).

O inseticida com princípio ativo à base de Triflumurom (Certeiro[®]) é amplamente utilizado no cultivo do tomateiro, principalmente para combater a traça-do-tomateiro [(*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)] e a broca-pequena-do-tomateiro [(*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)], ambas as pragas são frequentes em todo o Estado de Goiás (Reis-Filho et al., 2009).

Tabela 3.2. Agrotóxicos utilizados no cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) no município de Goianápolis, Goiás, que apresentam dose letal (50%) definido para *Apis mellifera*.

Agrotóxico	Grupo Químico	DL ₅₀ (µg por abelha)	Classe
Certero®	Triflumurom	0,002	I
Forum®	Dimetomorfe	0,025	F
Kohinor 200 SC®	Imidacloprid	0,169	I
Karate Zeon 50 EC®	Lambda-Cialotrina	0,2	I
Pirate®	Clorfenapir	0,2	I-A
Evidence 700 WG®	Imidacloprid	0,35	I
Danimen 300 EC®	Fenpropathrin	0,595	I-A
Mospilan®	Acetamiprid	0,8	I
Lannate BR®	Metilcarbamato de oxima	0,9	I
Orthene 750 BR®	Acefato	1,2	I-A
Cercobin 700 WP®	Benzimidazol	20	F
Trigard 750 WP®	Ciromazina	25	I
Kasumin®	Cloridrato de Kasugamicina	40	B-F
Bendazol®	Benzimidazol	100	F
Malathion 500 EC®	Malathion	100	I
Kraft 36 EC®	Abamectina	100	I-A
Derosal 500 SC®	Carbendazim	100	F
Ridomil Gold Bravo®	Chlorothalonil	100	F
Curzate BR®	Ditiocarbamato	100	F
Ranman®	Cyazofamid	100	F
Tordon®	Ác. ariloxialcanóico	200	H
Rimon 100 EC®	Benzoiluréia	492,33	I

O Triflumurom é amplamente utilizado devido à sua eficiência na mortalidade dos insetos, como as abelhas. Esse fato é reforçado pela baixa concentração que já provoca morte das abelhas. Cerca de 0,002 µg/abelha é suficiente para matar 50% das abelhas com este produto, sendo ele o mais nocivo para esses insetos. O segundo produto mais nocivo para as abelhas, na cultura do tomateiro, é um fungicida à base de Dimetomorfe (Forum®), muito utilizado para o controle da requeima [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)], fungo muito comum na cultura, especialmente em períodos mais frios do ano, sendo maio a junho para o estado de Goiás (Vale et al., 2013). A DL₅₀ deste fungicida, segundo o fabricante, é de 0,025 µg.

Os outros principais produtos nocivos às abelhas na cultura do tomateiro são todos inseticidas e, ou, acaricida juntamente, sendo eles Imidacloprid (Kohinor 200 SC – DL₅₀: 0,169 µg); Lambda-Cialotrina (Karate zeon 50 EC - DL₅₀: 0,2 µg); Clorfenapir

(Pirate - DL_{50} : 0,2 μ g); Imidacloprid (Evidence 700 WG - DL_{50} : 0,35 μ g); Fenpropathrin (Danimen 300 EC - DL_{50} : 0,59 μ g).

Dentre os diversos aspectos dos agrotóxicos, a dose letal estabelecida em testes específicos para *A. mellifera* é o mais relevante para indicar a letalidade para as abelhas, porém, nem sempre os produtos apresentam essas informações. Porém, quando relacionados ao pH e à classificação toxicológica e ambiental dos produtos, apresentam relação inversa, indicando, assim, que quanto menor a dose letal para as abelhas, mais perigosos os produtos são nas classificações (I ou II) (Figura 3.2).

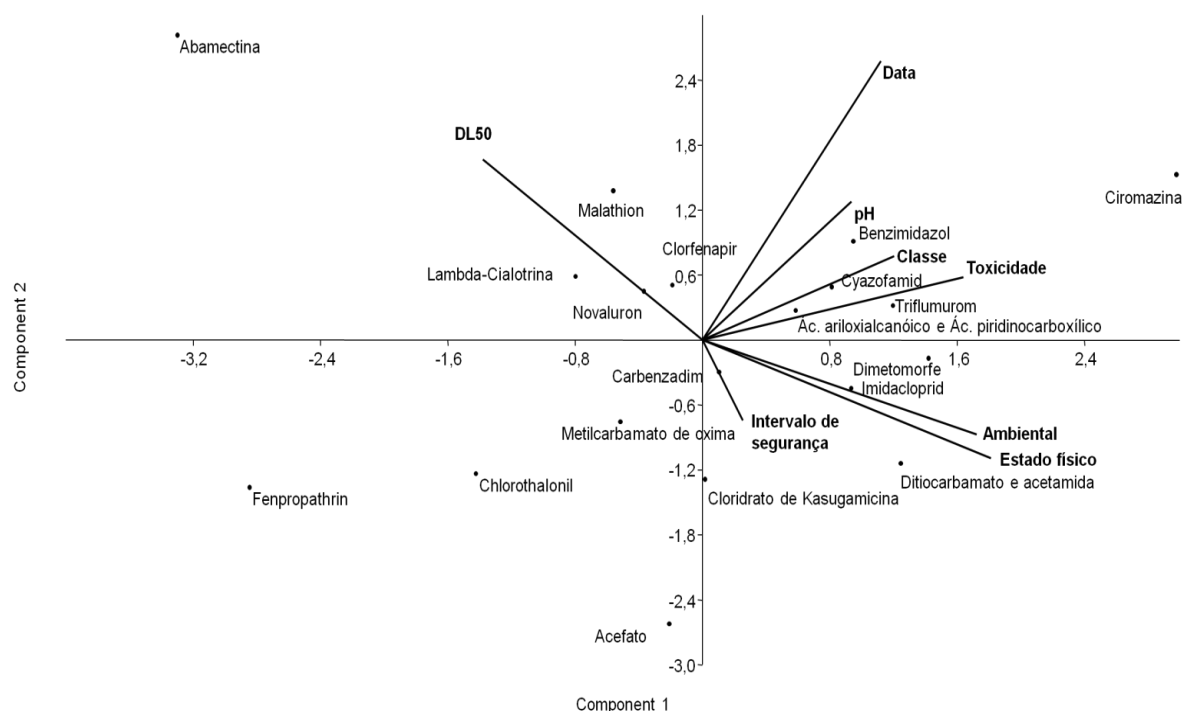


Figura 3.2 Análise dos componentes principais de variáveis dos agrotóxicos utilizados na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (DL_{50} , pH, intervalo de segurança de aplicação, data da aplicação, estado físico do produto, classe, classificação toxicológica e classificação ambiental) em Goianópolis, Goiás. (Componente 1 - DL_{50} : 27,14%; Componente 2 - pH: 19,65%; intervalo de segurança: 16,63%; data: 15,52%; Estado físico: 9,52%; classe: 6,29%; classificação toxicológica: 3,43%; classificação ambiental: 1,79%).

O agrotóxico considerado mais perigoso para as abelhas é o inseticida Decis 25 EC® (deltametrina), e o menos perigoso é o fungicida biológico Serenade®, que tem como base (princípio ativo) o *Bacillus subtilis*. Abamectina, Lambda-Cialotrina, Novaluron, Clorfenapir, Fenpropathrin, Malathion e Chlorothalonil apresentaram forte relação com a DL_{50} , porém Triflumurom e Dimetomorfe, que são os produtos encontrados na área com

maior letalidade para as abelhas, não tiveram relação tão evidente, pois têm suas classificações. Moraes et al. (2000), em testes laboratoriais com *Scaptotrigona tubiba* (Smith) com diferentes agrotóxicos, encontraram doses letais para Deltametrina ($0,73 \text{ mg abelha}^{-1}$); *B. thuringiensis* ($115,29 \text{ mg abelha}^{-1}$), Triclorfom ($0,08 \text{ mg abelha}^{-1}$) e Malatium ($0,04 \text{ mg abelha}^{-1}$), assim, todos os inseticidas foram considerados altamente tóxicos, exceto *B. thuringiensis* que foi relativamente não tóxico (Moraes et al., 2000).

Em comparações interespecíficas, *S. tubiba* apresentou-se mais susceptível ao Malatium ($DL_{50} > 0,04 \text{ mg abelha}^{-1}$) do que *Trigona spinipes* (Fabr.) (DL_{50} de $0,26 \text{ mg abelha}^{-1}$) (Macieira & Hebling-Beraldo, 1989) e *A. mellifera* (DL_{50} de $0,18 \text{ mg abelha}^{-1}$ e $128 \text{ mg abelha}^{-1}$) (Batista et al., 1975), mas foi mais tolerante que *Nannotrigona testaceicornis testaceicornis* (Lepeletier) (DL_{50} de $0,03 \text{ mg abelha}^{-1}$) e *Tetragonisca angustula* (Latreille) ($0,02 \text{ mg abelha}^{-1}$) (Moraes et al., 2000). Estes autores destacaram a relevância do tamanho das abelhas na definição da letalidade do agrotóxico nas mesmas. No entanto, Medrzycki et al. (2003) destacaram o efeito do agrotóxico na abelha, como a alteração da mobilidade das abelhas, o que poderá prejudicar o indivíduo propriamente e a colônia como um todo.

Segundo Soares (2012), os inseticidas Imidacloprido (Kohinor 200 SC® e Evidence 700 WG®) são agonistas da acetilcolina e agem nos receptores nicotínicos de acetilcolina dos insetos, provocando, em doses subletais, deficiência na aprendizagem e na formação de memória. Ainda, determinou a toxicidade do imidacloprido para a espécie de abelha sem ferrão *Scaptotrigona postica*, encontrando a DL_{50} de $25,20 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1} \text{ abelha}^{-1}$.

Para Soares (2012) não houve alterações metabólicas no órgão alvo do imidacloprido, o cérebro, e também nos órgãos que participam de sua metabolização e excreção, o ventrículo e os túbulos de Malpighi. Entretanto, descreve efeitos indiretos, como o aumento no metabolismo indicando a tentativa de inativação do composto tóxico presente no organismo, além de alterações morfológicas, como a presença de núcleos picnóticos, células eliminadas no lúmen, rompimento celular, entre outras. Del Sarto et al. (2014), estudando *Melipona quadrifasciata*, verificaram que a Abameticina, princípio ativo de alguns inseticidas-acaricidas típicos da cultura do tomateiro (Kraft 36 EC®) têm maior efeito letal para essa espécie nativa do que para a abelha exótica *Apis mellifera*.

Os agrotóxicos, mesmo que aplicados em momentos de baixa visitação de abelhas nativas, podem contaminar as estruturas da planta especialmente por produtos considerados sistêmicos. Assim, o alimento buscado pelas abelhas, como néctar, resina e grãos de pólen (exclusivamente pólen no caso do tomateiro) poderão afetar as abelhas de

maneira indireta. Portanto, diferentes tipos de exposição como ingestão, topical ou contato podem afetar de maneiras diferentes as várias espécies de abelhas. Por exemplo, *M. quadrifasciata* é mais suscetível a inseticidas por ingestão ou contato do que *A. mellifera*, sendo que esta espécie é mais suscetível a aplicações de inseticidas tópicos. Isso faz com que os ensaios *in vitro*, apenas para *A. mellifera*, sejam menos realistas, mascarando a toxicidade do agrotóxico (Del Sarto et al., 2014).

As espécies de abelhas nativas são frequentes e importantes polinizadoras de espécies nativas e cultivos agrícolas, assim é destacada a carência de estudos em áreas do conhecimento que possam contribuir em valor econômico com as produções agrícolas e em medidas conservacionistas para as abelhas nativas. Dentre esses estudos, é essencial o entendimento do comportamento específico de diversas espécies de abelhas nativas, como tipos de ninho; comportamentos sociais ou não; nidificação; alimentação; comportamento de forrageamento (distância de voo, tipo de recurso alimentar) e de polinização (polinização por vibração e outros comportamentos).

Ressalta-se que é essencial uma investigação mais profunda a respeito da interação dos agrotóxicos com as abelhas nativas e não nativas, pois há carência de resultados de estudos que demonstrem os efeitos nas abelhas em relação à biologia reprodutiva; biologia comportamental; ecologia da polinização; citogenética e biologia molecular (Yang et al., 2008; Brittain et al., 2010; Schneider et al., 2012; Rocha et al., 2012).

3.3 CONCLUSÕES

Na área de estudo, no município de Goianápolis, com doze produtores, são utilizados 35 agrotóxicos para a condução da cultura do tomateiro. A maioria dos agrotóxicos (54%) pode afetar diretamente as abelhas, sendo os produtos, em sua maioria, considerados extremamente tóxicos a altamente tóxicos, com classificação ambiental de altamente perigosos a muito perigosos. No total de 35 dos agrotóxicos, 22 produtos apresentam dose letal descrita para *Apis mellifera*, sendo considerados letais para essa espécie de abelha.

3.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, G. C.; AMARAL, E.; PASSARELA-NETO, A. Toxicidade de alguns inseticidas e acaricida para operárias híbridas de *Apis mellifera ligustica* L. e *Apis*

mellifera adansonii L. (Hymenoptera: Apidae). **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, Londrina, v. 4: 73-77, 1975.

BRITTAIN, C. A.; VIGHI, M.; BOMMARCO, R.; SETTELE, J.; POTTS, S. G. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scale. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 11, n. 2, p. 106-115, 2010.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

DAMS, R. I. Pesticidas: Usos e perigos à saúde e ao meio ambiente. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, Mafra, v. 7, n. 2, p. 37-44, 2006.

DEL SARTO, M. C. L.; OLIVEIRA, E. E.; GUEDES, R. N. C.; CAMPOS, L. A. O. Differential insecticide susceptibility of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera*. **Apidologie**, Paris, v. 45, n. 5, p. 626-636, 2014.

DUSI, A. N.; LOPES, C. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; MOREIRA, H. M.; MIRANDA, J. E. C.; CHARCHAR, J. M.; SILVA, J. L. O.; MAGALHÃES, J. R.; BRANCO, M. C.; REIS, N. V. B.; MAKISHIMA, N.; FONTES, R. R.; PEREIRA, W.; HORINO, Y. **A cultura do tomateiro (para mesa)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Brasília. 1993, 92 p.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. **Polinizadores e pesticidas**: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiro. Brasília: MMA, 2012. 112 p.

GILL, R.; RAINE, J. E. Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. **Functional Ecology**, Oxford, v. 28, n. 6, p. 1459-1471, 2014.

HOPWOOD, J.; VAUGHAM, M.; SHEPHERD, M.; BIDDINGER, D.; MADER, E.; BLACK, S. H.; MAZZACANO, C. **Are neonicotinoids killing bees?** A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees, with recommendations for actions. The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, 2012, 44 p.

LEHOTAY, S. J.; TULLY, J.; GARCA, A. V.; CONTRERAS, M.; MOL, H.; HEINKE, V.; POULSEN, M. E. Determination of pesticides residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate - Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 90, n. 2, p. 485-520, 2007.

MACIEIRA, O. J. D.; HEBLING-BERALDO, M. J. A. Laboratory toxicity of inseticides to workers of *Trigona spinipes* (F., 1793) (Hymenoptera-Apidae). **Journal of Apicultural Research**, Brighton, v. 28, p. 3-6, 1989.

MORAES, S. S.; BAUTISTA, A. R. L.; VIANA, B. F. Avaliação da toxicidade aguda (DL₅₀ e CL₅₀) de inseticidas para *Scaptotrigona tubiba* (Smith) (Hymenoptera: Apidae): via de contato. **Anais da Sociedade Entomologica Brasileira**, Londrina, v. 29, n. 1, p.31-37, 2000.

NASCIMENTO, A. R.; FERNANDES, P. M.; BORGES, L. C.; MOITA, A. W.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, p. 15-24, 2013.

PRESTES, O. D.; FRIGGI, C. A.; ADAIME, M. B.; ZANELLA, R. QuEChERS: um método moderno de preparo de amostra para determinação multirresíduo de pesticidas em alimentos por métodos cromatográficos acoplados à espectrometria de massas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1620-1634, 2009.

REIS-FILHO, J. S.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianópolis, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 307-316, 2009.

RIEDL, H.; JOHANSEN, E.; BREWER, L.; BARBOUR, J. **How to reduce bee poisoning from pesticides**. Pacific Northwest Extension, 591, Corvallis: Oregon State University, 2006. 26 p.

ROCHA, M. C. L. S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Ibama. Brasília., 2012. 88 p.

SCHNEIDER, C. W.; TAUTZ, J.; GRUNEWALD, B.; FUCHS, S. RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. **Plos ONE**, San Francisco, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2012.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. **Pragas**. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2ª edição. Editora Universitária de Lavras. Lavras, MG, 2013. 472 p.

SILVA-NETO, C.; LIMA, F. G.; GONÇALVES, B. B.; BERGAMINI, L. L.; BERGAMINI, B. A. R.; ELIAS, M. A. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v. 11, n. 6, p. 41-45, 2013.

SILVA-NETO, C. M.; FRANCESCHINELLI, E. V.; BERGAMINI, L.; ELIAS, M. A. S.; MORAIS, J. M.; MOREIRA, G. L.; BERGAMINI, B. High species richness of native pollinators in brazilian tomato crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, 2016.

SOARES, H. M. **Avaliação dos efeitos do inseticida imidacloprido para abelhas sem ferrão *Scaptotrigona postica* Latreille, 1807 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Dissertação - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2012.

VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. **Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematoides**. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2ª edição. Editora Universitária de Lavras. Lavras, MG. 2013. 472 p.

4. INFLUÊNCIA DA ABELHA MANDAÇAIA (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier) NA PRODUÇÃO DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO

A polinização do tomateiro em ambiente protegido, utilizando abelhas, vem se intensificando no mundo, principalmente com espécies de *Bombus*, obtendo resultados de produção com ganhos produtivos. Entretanto, no Brasil, nenhuma iniciativa concreta foi realizada com abelhas para a polinização do tomateiro em escala comercial, nesse tipo de ambiente. Assim, o objetivo desta pesquisa consistiu em verificar a eficiência de *Melipona quadrifasciata* na polinização de flores e na produção de tomate em ambiente protegido. Foram conduzidos dois experimentos. No 1º experimento foi quantificada, no tomateiro rasteiro, a carga polínica das flores (grãos de pólen no estigma) e a qualidade dos frutos (número de semente, massa-fresca, diâmetro longitudinal e sólidos solúveis) nos tratamentos de cultivo em estufa com abelhas, estufa sem abelhas e cultivo em ambiente aberto. No 2º experimento, com tomateiro de crescimento indeterminado, os tratamentos foram realizados em estufa com abelhas e sem abelhas. Nesses tratamentos, as inflorescências de cada planta foram ensacadas ou não com tecido organza para evitar ou permitir, respectivamente, a visita das abelhas às flores. As abelhas *M. quadrifasciata* apresentaram comportamento de forrageamento e visitação nas flores de tomateiro. Para o tomateiro de crescimento determinado, a carga polínica foi, em média, de 433% maior em ambiente fechado com abelha em comparação com o resultado obtido na estufa sem abelha. Os frutos produzidos em estufas com presença de abelhas apresentaram uma superioridade de 15% em massa fresca e 41,1% no número de sementes, em relação aos frutos produzidos em ambiente aberto. Para o tomateiro de crescimento indeterminado, a produção de semente foi 33% maior quando a flor foi polinizada e a produção de massa de tomate chegou a ganhos de 16%. Os resultados mostram a relevância do uso de *M. quadrifasciata* direcionado à polinização em casa de vegetação. O uso de abelhas nativas para polinização de culturas agrícolas em casa de vegetação apresentou resultados promissores, especialmente para a cultura do tomateiro, que é beneficiada pela polinização.

Palavras-chave: carga polínica, sólidos solúveis, polinização vibrátil, produção de fruto, crescimento determinado e indeterminado.

ABSTRACT

INFLUENCE OF THE BEES MANDAÇAIA (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier) IN THE PRODUCTION OF TOMATO FRUIT IN PROTECTED ENVIRONMENT

Pollination of tomato under protected environment using bees has been increasing in the world, especially with species *Bombus*, obtaining production results with productivity gains. However, in Brazil, no concrete initiative was undertaken with bees for pollination of tomato on a commercial scale. So the aim of this study was to verify the efficiency *Melipona quadrifasciata* capacity in pollination and consequent production of tomato in greenhouse. In the 1st experiment were evaluated in rasteiro tomato the pollen load of flowers (pollen on the stigma) and characterization of fruit (no seed, mass-fresh, longitudinal diameter

and soluble solids) in the treatments consisted of greenhouse with bees, greenhouse without bees and cultivation in open environment. In the 2nd experiment with indeterminate growth tomato, treatments were performed in an oven with bees and bee without greenhouse, and in each plant inflorescences were bagged with organza fabric and exposed open inflorescences to bees in the greenhouse. The *M. quadrifasciata* presented foraging behavior and visitation in tomato flowerS For the growth of tomato determinadom the pollen load is 433% higher indoors with bee compared to the greenhouse without bee. The fruits of tomatoes produced in greenhouses with the presence of bees showed a superiority of 15% in fresh weight and 41.1% in the number of seeds in relation to the fruits produced in an open environment. For tomato indeterminate growth, seed yield is 33% greater when the flower is pollinated and mass production of tomatoes reach a 16% gain. The results show the relevance of the use of *M. quadrifasciata* directed pollination in the greenhouse. The use of native bees for pollination of agricultural crops in the greenhouse are promising results, especially for the tomato crop, which benefits from the pollination.

Keywords: Buzz pollination, pollen load, soluble solids, fruit production, determined and indeterminate growth.

4.1 INTRODUÇÃO

Uma das características do gênero *Solanum* é a morfologia das anteras com abertura poricida. Para a liberação dos grãos de pólen dessas anteras é necessária a vibração das mesmas, sendo as abelhas com esse comportamento os polinizadores efetivos do tomateiro (Nunes-Silva et al., 2010). Apesar das variedades cultivadas serem autogâmicas, o comportamento de polinização vibrátil das abelhas contribui com a autopolinização das flores, quando boa parte dos grãos de pólen expelidos das anteras é depositada no estigma da mesma flor (Greenleaf & Kremen, 2006; Silva-Neto et al., 2013).

Algumas famílias de abelhas nativas do Brasil que realizam o movimento de vibração pertencem às famílias Andrenidae, Apidae (exceto *Apis*), Colletidae, Halictidae e Megachilidae (Harter et al., 2002). A abertura poricida das anteras das flores do tomateiro torna importante a relação da cultura com abelhas que vibram, uma vez que *Apis mellifera* L. e vários outros polinizadores que buscam pólen não são capazes de vibrar. Devido à relação específica entre polinizador e produção de frutos nesta cultura, e os principais fatores limitantes para a formação de fruto são aqueles relacionados à conservação dos polinizadores, como a perda e a fragmentação dos habitats, uso excessivo de agrotóxicos e consequente diminuição das populações de polinizadores, causando um déficit de polinização na cultura (Winfrey et al., 2007; Deprá et al., 2014).

O cultivo protegido de tomate tem crescido nos últimos anos devido ao manejo otimizado da água e de fitopatógenos, com consequente produção em quantidade e qualidade em épocas de baixa oferta (O Charlo et al., 2009). A principal dificuldade desse

sistema consiste na ausência de polinizadores, com consequente redução de produção (devido à baixa massa unitária dos frutos e na conversão de flores em frutos) e formação anormal de frutos (Nunes-Silva et al., 2010; Silva-Neto et al., 2013).

A polinização do tomateiro em ambiente protegido utilizando abelhas vem se intensificando no mundo, principalmente com espécies de *Bombus*, obtendo resultados de produção com ganhos em quantidade (15 a 30%), massa (5 a 50 g) e tamanho dos frutos (4 a 5 mm) (Dogterom et al., 1998; Morandin et al. 2001a; Vergara & Fonseca-Buendia, 2012). Entretanto, no Brasil, nenhuma iniciativa concreta foi realizada com abelhas para a polinização do tomateiro em escala comercial.

Como alternativa às abelhas *Apis mellifera* e *Bombus* spp., as espécies do gênero *Melipona*, em sua maioria, são capazes de realizar a vibração do abdômen, além de apresentarem ferrão vestigial e não ferroarem (Del Sarto et al., 2005; Santos et al., 2009). A abelha *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, popularmente conhecida como mandaçaia, é considerada dócil e de fácil manejo. Estas características a tornam adequada para uso em ambiente protegido (Bartelli et al., 2014). Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa consistiu em verificar a eficiência de *M. quadrifasciata* na polinização e consequente produção de tomateiro em ambiente protegido.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Experimento 1

O experimento foi conduzido no viveiro-escola do Setor de Engenharia Florestal da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, no município de Goiânia (16° 35' 33.66'' S e 49° 17' 27.41'' O, altitude de 725 m [Mapa digital](#)). O experimento foi realizado entre os meses de março e junho de 2014. O clima é Tropical sazonal (Aw) com precipitação média de 1.500 mm e temperaturas médias entre 22-23 °C. A estação chuvosa ocorre de novembro a março e a estação seca de abril a outubro. O tomateiro é um híbrido (AP533), de crescimento determinado, com ciclo produtivo de até 130 dias.

Os tratamentos foram conduzidos em dois ambientes, com e sem a presença de abelhas, sendo T1 - estufa com abelhas; T2 - estufa sem abelhas e T3 - cultivo em ambiente aberto, com 30 repetições. Os telados com e sem abelhas medem 3 m por 5 m (15 m²) cada, com sombrite 75%. O ambiente aberto utilizado para a pesquisa foi ao lado dos telados.

As mudas foram produzidas em substrato correspondente à mistura de turfa e perlita, na proporção de 300 L para 120 L, respectivamente. A semeadura ocorreu em bandejas de polietileno de 288 células com capacidade para 11 cm³, cada. O transplântio

das mudas ocorreu aos 50 dias após a semeadura. Colocou-se uma planta por vaso (5 L), totalizando 30 vasos, preenchidos com sete quilos de substrato composto por cinco partes de terriço de mata e uma de esterco bovino, complementado com 20 g de NPK 4-14-8. Cada vaso constituiu uma parcela.

Foi realizada adubação de cobertura aos 30 dias após o transplante, adicionando 20 g de NPK 4-14-8, em cada vaso. A irrigação foi manual conforme a exigência da cultura, completando 350 mm no ciclo. Neste experimento, foi realizado o manejo integrado de pragas e doenças com as plantas avaliadas diariamente e não houve a necessidade de aplicação de defensivos.

Foram utilizadas abelhas mandaçaia (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier) no telado. Utilizou-se apenas uma colmeia, disposta na estufa 30 dias após o transplante e retirada aos 60 dias após o transplante das mudas de tomateiro. Esse período foi estabelecido conforme metodologia adaptada de Bartelli et al. (2014) e a disponibilidade de flores nas plantas.

Houve verificação constante da presença de patógenos na colmeia e fornecimento semanal de alimentação artificial (xarope diluído em água na proporção de 1:1). Por fim, registraram-se, diariamente, as temperaturas máximas e mínimas dentro da estufa, utilizando-se um termo-higrômetro, para evitar estresse térmico às abelhas.

As variáveis avaliadas no experimento foram: carga polínica, massa fresca do fruto, diâmetro longitudinal, número de sementes e sólidos solúveis. A metodologia para cada variável está definida na sequência. Para comparar a quantidade de grãos de pólen no estigma de flores das estufas com abelhas, sem abelhas e em sistema aberto, as flores foram coletadas e fixadas em fixador de material vegetal (FAA 80% - 90% de Formaldeído, 5% de álcool e 5% de ácido acético). No laboratório, os estigmas dessas flores foram separados e diafanizados em NaOH 9N por uma hora, corados em carmim acético e observados em microscópio óptico (Silva-Neto et al., 2013).

O número de grãos de pólen em cada estigma foi contado em três campos de visualização, em microscópio ótico (40x). Os campos consistiram nas duas extremidades opostas do estigma e na sua parte central (Dafni et al., 2005). Para avaliar o efeito da polinização dos frutos dos tomateiros, foram colhidos 30 frutos por tratamento. Os frutos foram caracterizados em relação à massa fresca total (gravimetria) em balança de precisão (0,001 g); o diâmetro longitudinal com medição direta, obtido com paquímetro digital; as sementes foram separadas em placa de Petri e contadas com contador manual, e o teor de sólidos solúveis (refratometria), utilizando a metodologia de Zenebon et al. (2008).

Para as comparações da carga polínica foi realizado teste de Mann-Whiney ($p < 0,05$). Para a comparação dos valores da massa de matéria-fresca, diâmetro longitudinal, número de sementes e sólidos solúveis dos frutos foi realizada a análise de variância

(ANOVA) com posterior teste de comparação múltipla de Tukey ($p < 0,05$). A relação entre os tratamentos e o número de sementes com massa de matéria fresca, diâmetro longitudinal e sólido solúvel dos frutos foram comparados aplicando-se a regressão múltipla ($p < 0,05$) (Spears, 1983; Silva-Neto et al., 2013).

4.2.2 Experimento 2

O experimento também foi conduzido no viveiro-escola do Setor de Engenharia Florestal da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, no mesmo telado do experimento anterior, porém conduzido entre os meses de setembro de 2015 e fevereiro de 2016. O tomateiro utilizado é do tipo Santa Cruz, variedade Kada Gigante, sendo de crescimento indeterminado, com ciclo produtivo de 120 a 180 dias.

O transplante das mudas ocorreu aos 50 dias após a semeadura. Colocou-se uma muda por vaso de 18 L preenchido com sete quilos de substrato formado por 20 partes de terço de mata e uma de esterco bovino, complementado com 200g de NPK 4-14-8. Utilizaram-se duas plantas por vaso, totalizando 30 vasos, correspondendo cada vaso a uma parcela. Os tratamentos culturais realizados foram adubação de cobertura aos 30 dias após o transplante com 50 g de NPK 4-14-8 e 50g de calcário “filler”, por vaso. A irrigação foi manual, conforme a exigência da cultura, completando 350 mm no ciclo. Neste experimento também foi realizado o manejo integrado de pragas e doenças. As plantas foram avaliadas diariamente e não houve a necessidade de aplicação de defensivos.

Em contraponto ao primeiro experimento, para evitar a variação de produção entre as diferentes plantas de tomateiros, a produção de frutos nas mesmas plantas, realizando o experimento com todos os tratamentos foram realizados na mesma planta (conforme Silva-Neto et al., 2013). Assim, os tratamentos foram realizados em estufa com abelhas e sem abelhas. Nestes tratamentos, 30 inflorescências de cada planta foram ensacadas com tecido organza para evitar a visita das abelhas às flores, e outras 30 inflorescências foram marcadas sem serem ensacadas.

No mesmo dia do ensacamento das inflorescências, as abelhas foram colocadas na estufa, seguindo os mesmos procedimentos de manejo e monitoramento realizados no primeiro experimento. O número de flores em cada inflorescência demarcada foi contabilizado para posterior comparação com o número de frutos gerados, informando, assim, a taxa de frutificação por inflorescência. Após a senescência das flores demarcadas, as abelhas foram retiradas da estufa. Ao iniciar a maturação dos frutos, com 30 dias após o ensacamento,

estes foram colhidos para quantificação de massa, altura, diâmetro e número de sementes, conforme metodologia adotada no primeiro experimento.

Assim, para comparar a taxa de frutificação, e os valores de massa, diâmetro longitudinal, número de sementes dos frutos oriundos de flores ensacadas e não ensacadas, de estufa com e sem abelhas, foi realizada a análise de variância (ANOVA) com posterior teste de comparação múltipla de Tukey ($p < 0,05$).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Experimento 1

As abelhas da espécie *M. quadrifasciata* apresentaram o comportamento de forrageamento e visitação nas flores de tomateiros. A visitação das flores ocorreu, especialmente, no período da manhã, porém este comportamento só teve início após a primeira semana de instalação da colônia dentro da casa de vegetação. A partir da observação da visitação das abelhas, foram encontradas, várias marcas nas anteras das flores das plantas, devido à polinização por vibração (Figura 4.1).



Figura 4.1. Abelha mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*). A. polinizando a flor de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) no interior da estufa. B. Marca de polinização realizada no cone de anteras da flor de tomateiro.

Em reflexo da atividade da polinização, a carga polínica entre os tratamentos foi superior na estufa com abelhas (T1), sendo que os estigmas das flores continham cerca de 214 grãos de pólen em média, já na estufa sem abelhas (T2) 40 grãos de pólen e apenas 2,83 em ambiente aberto (T3). Este ganho chega a 433% de diferença da carga polínica das flores entre os ambientes estudados (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Número de grãos de pólen, número de sementes, massa (g) e tamanho de fruto (mm) e sólidos solúveis dos tratamentos de tomateiros (*Solanum lycopersicum*) no primeiro experimento (*Mann-Whiney - $H(2,23) = 17,7$; $p = 0,0001$; $^1F(2;47) = 5,121$; $p = 0,009$).

Parâmetros	Estufa com abelha (T1)	Cultivo em ambiente aberto (T2)	Estufa sem abelha (T3)
Pólen* (n°)	214,5*±109,33a	2,83±5,11b	40,4±33,77c
Semente ¹ (n°)	94,6±20,68a	87,33±16,03b	67,05±22,74c
Massa fresca ¹ (g)	53,71±7,81a	45,44±6,94b	46,66±9,74b
Diâmetro longitudinal ¹ (mm)	59,94±3,49a	56,38±4,14b	56,40±3,50b
Sólidos solúveis ¹ (°Brix)	6,14±1,26a	6,13±1,11a	5,53±1,20b

Os frutos de tomate produzidos em estufas com presença de abelhas apresentaram uma superioridade de 15% em massa fresca e 41,1% no número de sementes, em relação aos frutos produzidos em ambiente aberto (Tabela 4.1). Além dos ganhos em massa, também verificou-se um incremento de diâmetro longitudinal ($F(2;47) = 5,121$; $p = 0,009$).

O número de sementes no fruto influenciou positivamente a massa dos frutos ou seja, quanto maior a quantidade de sementes nos frutos, maior a massa do fruto ($t = 3,640$; $p = 0,000$; $r^2 = 0,1482$). Ainda, o número de sementes do fruto também influenciou positivamente os sólidos solúveis dos frutos, sendo que quanto maior o número de sementes no tomate, maior foi o teor de sólido solúvel nos frutos, com ganhos superiores a 13% ($t = 2,537$; $p = 0,01$; $r^2 = 0,133$).

4.3.2 Experimento 2

Para o tomate Santa Cruz do tipo Kada Gigante, o maior efeito da polinização por abelhas foi na taxa de frutificação das flores, sendo que os tomateiros na estufa com abelha apresentaram taxa de frutificação das flores disponíveis para polinização duas vezes maior que para flores ensacadas ou flores de estufa sem abelha (Tabela 4.2; Anexos 4.1 e 4.2).

Tabela 4.2. Número de grãos de pólen, número de sementes, massa (g), altura e largura de fruto (mm) de tomateiros (*Solanum lycopersicum*) do segundo experimento ($F(4,50) = 3,95$; $p = 0,007$).

Parâmetros	Estufa com abelha		Estufa sem abelha	
	Ensacado	Aberto	Ensacado	Aberto
Taxa de frutificação (%)	0,44±0,27a	0,82±0,19b	0,59±0,25a	0,64±0,18a
Semente (n°)	75,17±24a	75,46±27a	58,71±19b	56,40±26b
Massa (g)	73,90±13a	79,90±27a	55,04±14b	68,00±16b

Altura (mm)	54,67±4a	53,80±16a	48,20±5a	52,30±6a
Diâmetro (mm)	49,80±4a	47,80±14a	45,70±4a	46,80±4a

4.4 DISCUSSÃO

A polinização dos tomateiros por abelhas aumenta a produção e a qualidade dos frutos de tomateiros, sendo maiores ou menores os aproveitamentos resultantes da polinização, de acordo com características da variedade do tomateiro, como hábito de crescimento, aspectos fenológicos, tamanho de flor e outras características morfo-fisiológicas da planta. As variedades de crescimento determinado, como neste caso o AP533, apresentam os aspectos fenológicos mais homogêneos com o florescimento precoce e em menor período de tempo, sendo estas características favoráveis para o manejo de abelhas em menor período, seja dentro de ambiente protegido ou em ambiente aberto, em condições de aplicação de agrotóxicos. Entretanto, as variedades de crescimento indeterminado, como o Santa Cruz, florescem ao longo do seu desenvolvimento vegetativo, produzindo flores por maior período de tempo, sendo importantes por fornecer recurso aos polinizadores ao longo de maior tempo, porém dificultando o manejo intensivo.

Mesmo não sendo comparadas diretamente nesta pesquisa, ambas variedades, de crescimento determinado e indeterminado, foram influenciadas positivamente pela polinização de abelhas (Tabela 4.1 e 4.2). Verifica-se que o número de sementes influenciou positivamente a massa-fresca dos frutos e o teor de sólidos solúveis, características importantes para a cultura (tomateiro rasteiro destinado à indústria de produtos atomatados) em que os ganhos de açúcares são relevantes para a qualidade do produto (Ferreira et al., 2010). Os tomateiros de crescimento indeterminado apresentaram taxa de frutificação das flores, disponíveis para polinização, duas vezes maior em relação às flores ensacadas ou flores de estufa sem abelha.

A produção de sementes do tomateiro Santa Cruz é 33% maior quando a flor foi polinizada, e a produção de massa de tomate chega a ganhos de 16% (Anexos 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6). Em resultados semelhantes, Del Sarto et al. (2005) encontraram 10,8% de sementes nos frutos polinizados por *M. quadrifasciata*, em comparação com flores de tomateiro de crescimento indeterminado polinizadas manualmente. Em estudo com abelhas nativas polinizando tomateiro de crescimento indeterminado em campo, da variedade Saladete, Silva-Neto et

al. (2013) observaram taxa de frutificação de 64% em flores polinizadas por abelhas, além de ganhos de 50,2% em massa do fruto.

A polinização por vibração realizada pelas abelhas aumenta a deposição do autopólen nos estigmas das flores, assim há mais óvulos fecundados, resultando em maior quantidade de sementes nos frutos. O número de sementes em desenvolvimento no fruto de tomate influencia a atividade do gene fw 2.2, o qual é responsável por estimular as paredes do ovário a crescerem e formarem o fruto (Tanksley, 2004; Paran & Van Der Knaap, 2007). Os frutos com maior quantidade de sementes alocam maior quantidade de sólidos solúveis (Zanor et al., 2009).

Em seus primeiros estudos realizados com utilização de abelhas para a polinização de tomateiros em estufas, Dogterom et al. (1998) utilizaram *Bombus vosnesenskii*. A espécie se mostrou mais eficiente na polinização com a sua participação, que a polinização manual das flores e a não polinização. Em estufas com abelhas *Apis mellifera* em cultivo hidropônico de tomateiros, há produção de frutos, porém os frutos das estufas com abelhas *M. quadrifasciata* apresentam maiores tamanhos e quantidade de sementes (Santos et al., 2009).

No México, Vergara & Fonseca-Buendia (2012), utilizando a abelha *Bombus ephippiatus* para a polinização de tomateiros, também verificaram que o número de sementes por frutos foi maior em plantas polinizadas por essas abelhas do que em plantas polinizadas mecanicamente ou não polinizadas. Verificaram, também, que o tempo de maturação é maior nos frutos polinizados por essas abelhas, além da massa-fresca e dos açúcares dos frutos.

A carga polínica nos estigmas das flores pode sofrer alterações de acordo com a temperatura do ambiente. Na casa de vegetação, as temperaturas podem se elevar acima da temperatura do ambiente externo, fator que pode contribuir com a redução da carga polínica (Hikawa & Miyanaga, 2009). Mesmo assim, na presente pesquisa, as estufas com abelhas apresentaram temperatura média de 27 °C e máxima de 37 °C e a carga polínica foi muito superior às obtidas na estufa sem abelhas. Morandin et al. (2001a) evidenciaram uma relação positiva entre carga polínica e atividade das abelhas, tendo encontrado cerca de 400 grãos de pólen por estigma, o que é superior à quantidade de pólen quando não há atividade de abelhas. Em relação à qualidade dos frutos, Morandin et al. (2001b) observaram que a ocorrência de apenas duas visitas de *B. terrestris* em flores de tomateiro foram suficientes para produzir frutos maiores, consequência da maior quantidade de pólen e sementes.

Além da cultura do tomateiro, outras culturas são produzidas em casa de vegetação ou em ambientes protegidos, como berinjelas (*Solanum melongena*), pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.), sendo que essas culturas são influenciadas pela polinização para a produção. Nunes-Silva et al. (2013) testaram, com sucesso, a eficiência de *M. fasciculata* para a polinização de berinjela em casa de vegetação, em alternativa ao uso de *Bombus terrestris*, outrora muito utilizado na Europa e na América do Norte. O uso de abelhas nativas do Brasil pode facilitar e estimular o seu uso para a polinização de culturas em casa de vegetação.

A variação de resultados obtidos com *M. quadrifasciata* mostra a relevância do seu uso direcionado à polinização de espécies cultivadas em casa de vegetação. Da mesma forma, outros fatores podem contribuir para o sucesso da colônia e efetividade da polinização, como alimentação, temperatura e insolação (Hikawa & Miyanaga, 2009). Desta forma, sugere-se a realização de mais pesquisas direcionadas ao uso e manejo dessas abelhas em ambiente protegido, totalmente fechado, pela dificuldade de orientação e identificação das flores, ocasionados pela difusão e bloqueio dos raios ultravioletas pela cobertura da casa de vegetação. Por fim, ressalta-se que mudanças estruturais devem ser otimizadas, visando o manejo das abelhas e potencializar a polinização das flores (Bartelli et al., 2014).

As abelhas *Melipona quadrifasciata* são dóceis e de fácil manejo, mostrando-se resistentes às condições de curto período dentro da estufa (30 dias). Mesmo assim, pesquisas com manejo das abelhas, por mais tempo, são necessária para verificar o desenvolvimento da colônia. O uso de abelhas nativas para polinização de culturas agrícolas em casa de vegetação apresenta resultados promissores, especialmente para a cultura do tomateiro, que é beneficiada pela polinização realizada por esses agentes.

4.5 CONCLUSÕES

O uso da abelha *Melipona quadrifasciata* contribui com a melhoria da qualidade dos frutos, com aumento do número de frutos e de sementes, tamanho e massa dos frutos do tomateiro rasteiro (crescimento determinado - AP533) para processamento industrial.

A polinização por *M. quadrifasciata* aumenta a conversão de flores em fruto de tomateiro de crescimento indeterminado (Santa Cruz Kada gigante).

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTELLI, B. F.; SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of

Lycopersicon esculentum (Solanaceae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 1, p. 60-67, 2014.

DAFNI, A.; PACINI, E.; NEPI, M. **Pollen and stigma biology**. In: DAFNI, A.; KEVAN, P.; HUSBAND, B. Editors Practical Pollination Biology. Ontario: Enviroquest Ltd. 2005. pp 83-142.

DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETI, R. C.; CAMPOS, L. A. O. Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator of Greenhouse Tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 98, n. 2, p. 260-266, 2005.

DEPRÁ, M. S.; DELAQUA, G. C. G.; FREITAS, L.; GAGLIANONE, M. C. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, Southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v. 12, n. 1, p. 1-8, 2014.

DOGTEROM, M. H.; MATTEONI, J. A.; PLOWRIGHT, R. C. Pollination of greenhouse tomatoes by the North American *Bombus vosnenskii* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 91, n. 1, p. 71-75, 1998.

FERREIRA, S. M.; QUADROS, R. D. A. O.; KARKLE, E. N. L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-869, 2010.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, Essex, v. 13, p. 81-87, 2006.

HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B.; ENGELS, W. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian Araucaria forest: a community study. **Journal of Apicultural Research**, Brighton, v. 40, n. 9, p. 1-2, 2002.

HIKAWA, M.; MIYANAGA, R. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. **Applied Entomology Zoology**, Tokyo, v. 44, p. 301-307, 2009.

MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 94, n. 2, p. 462-467, 2001a.

MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 94, n. 1, p. 172-179, 2001b.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A Polinização por vibração. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 140-151, 2010.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; ROLDAO, Y.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, Paris, v. 4, p. 1, 2013.

O CHARLO, H. C.; SOUZA, S. C.; CASTOLDI, R.; BRAZ, L. T. Desempenho e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido com diferentes números de hastes. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, p.144-149, 2009.

PARAN, I.; VAN DER KNAAP, E. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, p. 3841–3852, 2007.

SANTOS, S. A. B. dos; ROSELINO, A. C.; HRNCIR, M.; BEGO, L. R. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and Molecular Research**. Ribeirão Preto, v. 8, n. 2, p. 751-757, 2009.

SPEARS, E. E. A direct measure of pollinator effectiveness. **Oecologia**, Berlin, v. 57, p. 196-199, 1983.

SILVA-NETO, C. de M.; LIMA, F. G.; GONÇALVES, B. B.; BERGAMINI, L. L.; BERGAMINI, B. A. R.; ELIAS, M. A. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v. 11, n. 6, p. 41-45, 2013.

TANKSLEY, S. D. The genetic, developmental, and molecular basis of fruit size and shape variation in tomato. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 16, p. 181-189, 2004.

VERGARA, C. H.; FONSECA-BUENDÍA, P. Pollination of greenhouse tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). **Journal Pollination Ecology**, Guelph, v. 7, p. 27–30, 2012.

WINFREE, R.; WILLIAMS, N. M.; DUSHOFF, J.; KREMEN, C. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. **Ecology Letters**, Oxford, v. 10, n. 11, p. 1105-1113, 2007.

ZANOR, M. I.; OSORIO, S.; NUNES-NESE, A.; CARRARI, F.; LOHSE, M.; USADEL, B.; KÜHN, C.; BLEISS, W.; GIAVALISCO, P.; WILLMITZER, L.; SULPICE, R.; ZHOU, Y. H.; FERNIE, A. R. RNA Interference of LIN5 in tomato confirms its role in controlling brix content, uncovers the influence of sugars on the levels of fruit hormones, and demonstrates the importance of sucrose cleavage for normal fruit development and fertility. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 150, n. 3, p. 1204-1218, 2009.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 2008, 1020 p.

5. INTERAÇÃO DE FUNGICIDAS E POLINIZADORES DO TOMATEIRO

RESUMO

O uso inadequado dos agrotóxicos é prejudicial às abelhas visitantes das culturas agrícolas, reduzindo os ganhos em produção, resultantes da polinização. Constata-se que existem poucos estudos a respeito do efeito dos fungicidas sobre as abelhas que polinizam culturas agrícolas. Assim, objetivou-se verificar o efeito de repelência das abelhas por diferentes fungicidas na cultura do tomateiro, e os consequentes efeitos em deposição de grãos de pólen no estigma, número de sementes, massa e tamanho de fruto. O experimento foi conduzido no ano de 2014, em delineamento de blocos casualizados, sendo dez tratamentos, quatro repetições e oito plantas por parcela. Os tratamentos foram: Testemunha (T1), *Bacillus subtilis* (T2 e T3 em diferentes frequências de aplicação; Hidróxido de cobre (T4); *B. subtilis* e hidróxido de cobre (T5); Acibenzolar-S-Metílico (T6); (Trifloxistrobin+ Tebuconazol) e *B. subtilis* (T7); Hidróxido de cobre + Mancozeb (T8); Propineb + (Trifloxistrobin+Tebuconazol) (T9) e (Trifloxistrobin + Tebuconazol) + *B. subtilis* + Hidróxido de cobre (T10). Em cada tratamento verificou-se a presença de marca de polinização na flor, a carga polínica dos estigmas, o número de semente por fruto, o tamanho e a massa dos frutos. Posteriormente, foi avaliada a taxa de mortalidade de *Melipona quadrifasciata* quando expostas a quatro fungicidas: Trifloxistrobin + Tebuconazol; Manganês e Zinco; Hidróxido de Cobre; *Bacillus subtilis*. A taxa de mortalidade de *M. quadrifasciata* em 24 horas de avaliação foi maior nos tratamentos com Hidróxido de Cobre e Trifloxistrobin + Tebuconazol, respectivamente, 75% e 50%. A taxa de mortalidade foi menor nos tratamentos com Manganês e Zinco, *Bacillus subtilis* e a testemunha. Esses tratamentos não apresentaram diferença entre si. Os tratamentos que contêm os princípios ativos de Trifloxistrobin e Tebuconazol apresentam redução na presença das marcas florais e de grãos de pólen no estigma das flores. Os tratamentos testemunha, com *B. subtilis* e Hidróxido de Cobre apresentaram frutos maiores e de maior massa. A alternância entre *B. subtilis*, Hidróxido de Cobre e Trifloxistrobin + Tebuconazol evidencia a redução do efeito de repelência e o incremento em polinização. Assim, quanto mais aplicações de agrotóxicos realizadas sobre os tomateiro, menor é a taxa de visitas das abelhas às suas flores e, consequentemente, menor a quantidade de grãos de pólen depositados nos estigmas, diminuindo a produção de frutos.

Palavras-chave: abelhas, carga polínica, *Bacillus subtilis*, Trifloxistrobin e Tebuconazol.

INTERACTION OF FUNGICIDES AND POLLINATORS OF TOMATO

ABSTRACT

Inadequate use of pesticides affect negatively bees in agricultural crops, reducing the gains in fruit and seed productions. In addition, few studies show the effect of fungicides on bees that pollinate crops. Therefore, the aim of this study was to verify the effect of different fungicides on the mortality of bees in tomato crops and its consequent on pollen deposition on the flower stigmas, number of seeds fruit size and weight. The experiment was conducted in 2014, in a randomized block design, with ten treatments, four replications and eight plants per plot. The treatments were: control, *Bacillus subtilis* (T2 and T3 at different frequencies application; Copper hydroxide (T4), *B. subtilis* and copper hydroxide (T5), acibenzolar-S-Methyl (T6), (Trifloxistrobin + Tebuconazole) and *B. subtilis* (T7); hydroxide copper + manganese and zinc (T8). Propineb + (Trifloxistrobin + Tebuconazole) (T9) and (Trifloxistrobin + Tebuconazole) + *B. subtilis* + hydroxide copper (T10). Subsequently the mortality rate of *Melipona quadrifasciata* was evaluated for four fungicides: Trifloxistrobin + Tebuconazole, manganese and zinc; Copper hydroxide, *Bacillus subtilis*. The mortality rate for *M. quadrifasciata* in 24 hours was higher for manganese and zinc and Trifloxistrobin + Tebuconazole, being approximately 75% and 50%, respectively. manganese and zinc, *Bacillus subtilis* and the control did not differ together in each treatment was observed the presence of pollinating mark on flowers, the load pollen of flowers, seed number, size and mass of the fruits. Treatments containing the active ingredients of Trifloxistrobin and Tebuconazole showed fewer flowers with marks, and fewer pollen grains on the stigma of flowers. The control treatment, *B. subtilis* and copper hydroxide had bigger and heavier fruits. Switching among *B. subtilis*, copper hydroxide and Trifloxistrobin + Tebuconazole shows reduction repellency effect and increase in pollination. Thus, the frequency and type of fungicides interfere on the frequency of bee visits to flower and on the amount of pollen grains deposited on stigmas, reflecting on fruit production.

Keywords: bees, pollen load, *Bacillus subtilis*, Trifloxistrobin and Tebuconazole.

5.1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro está associada a grande variação de patógenos, dentre bactérias, fungos, vírus e nematóides presentes em todas as partes da planta. Atualmente, a cultura do tomateiro já tem definida pelo menos nove doenças fúngicas, cinco doenças bacterianas, seis doenças viróticas, além do ataque de nematóides e, cerca de oito tipos de diferentes de insetos pragas (Silva et al., 2013), sendo que a principal forma de manejo nos sistemas de produção de tomate no Brasil e no Mundo é o químico, por meio do uso de agrotóxicos (inseticidas, fungicidas, nematicidas, acaricidas) (Vale et al., 2013).

O consumo anual de agrotóxicos no Brasil é superior a 300 mil toneladas de produtos formulados, representando mais de 130 mil toneladas de ingredientes ativos. O consumo de agrotóxicos aumentou 700% nos últimos 40 anos, enquanto a área agrícola cresceu apenas 78%, evidenciando o aumento do consumo por área produzida (Fletcher

& Barnett, 2003; Spadotto et al., 2004). Entretanto, ressalta-se que o emprego inadequado dos produtos pode ser extremamente negativo para os sistemas biológicos presentes nas áreas das plantações, que incluem componentes bióticos (polinizadores, inimigos naturais e vegetação) e abióticos (água e solo) (Freitas et al., 2009).

A principal causa de declínio de polinizadores em culturas está relacionada à aplicação de agrotóxicos, seja pelo uso abusivo ou inadequado. O uso indiscriminado e irracional de agrotóxicos nos agroecossistemas pode ocasionar o desequilíbrio da população de abelhas que visitam esses locais (Malaspina et al., 2008). Além dos efeitos de toxicidade aguda, que ocasionam a morte das abelhas, os inseticidas podem provocar alterações comportamentais nos indivíduos e, ao longo do tempo, ocasionar sérios prejuízos na manutenção da colônia (sociais) ou das populações de abelhas para-sociais ou solitárias (Malaspina et al., 2008; Rocha, 2012).

Dentre os agrotóxicos, os neonicotinoides são um grande problema para o processo da polinização, pois são absorvidos pelas plantas, havendo contaminação de grãos de pólen e néctar que são consumidos pelos polinizadores. Adicionalmente, mesmo as plantas que não receberam esse tratamento, podem absorver resíduos químicos por meio do solo onde foi realizado o uso de pesticidas em anos anteriores (Hopwood et al., 2012) devido à ação residual longa.

No Reino Unido, Gill & Raine (2014) relataram que a exposição a pesticidas neocotinoides e piretróides causam danos agudos e crônicos na atividade de forrageamento das abelhas *Bombus terrestris* L., propiciando alterações comportamentais prejudiciais à sobrevivência das colônias e também para a polinização. No Brasil, observa-se um alto consumo de agrotóxico e os efeitos nos polinizadores ainda é desconhecido. A cultura do tomateiro, mesmo sendo autogâmica, é polinizada por diversas abelhas, as quais realizam polinização por vibração, agarrando-se ao cone de antera e vibrando-o (deixando marcada a flor polinizada), expelindo o pólen das anteras e aumentando a deposição de grãos de pólen no estigma da flor (carga polínica). Assim, as abelhas, além de se alimentarem do pólen das flores, contribuem para o aumento da produção e qualidade dos frutos (Silva-Neto et al., 2013; Silva-Neto et al., 2016).

De maneira geral, há grande preocupação de como os agrotóxicos classificados como inseticidas podem afetar as abelhas polinizadoras e a produção agrícola (Hopwood et al., 2012). No entanto, as outras classes de agrotóxicos não foram estudadas, devido à falta de efeito direto nos polinizadores. Entretanto, os fungicidas podem ser letais e, ou, subletais às abelhas (Riedl et al., 2006). Johnson et al. (2013) destacaram que os

fungicidas isoladamente não são considerados altamente tóxicos para *Apis mellifera*, mas os mesmos autores destacam que quando esse grupo de agrotóxico é combinado com outros grupos, a toxicidade dos componentes é aumentada, causando maior dano as abelhas.

Dentre os efeitos sub-letais descritos para os fungicidas, Degrandi-Hoffman et al. (2015) evidenciaram que abelhas que se alimentaram com pólen contaminado com fungicida (do grupo Pristine - mistura de pyraclostrobin + boscalid) apresentaram sintomas de desnutrição, maior quantidade de vírus e ficaram mais susceptíveis a patógenos. Entretanto, Artz & Pitts-Singer (2015) observaram que o Rovral 4F (iprodione) e a Pristine, fungicidas comumente utilizados em culturas agrícolas na Califórnia, EUA, perturbam a orientação de duas espécies de abelhas solitárias, *Osmia lignaria* e *Megachile rotundata*, prejudicando especialmente a orientação para retornar ao ninho.

Diante do exposto, objetivou-se estimar os efeitos dos fungicidas na mortalidade das abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e na polinização das flores em campo e na formação de frutos de tomate.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1 Áreas de estudo

O experimento foi conduzido em condições de campo na horta da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (16°35'48" S, 49°16'53" O, 709 m altitude [Mapa digital](#)) no município de Goiânia, GO, no decorrer dos meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015. O clima, segundo Koppen, é classificado como Aw, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso (Peel et al., 2007). A precipitação pluviométrica anual é de, aproximadamente, 1.487,2 mm. O solo possui textura média e é classificado como Latossolo Vermelho Perférico distrófico (Embrapa, 2006).

5.2.2 Delineamento e implantação experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 10 tratamentos (Tabela 5.1) e quatro repetições (canteiros A, B, C e D). O híbrido do tomateiro utilizado foi o Dominador. Cada parcela foi constituída de oito plantas, utilizando um espaçamento de 30 cm entre plantas, com duas linhas de plantio por canteiro, e os canteiros possuíam 1m de largura. A cobertura dos canteiros consistiu da colocação de

Tabela 5.1. Descrição de fungicidas e intervalos de aplicação nos diferentes tratamentos realizados par a cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) no município de Goiânia, Goiás.

Nº	Tratamentos	Ingrediente Ativo	Dose (ha)	Aplicações foliares
T1	Testemunha	-	-	-
T2	Serenade®	<i>Bacillus subtilis</i>	2,00 L	12 aplicações foliares em intervalos semanais
T3	Serenade®	<i>Bacillus subtilis</i>	2,00 L	seis aplicações foliares em intervalos quinzenais
T4	Kocide®	Hidróxido de cobre	1,0 kg	12 aplicações foliares em intervalos semanais
T5	Serenade® e Kocide®	<i>Bacillus subtilis</i> + hidróxido de cobre	2 L + 1 kg	Alternância dos produtos semanalmente, totalizando seis aplicações de cada um
T6	Bion®	Acibenzolar-S-Metílico	0,005 kg	Seis aplicações foliares em intervalos quinzenais
T7	Nativo® e Serenade®	(Trifloxistrobin+ tebuconazole) + <i>Bacillus subtilis</i>	0,75 L + 2,00 L	Alternância dos produtos semanalmente, totalizando seis aplicações de cada um
T8	Kocide® e Manzate®	Hidróxido de cobre + Mancozeb	1 kg + 3 kg	Alternância dos produtos semanalmente, totalizando seis aplicações de cada um
T9	Antracol® e Nativo®	Propineb + (Trifloxistrobin+Tebuconazol)	3 kg + 0,75 L	Alternância dos produtos semanalmente, totalizando seis aplicações de cada um
T10	Nativo® e Serenade® e Kocide®	(Trifloxistrobin + Tebuconazole) + <i>Bacillus subtilis</i> +Hidróxido de cobre	0,75 L + 2 L + 1 kg	Alternância dos dois produtos semanalmente, totalizando quatro aplicações de cada um; quatro aplicações de Kocide® após as demais.

“mulching” preto. O transplântio das mudas foi realizado 30 dias após o semeio, em 13 de novembro de 2014.

Instalou-se, nos canteiros, o sistema de tutoramento com bambu e arame para suporte das plantas do tomateiro. O sistema de irrigação foi por gotejamento. Foi realizada calagem e adubação antes do plantio das mudas, além de adubação de cobertura posteriormente ao plantio, conforme resultado da análise de solo. A primeira pulverização foliar foi realizada oito dias após o transplântio (DAT) (21 de novembro de 2014), e as pulverizações subsequentes ocorreram em intervalos semanais, sendo que em alguns tratamentos foi em intervalos quinzenais (Tabela 5.1).

5.2.3 Carga polínica das flores

Para comparar a quantidade de grãos de pólen no estigma das flores das plantas submetidas aos diferentes tratamentos ($n = 20$ por tratamento), flores foram coletadas e fixadas em FAA 80% {90% de Formaldeído, 5% de álcool (80°GL) e 5% de ácido acético} (dezembro de 2014, com 70 dias após o transplante das mudas). Posteriormente, os estigmas foram separados e colocados em NAOH 9N por uma hora, corados em carmim acético e observados em microscópio óptico.

O número de grãos de pólen em cada estigma foi contado em três campos de visualização, em microscópio ótico (aumento de 40x). Os campos consistem nas duas extremidades opostas do estigma e sua parte central (Dafni et al., 2005).

Foi verificada, também, a presença das marcas deixadas pelas mandíbulas das abelhas nas anteras das flores durante suas visitas. Esta marca é um importante sinal da visita das abelhas que realizam a polinização por vibração em anteras poricidas. Para isso, a antera foi observada sob um microscópio estereoscópico (lupa), e verificada a presença da marca, e foi medida com referência de papel milimetrado a distância da marca até a abertura do cone de anteras (Morandin et al., 2001a; 2001b; Silva-Neto et al., 2013).

5.2.4 Caracterização dos frutos

Para avaliar o efeito da polinização na formação e produção de frutos, coletaram-se três unidades de tomates por planta, totalizando 15 unidades por tratamento (janeiro de 2015, com 90 DAT). Determinou-se a massa de matéria fresca total, por gravimetria em balança de precisão (0,001g), e as sementes foram separadas em placas de Petri e contadas com contador manual. A altura e o diâmetro dos frutos foram avaliados com auxílio de paquímetro digital.

5.2.5 Análise estatística

A significância do efeito dos tratamentos foi determinada por meio do Teste F. Foi utilizado teste de comparação múltipla de Tukey com significância estatística de 95%. Para a caracterização conjunta foi realizada análise de componentes principais (PCA - via matriz de correlação).

5.2.6 Experimento de mortalidade de abelhas

As abelhas mandaçaia [(*Melipona quadrifasciata* (Lepeletier))] são oriundas do meliponário da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, GO (16°35'16.39"S; 49°17'32.56"O [Mapa digital](#)). As abelhas foram coletadas com auxílio de sugador entomológico, isoladas em potes por colônias, assim cada colônia consistiu em uma repetição do experimento. Foram utilizadas amostras de 10 a 15 abelhas por recipiente com quatro repetições para cada agrotóxico, mais o controle, assim, foram quatro amostras com cerca de 40 a 50 abelhas por tratamento, totalizando mais de 200 abelhas. As abelhas coletadas ficaram em repouso por uma hora, e a alimentação consistiu apenas de xarope de açúcar antes delas iniciarem a alimentação com os agrotóxicos. O procedimento experimental foi realizado em laboratório, em condições controladas, com temperatura de 24 °C.

Cada recipiente consistiu de um pote plástico transparente, de 1.000 mL, no qual parte da tampa foi cortada e substituída por tela, para a passagem do ar (Figura 5.1). Os recipientes ficaram no laboratório em ambiente escuro com temperatura controlada (20 a 25 °C). Foram avaliados quatro produtos agrotóxicos dos fungicidas e o controle, sendo os produtos: Nativo (Trifloxistrobin+Tebuconazol); Mancozeb (Manganes e Zinco); Kocide (Hidroxido de Cobre); Serenade (*Bacillus subtilis*). Para cada tratamento foi utilizada a quantidade de 50mg de produto em solução com xarope de açúcar (50%), servido em 3 mL à primeira alimentação, havendo reposição apenas do xarope a cada 24 horas, com o alimento servido em tampa de tubo de 15 mL (Adaptado de Johnson et al., 2013).

A mortalidade e o comportamento das abelhas foram verificados a cada três horas, exceto entre 22 horas e sete horas da manhã, durante 54 horas, sendo observada a estabilização do número de abelhas mortas, cujos valores foram anotados, sendo a taxa de mortalidade a porcentagem de abelhas mortas pelo número total de abelhas.

Para comparação da taxa de mortalidade média, em relação ao tempo, realizou-se a análise de regressão polinomial, verificando o melhor ajuste na curva, e significância

estatística (95%) para cada tratamento. A taxa de mortalidade dos diferentes tratamentos, em 24 e 48 horas de avaliação, foi comparada com análise de variância com teste de comparação múltipla de Tukey (95%).



Figura 5.1. Recipiente plástico com fungicida associado à dieta de abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata*.

5.3 RESULTADOS

A taxa de mortalidade para *Melipona quadrifasciata*, em 24 horas de avaliação, foi maior para o hidróxido de cobre e Trifloxistrobim + Tebuconazol, sendo cerca de 75% e 50%, respectivamente. No entanto, Manganês e Zinco, *Bacillus subtilis* e a testemunha não apresentaram diferença entre si (2%, 19% e 2%, respectivamente). Para a avaliação em 48 horas, o Kocide apresentou maior taxa de mortalidade (88%), seguido do Trifloxistrobim + Tebuconazol (55%), enquanto que os outros tratamentos apresentaram os mesmos valores obtidos no tempo de 24 horas ($F = 6,72$; $GL = 8$; $p = 0,0001$ (Figura 5.2; Anexos 5.1; 5.2 e 5.3).

Os tratamentos com os fungicidas, hidróxido de cobre e Trifloxistrobim + Tebuconazol, apresentaram ação com efeito agudo, havendo aumento da taxa de mortalidade até 24 horas, causando a morte da maioria das abelhas. A partir de 30 horas a mortalidade estabilizou até 54 horas de avaliação. Os fungicidas que causaram maior

mortalidade, antes de provocarem a morte das abelhas, causaram reações, como comportamentos repetitivos, desequilíbrio e diarreia (Figura 5.3).

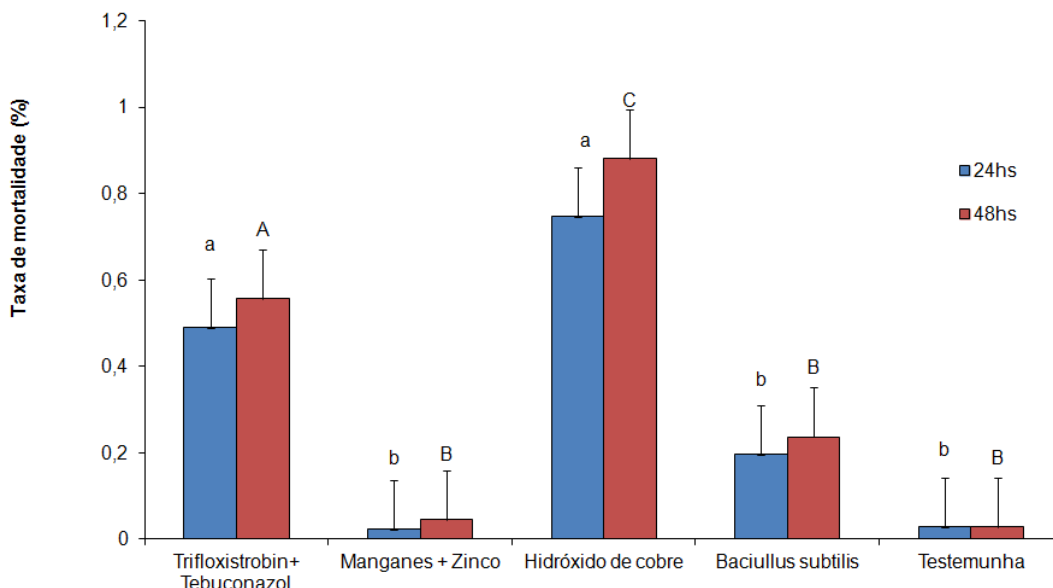


Figura 5.2. Taxa de mortalidade de *Melipona quadrifasciata* em diferentes tratamentos com fungicidas e períodos de avaliação. Letras minúsculas diferenciam significância estatística de tratamento avaliado com 24 horas, e letras maiúsculas, com 48 horas.

A escolha do fungicida (princípio-ativo) a ser utilizado juntamente com a quantidade (dose) e frequência de aplicação afetam a polinização realizada por abelhas às flores, com consequente efeito na produção de frutos $\{F(10,315) = 2,823; p = 0,002\}$. Os tratamentos 7 (Trifloxistrobin + Bacillus), 9 (Propineb + Trifloxistrobin + Tebuconazol) e 10 (Trifloxistrobin + Tebuconazol + *Bacillus subtilis* + hidróxido de cobre) propiciaram os menores valores de pólen no estigma das flores. A carga polínica foi de 100 grãos de pólen a menos que a combinação de Cobre e Mancozeb, com maior quantidade de grão de pólen. Mesmo com variação entre as composições, todos os tratamentos apresentam o composto químico Trifloxistrobin (Tabela 5.2; Anexos 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8).

Assim como para a carga polínica, os mesmos tratamentos apresentaram as menores porcentagens de marcas de polinização nas flores. A redução nas marcas resultantes de polinização nos tratamentos que contêm Trifloxistrobin foi de 44% (Anexos 5.9 e 5.10).

Mesmo sendo reflexo da polinização, o número de sementes apresentou variações entre os tratamentos, diferente da carga polínica. Os tratamentos que apresentarem menor quantidade de sementes foram o 5 (Bacillus + Hidróxido de Cobre), o 6 (Acibenzolar), e o 10

(Trifloxistrobim + Tebuconazol + Bacillus + Hidróxido de Cobre). Apesar de apresentar menor carga polínica, o tratamento 9 (Trifloxistrobim + Bacillus) foi o que propiciou um dos melhores resultados em número de sementes, com ganhos acima de 24%, comparado ao valor obtido no pior tratamento (T6 ou Acibenzolar-S-Metílico).

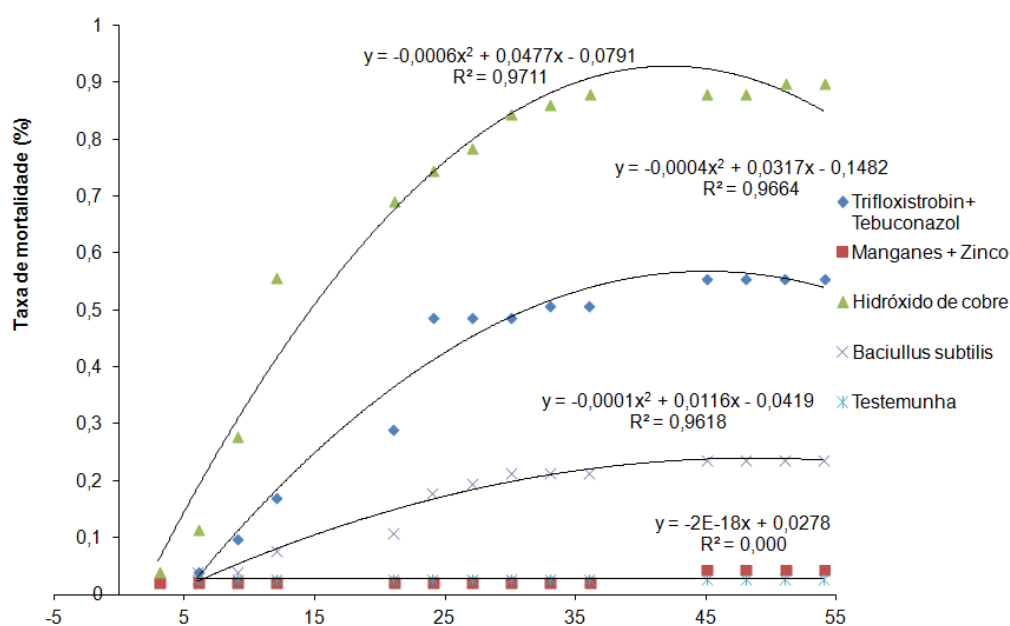


Figura 5.3. Taxa de mortalidade média de *Melipona quadrifasciata* em diferentes tratamentos com fungicidas, em 54 horas de avaliação.

Em relação à produção em massa e ao tamanho dos frutos, os tratamentos que propiciaram mais massa e frutos maiores foram o 1 (Testemunha), o 2 (Bacillus 12), o 3 (Bacillus 6), o 4 (Hidróxido de Cobre), o 7 (Trifloxistrobim + Bacillus) e o 10 (Trifloxistrobim + Tebuconazol + Bacillus + Hidróxido de Cobre).

Os melhores tratamentos relacionando todas as variáveis foram a testemunha, os biológicos (Bacillus 6 e 12) e os que usaram hidróxido de cobre. O tratamento 10, que contém Trifloxistrobim e Tebuconazol juntamente com Bacillus e Cobre, também apresentou ganho em relação aos tratamentos que utilizavam o mesmo princípio sem o Bacillus. O tratamento 6 (Acibenzolar), 8 (Hidróxido de Cobre + Manganês e Zinco) e 9 (Propineb + Trifloxistrobim + Tebuconazol) apresentaram os piores resultados em ganho de pólen, semente e massa de frutos, exceto quando combinado com o *Bacillus subtilis*.

A frequência de aplicação de agrotóxico se mostrou considerável como variável relacionada à mortalidade das abelhas e produção de tomate. Quanto mais aplicações foram realizadas no tratamento, menor foi a ocorrência das marcas de polinização, de grãos de pólen no estigma, além de frutos com menos semente, massa e tamanho (Figuras 5.3 e 5.4).

Tabela 5.2. Tratamentos realizados nos tomateiros (*Solanum lycopersicum*) com os resultados das variáveis {Pólen; Marca; Distância de marca - $F(10,315)=2,823$; $p=0,002$; n°de sementes; massa; altura e largura}.

Tratamento	Ingrediente Ativo	Pólen	Marcas (%)	N° de sementes	Massa (g)	Altura x Largura (mm)
T1	-	164,77±20,41a	0,92±0,09a	205,77±20,33a	153,04±11,07a	3821,28 ± 480,56ab
T2	<i>Bacillus subtilis</i>	143,25±29,45a	0,89±0,15a	203,23±46,71b	167,54±25,68b	3943,46 ± 610,49ab
T3	<i>Bacillus subtilis</i>	168,79±39,31a	0,85±0,19a	225,58±90,30b	164,51±15,0b	3886,42 ± 605,60ab
T4	Hidróxido de cobre	168,35±41,98a	0,96±0,06b	201,35±22,36b	167,85±32,49b	4005,5 ± 626,16a
T5	<i>Bacillus subtilis</i> e hidróxido de cobre	205,46±15,92b	0,96±0,05b	177,48±18,52c	145,30±17,16ac	3731,71 ± 492,96bc
T6	Acibenzolar-S-Metílico	147,68±24,18a	0,97±0,21b	174,16±25,93c	137,35±29,12c	3537 ± 613,83c
T7	(Trifloxistrobin+ Tebuconazol) <i>Bacillus subtilis</i>	122,09±30,88c	0,66±0,28c	233,28±36,26a	155,70±4,60a	3734,5 ± 326,52bc
T8	Hidróxido de cobre + Mancozeb	210,15±77,67b	1±0,0b	221,34±37,64a	134,20±17,68c	3487,92 ± 448,03c
T9	Propineb + (Trifloxistrobin+Tebuconazol)	116,19±20,37c	0,88±0,10a	204,25±31,71ab	139,50±18,76c	3595,23 ± 537,39c
T10	(Trifloxistrobin + Tebuconazol) + <i>Bacillus subtilis</i> +Hidróxido de cobre	110,74±12,35c	0,88±0,12a	190,10±21,02bc	151,84±17,80a	3785,21 ± 452,03bc

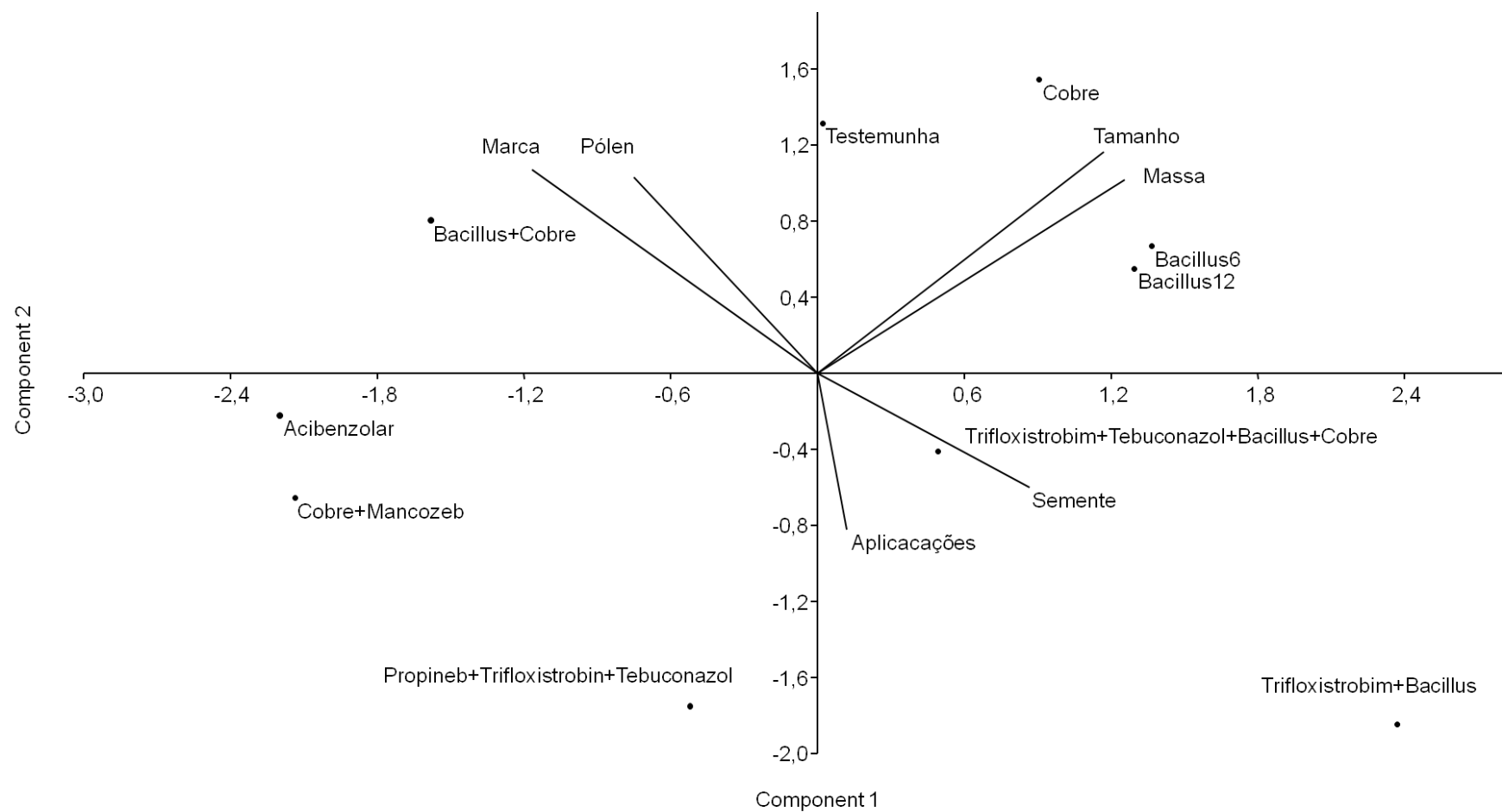


Figura 5.4. Análise dos componentes principais dos diferentes tratamentos de fungicidas em relação às características de polinização e produção de frutos no tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (Componente 1- Pólen: 41,46%; Componente 2 - Marca: 23,38%; Semente: 16,53%; Massa: 15,17 %; Tamanho de fruto: 2,73% e Aplicações: 0,72%).

5.4 DISCUSSÃO

Os resultados de taxa de mortalidade de *Melipona quadrifasciata* corroboram com os efeitos de dose letais (DL_{50}) de alguns fungicidas já descritos para *Apis mellifera*. O Kocide®, fungicida à base de hidróxido de cobre, apresenta DL_{50} após 48 horas de ingestão de apenas $8,15 \mu\text{g kg}^{-1}$, entretanto, a mesma dose letal para contato foi de $100 \mu\text{g kg}^{-1}$. O fungicida Nativo®, à base de Trifloxistrobim + Tebuconazol, apresentou DL_{50} para ingestão de $273,86 \mu\text{g abelha}^{-1}$ e para contato $298,4 \mu\text{g abelha}^{-1}$. Para o mancozeb, a DL_{50} encontrada foi de $100 \mu\text{g abelha}^{-1}$, não referenciado se é de contato ou ingestão.

O cobre é um componente amplamente utilizado na agricultura na forma de sulfatos e hidróxidos, sendo permitido até mesmo na produção de alimentos orgânicos, por ser considerado como não tóxico ou não prejudicial ao meio ambiente, porém essa afirmação vem sendo contestada em relação às abelhas. Nesta pesquisa, o efeito de toxicidade e mortalidade de abelhas devido à ingestão de cobre na forma de hidróxido de cobre são considerados elevados, comparado até mesmo com produtos à base de Trifloxistrobim e Tebuconazol. Nos primeiros resultados avaliados de fungicida à base de cobre (sulfato de cobre) em abelhas, Barbosa et al. (2015), em bioensaios com *Friesella schrottkyi* (Fries) abelha sem ferrão popularmente conhecida como mirim-preguiça, verificaram altas taxas de mortalidade de abelhas operárias, porém ainda consideradas menores se comparadas com outros agrotóxicos, como o spinosad (inseticida).

Os fungicidas avaliados nesta pesquisa que apresentaram maiores taxas de mortalidade de *M. quadrifasciata* são considerados tão letais quanto alguns inseticidas mais prejudiciais às abelhas. Jacob et al. (2013) testando fipronil em *Scaptotrigona postica* e Costa et al. (2015) utilizando imidacloprida em *M. scutellaris* encontraram resultados para mortalidade semelhantes ao encontrado para os fungicidas, nesta pesquisa, evidenciando que mesmo não sendo a função do fungicida, o grupo desses produtos pode ser tão prejudicial quanto o grupo dos inseticidas para as abelhas.

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam apenas os efeitos agudos nas abelhas, sendo os ocorridos em cerca de 50 horas após o contato das abelhas com o fungicida. Os efeitos crônicos também podem acontecer, mas devem ser investigados com maior acurácia. Os fungicidas testados em *M. quadrifasciata* também só foram avaliados em ingestão do produto com o xarope de açúcar, sendo que o simples contato do produto em aspersão no exoesqueleto do inseto poderá causar outros efeitos, como sintomas de desnutrição, susceptibilidade a patógenos e perturbação da orientação no voo e na busca de

alimentos. Os agrotóxicos, mesmo sendo usados em condições de baixos níveis (dose) de aplicação ou de concentração, podem resultar em efeitos letais ou subletais, com alterações comportamentais que influenciam as escolhas dos polinizadores (Thompson, 2003).

Os outros produtos, como Serenade[®], à base de *B. subtilis* e Bion[®] (Acibenzolar-S-Metílico) não apresentaram DL₅₀ pré-estabelecidos para *Apis mellifera* ou qualquer outra espécie de abelha. Ngugi et al. (2005) em polinização de mirtilos em casa de vegetação, utilizaram *Apis mellifera* como vetores de *Bacillus subtilis* e polinizadores das flores. Neste caso, *B. subtilis* foi utilizado para o combate ao fungo comum na cultura, *Monilinia vaccinii-corymbosi* (Reade) Honey.

O hidróxido de cobre (Kocide[®]), mesmo sendo agrotóxico com alta taxa de mortalidade entre as abelhas da espécie *M. quadrifasciata*, não apresentou redução considerável no número de marcas das mandíbulas das abelhas nas anteras das flores do tomateiro. A falta de variação nos resultados das marcas deixadas pela visitação de abelhas às flores do tomate podem ser devidas ao resíduo do agrotóxico permanecer aderido à flor em forma de pó e não como foi aplicado, em solução, podendo o produto reduzir seu potencial de dano e de repelir os insetos. A característica do Kocide nesta pesquisa não afetou a visitação das abelhas, mas isso não reflete que o resíduo na flor não poderá prejudicar as abelhas posteriormente à coleta de pólen com efeitos letais ou sub-letais no desenvolvimento das abelhas.

Ao contrário da toxicidade apresentada pelo Hidróxido de Cobre, o Mancozeb[®], um complexo de carbamato com manganês e sais de zinco, não apresentou toxicidade para *M. quadrifasciata*, proporcionando resultados semelhantes ao do tratamento testemunha. Se o uso de Macozeb for considerado eficiente para o controle de infecções fúngicas no tomateiro, este produto torna-se uma opção de agrotóxico para ser utilizado na cultura com menor impacto sobre os agentes polinizadores.

Para a carga polínica, os mesmos tratamentos apresentaram as menores porcentagens de marcas de polinização nas flores, ou seja, foram polinizadas menos vezes que as flores dos outros tratamentos. A alternância das aplicações entre Trifloxitrobin e Tebuconazol com *B. subtilis* e Hidróxido de Cobre reduz o efeito de repelência e aumenta o incremento em polinização quando comparado com aplicações somente de Trifloxitrobin e Tebuconazol. A preocupação em relação aos efeitos dos agrotóxicos nas abelhas polinizadoras quase sempre está associada à classe dos inseticidas, devido ao efeito direto provocado por nos insetos (Carvalho et al., 2009). Mesmo assim, a classe dos fungicidas corresponde a uma

grande classe de produtos químicos e amplamente utilizados na agricultura, especialmente na cultura do tomateiro (Vale et al., 2013).

Estudando grãos de pólen contaminado com agrotóxico Sanchez-Bayo & Goka (2014) encontraram os fungicidas como os mais frequentes na contaminação desse recurso floral. Essa constatação reforça a necessidade de estudos específicos do efeito dos fungicidas nas abelhas polinizadoras das culturas agrícolas. Assim, o controle biológico se mostrou eficiente no combate da doença fúngica e não afetou as abelhas que polinizavam a cultura. Ngugi et al. (2005) evidenciaram que *B. subtilis* não prejudicou a deposição de grãos de pólen no estigma, nem o crescimento do tubo polínico, podendo a polinização acontecer semelhante ao natural. As abelhas são insetos que naturalmente apresentam interação com fungos e microorganismos. Quando estes microorganismos não são diretamente patogênicos às abelhas, é possível haver uma interação em equilíbrio entre os grupos (McFrederick et al., 2014). Assim, a interação de *B. subtilis* com as abelhas pode ser aproveitada com finalidades agrícolas (Park et al., 2013).

Foram detectados, por Pettis et al. (2013), cerca de 35 agrotóxicos em grãos de pólen das culturas de amêndoas, maçãs, mirtilos, “cranberry”, abóboras, melões e pepinos, sendo a maioria inseticidas, seguido de fungicidas. A partir desses resultados, verificaram que quanto maior a quantidade de agrotóxico no pólen, maior a chance de infecção nos polinizadores pelo fungo *Nosema*, que é considerado muito prejudicial às abelhas (*Apis mellifera* e nativas). Assim, destacaram a relevância de verificar os efeitos considerados sub-letais de fungicidas e outros produtos utilizados na agricultura em relação às abelhas.

Alguns fungicidas podem provocar um grande impacto sobre polinizadores, em polinização de culturas, por reduzirem o número de visitas às flores das culturas, ao exercerem ação repelente nas abelhas ou ações fisiológicas na planta, com a redução da viabilidade do pólen e a disponibilidade de alimentos nutritivos (Solomon & Hooker, 1989; Riedl et al., 2006). Dentre os fungicidas, o Captan, amplamente utilizado em macieira, pode provocar efeitos de repelência, uma vez que reduz a atratividade das flores devido aos compostos químicos nocivos às abelhas, diminuindo, assim, o alcance do forrageamento, além de causar defeitos morfogênicos em adultos expostos, na fase de larva como pernas, asas e corpo bem como o aumento na mortalidade de larvas (Mussen et al., 2004; Freitas & Pinheiro, 2010).

Nos cultivos orgânicos de tomateiro, no Piauí, foram encontrados 76% a mais de abelhas que nos cultivos convencionais, com uso de agrotóxico. O que demonstra que os produtos utilizados podem estar afetando a comunidade de polinizadores, com efeitos de repelência, letais ou subletais (Santos & Nascimento, 2011). Para o cultivo da manga (*Mangifera indica*), na região do Vale do Submédio São Francisco, a utilização de

agrotóxicos durante a floração reduziu a frequência de visitas das abelhas em 50% e dos dípteros em 20% (Siqueira, 2008).

Na presente pesquisa, a frequência de aplicação de fungicidas torna-se relevante na cultura do tomateiro em relação às abelhas. Na análise dos componentes principais a frequência de aplicação relaciona-se com a produção de sementes e com as características dos frutos. O agrotóxico, mesmo que seja o biológico *Bacillus subtilis*, aplicado em maior frequência pode causar repelência das abelhas, reduzindo a visita de abelhas, mais que produtos considerados mais tóxicos (Acibenzolar-S-Metil), quando aplicados em menor frequência. Essa condição reforça a relação entre frequência de aplicação dos agrotóxicos e carência recomendada pelo fabricante, tornando relevante verificar o período estabelecido pelo fabricante para o produto ser aplicado novamente na cultura. As características de frequência de aplicação dos agrotóxicos, horário do dia e formas de aplicação são relevantes nos efeitos que os produtos terão sobre os alvos (insetos pragas e fungos) e também insetos não alvos como as abelhas, sendo relevantes objetivos de investigação para futuros estudos.

Assim, quanto mais aplicações de agrotóxicos realizadas sobre as flores de tomateiros, menos visitas de abelhas às flores e, conseqüentemente, menor a quantidade de grãos de pólen depositados no estigmas, refletindo na produção e na qualidade de frutos (Nunes-Silva et al., 2013; Silva-Neto et al., 2013).

Dentre os diferentes agrotóxicos existentes, os efeitos são diversos entre produtos de classes diferentes como inseticidas, fungicidas, herbicidas e outros em seus mecanismos de ação nas abelhas. Enquanto os mecanismos de ação dos inseticidas já têm seus efeitos descritos para as abelhas, como ações neurotóxicas atuando na transmissão do impulso nervoso; interferência de crescimento como prejuízo na transformação dos estágios dos insetos; e a atuação nos processos metabólicos, como a respiração celular e a morte celular, para os fungicidas, não sendo conhecidos os efeitos diretos e indiretos verificados para as abelhas nem os mecanismos de ação (Tomé et al., 2015; Lima et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). Assim, torna-se relevante a realização de mais pesquisas relacionadas aos agrotóxicos, tanto inseticidas quanto de outras classes, e os polinizadores de culturas agrícolas.

5.5 CONCLUSÕES

A taxa de mortalidade para *Melipona quadrifasciata* é maior para o Kocide (Hidróxido de Cobre) e Nativo (Trifloxistrobim e Tebuconazol). Nos tratamentos com Mancozeb e Serenade, e na testemunha não ocorreram diferenças entre si.

Trifloxistrobim e Tebuconazol são os princípios ativos mais repelentes à polinização das abelhas na cultura do tomateiro.

Frutos oriundos de plantas tratadas com *Bacillus subtilis* e hidróxido de cobre são maiores e com maior massa.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTZ, D. R.; PITTS-SINGER, T. L. Effects of fungicide and adjuvant sprays on nesting behavior in two managed solitary bees, *Osmia lignaria* and *Megachile rotundata*. **PloS one**, San Francisco, v. 10, n. 8, e0135688, 2015.

BARBOSA, W. F.; SMAGGHE, G.; GUEDES, R. N. C. Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: pitfalls and perspectives. **Pest Management Science**, v. 71, n. 8, p. 1049-1053, 2015.

CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO-FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p.597-606, 2009.

COSTA, L. M.; GRELLA, T. C.; BARBOSA, R. A.; MALASPINA, O.; NOCELLI, R. C. F.. Determination of acute lethal doses (LD₅₀ and LC₅₀) of imidacloprid for the native bee *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, Vitória da Conquista, v. 62, n. 4, p. 578-582, 2015.

DAFNI, A.; PACINI, E.; NEPI, M. **Pollen and stigma biology**. In: DAFNI, A.; KEVAN, P.; HUSBAND, B. Editors Practical Pollination Biology. Ontario: Enviroquest Ltd. 2005. pp 83-142.

DEGRANDI-HOFFMAN, G.; CHEN, Y.; DEJONG, E. W.; CHAMBERS, M. L.; HIDALGO, G. Effects of oral exposure to fungicides on honey bee nutrition and virus levels. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 251, 2015.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 2. ed. – Rio de Janeiro, EMBRAPA-SPI, 306 p., 2006.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 282-298, 2010.

GILL, R. J.; RAINE, N. E. Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. **Functional Ecology**, London, v. 28, p. 1459-1471, 2014.

JACOB, C. R. O.; SOARES, H. M.; CARVALHO, S. M.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O. Acute toxicity of fipronil to the stingless bee *Scaptotrigona postica* Latreille. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 90, n. 1, p. 69-72, 2013.

JOHNSON, R. M.; DAHLGREN, L.; SIEGFRIED, B. D.; ELLIS, M. D. Acaricide, fungicide and drug interactions in honey bees (*Apis mellifera*). **PloS one**, San Francisco, v. 8, n. 1, e54092, 2013.

LIMA, M. A. P.; MARTINS, G. F.; OLIVEIRA, E. E.; GUEDES, R. N. C. Agrochemical-induced stress in stingless bees: peculiarities, underlying basis, and challenges. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 202, n. 9-10, p. 733-747, 2016.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; CRUZ, A. S.; JESUS, D. **Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil**. In: Encontro Sobre Abelhas, 8., 2008, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: FUNPEC, Universidade de São Paulo, 2008. p. 41-48.

MCFREDERICK, Q. S.; ULRICH, G.; MUELLER, R.; JAMES, R. Interactions between fungi and bacteria influence microbial community structure in the *Megachile rotundata* larval gut. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 281, n. 1779, 2014.

MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 94, n. 2, p. 462-467, 2001a.

MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 94, n. 1, p. 172-179, 2001b.

MUSSEN, E. C. M.; JULIO, I.; LOPEZ, E.; PENG, C. Y. Effects of selected fungicides on growth and development of larval honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 33, n. 5, p. 1151-1154, 2004.

NGUGI, H. K.; DEDEJ, S.; DELAPLANE, K. S.; SAVELLE, A. T.; SCHERM, H. Effect of flowerapplied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, San Diego, v. 33, p. 32–38, 2005.

NUNES-SILVA, P.; HNRCIR, M.; SHIPP, L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KEVAN, P. G. The behaviour of *Bombus impatiens* (Apidae, Bombini) on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) flowers: pollination and reward perception. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v. 11, p. 33–40, 2013.

PARK, H. H.; KIM, J. J.; KIM, K. H.; LEE, S. G. Dissemination of *Bacillus subtilis* by using bee-vectoring technology in cherry tomato greenhouses. **Korean Journal of Applied Entomology**, Chungbuk, v. 52, n. 4, p. 357-364, 2013.

PEEL, M. C.; BRIAN, L. F.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions Discussions**, Göttingen, v. 4, n. 2, p. 439-473, 2007.

PETTIS, J. S.; LICHTENBERG, E. M.; ANDREE, M.; STITZINGER, J.; ROSE, R. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*. **PLoS One**, San Francisco, v. 8, n. 7, p. e70182, 2013.

RIEDL, H.; JOHANSEN, E.; BREWER, L.; BARBOUR, J. **How to reduce bee poisoning from pesticides**. PNW (Pacific Northwest Extension) 591, Corvallis: Oregon State University, 2006. 26p.

ROCHA, M. C. L. S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. 1ª. ed. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2012. v. 1. 88p .

RODRIGUES, C. G.; KRÜGER, A. P.; BARBOSA, W. F.; GUEDES, R. N. C. Leaf fertilizers affect survival and behavior of the neotropical stingless bee *Friesella schrottkyi* (Meliponini: Apidae: Hymenoptera). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 109, n. 3, p. 1001-1008, 2016.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide Residues and Bees - A Risk Assessment. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 9, n. 4, 2014.

SANTOS, A. B.; NASCIMENTO, F. S. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (Solanales: Solanaceae) em cultivos orgânicos e convencionais. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 3, p. 162-169, 2011.

SIQUEIRA, K. M. M. Estudo comparativo da polinização de *Mangifera indica* L. em cultivo convencional e orgânico na região do Vale do Submédio do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 303-310, 2008.

SILVA-NETO, C.; LIMA, F. G.; GONÇALVES, B. B.; BERGAMINI, L. L.; BERGAMINI, B. A. R.; ELIAS, M. A. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Native bees

pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, Guelph, v. 11, n. 6, p. 41-45, 2013.

SILVA-NETO, C. M.; FRANCESCHINELLI, E.V. ; BERGAMINI, L. ; ELIAS, M. A. S.; MORAIS, J. M.; MOREIRA, G. L.; BERGAMINI, B. High species richness of native pollinators in brazilian tomato crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, 2016.

SOLOMON, M. G.; HOOKER, K. J. M. Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards. **Journal Apicultural Research**, Brighton, v. 28, p. 223-227, 1989.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. **Monitoramento de risco ambiental de agrotóxicos: Princípios e recomendações**. Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p.

THOMPSON, H. M. Behavioural effects of pesticides in bees - their potential for use in risk assessment. **Ecotoxicology**, Cidade, v. 12, p. 317-330, 2003.

TOMÉ, H. V. V.; BARBOSA, W. F.; CORRÊA, A. S.; GONTIJO, L. M.; MARTINS, G.

F.; GUEDES, R. N. C. Reduced-risk insecticides in Neotropical stingless bee species:

impact on survival and activity. **Annals of Applied Biology**, v. 167, n. 2, p. 186-196, 2015.

VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. **Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematoides**. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2ª edição. Editora Universitária de Lavras. Lavras, MG, 2013. 472 p.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo da produção de tomate no município de Goianápolis, GO, é caracterizada pelo uso exacerbado e indiscriminado de agrotóxicos. Ressalta-se que o critério para a escolha, preparo e aplicação dos agrotóxicos não seguem diretrizes técnicas e legais. Por fim, as práticas observadas representam riscos para a saúde humana, ambiental e animal, com destaque para as abelhas polinizadoras, essenciais para o cultivo do tomateiro.

A produção de tomateiro foi verificada em uma propriedade rural no município de Goianápolis, o manejo produtivo do tomateiro praticado reflete a forma como a cultura é produzida no Estado de Goiás, característica preocupante pelos possíveis impactos sócio-ambientais da cultura do Estado. Assim, são necessários futuros, porém urgentes, estudos para a identificação dos agrotóxicos utilizados na cultura do tomateiro abrangendo outras regiões produtoras e em diferentes sistemas produtivos de tomateiro rasteiro e cultivo em casa de vegetação.

O uso de fungicidas na cultura do tomateiro afeta a polinização por abelhas nativas, refletindo, assim, na produção e na qualidade dos frutos. Dentre os fungicidas avaliados, o Trifloxistrobim e Tebuconazol são os princípios ativos mais repelentes à polinização das abelhas na cultura do tomateiro. Os frutos oriundos de plantas tratadas com *Bacillus subtilis* e hidróxido de cobre são maiores e com maior massa, porém mesmo estes

princípios ativos, se utilizados em maior frequência, podem afetar o comportamento das abelhas.

Dentre os fungicidas avaliados em relação à sua toxicidade para a abelha mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), o Hidróxido de Cobre e o Trifloxistrobim e Tebuconazol apresentaram maiores taxas de mortalidade de abelhas, com taxas acima de 50% de mortes em 24 horas de avaliação experimental, sendo considerado um alto índice de mortalidade. Entretanto, dicarbamato de manganês, *Bacillus subtilis* e a testemunha não apresentaram diferenças entre si, sendo, assim, os últimos fungicidas podem ser indicados para tratar doenças na cultura do tomateiro, por não prejudicarem as abelhas e a polinização do fruto.

Na presente pesquisa, apenas alguns fungicidas utilizados foram avaliados em relação à mortalidade das abelhas, porém outros fungicidas e, até mesmo outros grupos de agrotóxicos, como herbicidas, devem ter seu potencial de toxicidade e mortalidade avaliados. Outros efeitos nas abelhas, em doses sub-letais, também são relevantes, uma vez que mesmo que as abelhas não morram com a ação do agrotóxico, elas poderão ser prejudicadas, afetando a colônia e até mesmo a polinização do tomateiro.

O manejo de abelhas sem ferrão, especialmente as da espécie *M. quadrifasciata*, é viável para a polinização de tomateiro em casa de vegetação, podendo ser utilizado em telados ou até mesmo em ambiente aberto. Destaca-se a relevância de não utilizar agrotóxicos nos ambientes de produção que utilizarão a abelha como polinizador, pois isso poderá prejudicar a abelha e a polinização. O uso da abelha *M. quadrifasciata* contribui com a melhoria da qualidade dos frutos, com aumento do número de sementes, tamanho e massa dos frutos do tomateiro de crescimento determinado (AP533) para processamento industrial, e aumenta a conversão de flores em frutos de tomateiro de crescimento indeterminado (Santa Cruz Kada gigante).

O uso de abelhas nativas é uma alternativa viável para a polinização de culturas agrícolas em casa de vegetação, porém práticas amigáveis devem ser planejadas para a utilização das abelhas. Dentre as práticas estão: as condições do ambiente (luminosidade, temperatura, ventilação, etc), recursos alimentares disponíveis às abelhas (flores, nectar, alimentação artificial), manejo da colônia com a verificação de doenças e atividade das abelhas, bem como manejo da cultura agrícola em relação ao uso das abelhas, como frequência da irrigação e uso de agrotóxicos.

7. ANEXOS

Anexo 4.1. Análise de variância do 2º experimento de polinização de tomateiro em diferentes tratamentos dentro e fora da estufa.

	F	GL	GL erro	p
Intercepto	5112,41	4	50	0,0000
Tratamento	3,951	4	50	0,0072
Estufa	5,437	4	50	0,0010
Tratamento*Estufa	0,242	4	50	0,9131

¹F – Valor do F de Fisher da análise de variância; ²GL – Grau de liberdade; ³p – significância estatística a 95%.

Anexo 4.2. Comparação múltipla de Tukey da taxa de frutificação de tomateiro em diferentes tratamentos (ensacado e aberto) e diferentes estufas no segundo experimento.

Tratamentos		Ensacadas Estufa com abelha	Ensacadas Estufa sem abelha	Aberta Estufa com abelha	Aberta Estufa sem abelha
Ensacadas	Estufa com abelha		0,1359	0,0001	0,0232
Ensacadas	Estufa sem abelha	0,1359		0,0078	0,9096
Aberta	Estufa com abelha	0,0001	0,0078		0,0575
Aberta	Estufa sem abelha	0,0232	0,9096	0,0575	

Anexo 4.3. Comparação múltipla de Tukey da altura dos tomates em diferentes tratamentos (ensacado e aberto) e diferentes estufas no segundo experimento.

Tratamentos		Ensacado Com abelha	Ensacado sem abelha	Aberta Com abelha	Aberta sem abelha
Ensacado	Com abelha		0,0035	0,0421	0,1507
Ensacado	sem abelha	0,0035		0,0000	0,0744
aberta	Com abelha	0,0421	0,0000		0,0025
aberta	sem abelha	0,1507	0,0744	0,0025	

Anexo 4.4. Comparação múltipla de Tukey da largura dos tomates em diferentes tratamentos (ensacado e aberto) e diferentes estufas no segundo experimento.

Tratamentos		Ensacado Com abelha	Ensacado Sem abelha	Aberta Com abelha	Aberta Sem abelha
Ensacado	Com abelha		0,0345	0,2149	0,0467
Ensacado	sem abelha	0,0345		0,0054	0,5711
aberta	Com abelha	0,2149	0,0052		0,0054
aberta	sem abelha	0,0467	0,5711	0,0054	

Anexo 4.5. Comparação múltipla de Tukey do número de sementes dos tomates em diferentes tratamentos (ensacado e aberto) e diferentes estufas no segundo experimento.

Tratamentos		Ensacado Com abelha	Ensacado Sem abelha	Aberta Com abelha	Aberta Sem abelha
Ensacado	Com abelha		0,1057	0,4290	0,0184
Ensacado	Sem abelha	0,1057		0,0414	0,8330
Aberta	Com abelha	0,4290	0,0414		0,0067
Aberta	Sem abelha	0,0184	0,8330	0,0067	

Anexo 4.6. Comparação múltipla de Tukey da massa dos tomates em diferentes tratamentos (ensacado e aberto) e diferentes estufas no segundo experimento.

Tratamentos		Ensacado Com abelha	Ensacado Sem abelha	Aberta Com abelha	Aberta sem abelha
Ensacado	Com abelha		0,0043	0,0194	0,2273
Ensacado	Sem abelha	0,0043		0,0000	0,0598
Aberta	Com abelha	0,0194	0,0000		0,0019
Aberta	Sem abelha	0,2273	0,0598	0,0019	

Anexo 5.1 Análise de variância das taxas de mortalidade entre diferentes tratamentos de fungicidas em *Melipona quadrifasciata*.

	F	GL	GL erro	p
Intercepto	66,4611	2	11	0,0000
Agrotoxico	6,7298	8	22	0,0001
Repetição	0,9662	6	22	0,4704

²DF – Graus de liberdade; ²MS – Quadrado médio; ⁴F – F de Fisher;

⁵p – significância estatística a 95%.

Anexo 5.2. Comparação múltipla de Tukey com 95% de significância estatística para taxa de mortalidade de diferentes fungicidas em 24 horas de avaliação.

Tratamentos	Nativo	Mancozeb	Kocide	Serenade	Testemunha
Nativo		0,0044	0,1442	0,0808	0,0048
Mancozeb	0,0044		0,0002	0,4594	0,9999
Kocide cobre	0,1442	0,0002		0,0012	0,0002
Serenade	0,0808	0,4594	0,0012		0,4865
Testemunha	0,0048	0,9999	0,0002	0,4865	

Anexo 5.3. Comparação múltipla de Tukey com 95% de significância estatística para taxa de mortalidade de diferentes fungicida em 48 horas de avaliação.

Tratamentos	Nativo	Mancozeb	Kocide	Serenade	Testemunha
Nativo		0,0012	0,0309	0,0346	0,0009
Mancozeb	0,0012		0,0001	0,3035	0,9996
Kocide cobre	0,0309	0,0001		0,0002	0,0001
Serenade	0,0346	0,3035	0,0002		0,2322
Testemunha	0,0009	0,9996	0,0001	0,2322	

Anexo 5.4 Análise de variância das características do tomate (tamanho e massa) oriundo do tratamento de diferentes fungicidas.

	SS	DF	MS	F	p
Intercepto	3598131	1	3598131	4766,131	0,000000
Tratamento	27737	11	2522	3,340	0,000379
Bloco	11306	3	3769	4,992	0,002484
Erro	115505	153	755		

¹SS – Soma dos quadrados; ²DF – Graus de liberdade; ³MS – Quadrado médio; ⁴F – F de Fisher; ⁵p – significância estatística a 95%.

Anexo 5.5. Comparação múltipla de Tukey para tamanho dos tomates oriundos de tomateiros tratados com diferentes tratamentos de fungicidas (Tratamentos de 1 a 12 enumerados nas células).

Tratamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,5210	0,7271	0,3246	0,6315	0,1295	0,6959	0,0759	0,2360	0,8467
2	0,5210		0,7643	0,7443	0,2668	0,0342	0,3011	0,0178	0,0740	0,4061
3	0,7271	0,7643		0,5239	0,4078	0,0630	0,4562	0,0343	0,1275	0,5879
4	0,3246	0,7443	0,5239		0,1441	0,0131	0,1647	0,0063	0,0325	0,2392
5	0,6315	0,2668	0,4078	0,1441		0,2979	0,9226	0,1930	0,4735	0,7744
6	0,1295	0,0342	0,0630	0,0131	0,2979		0,2481	0,7926	0,7595	0,1851
7	0,6959	0,3011	0,4562	0,1647	0,9226	0,2481		0,1557	0,4103	0,8458
8	0,0759	0,0178	0,0343	0,0063	0,1930	0,7926	0,1557		0,5729	0,1130

9	0,2360	0,0740	0,1275	0,0325	0,4735	0,7595	0,4103	0,5729	0,3189
10	0,8467	0,4061	0,5879	0,2392	0,7744	0,1851	0,8458	0,1130	0,3189

Anexo 5.6. Comparação múltipla de Tukey para massa dos tomates oriundos de tomateiros tratados com diferentes tratamentos de fungicidas (Tratamentos de 1 a 10 enumerados nas células).

Tratamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,9913	0,1705	0,9981	1,0000	0,9812	0,9994	0,9278	1,0000	0,8218
2	0,9913		0,0038	1,0000	0,9995	1,0000	0,6730	0,2200	0,9950	0,1204
3	0,1705	0,0038		0,0079	0,0723	0,0023	0,7214	0,9820	0,1424	0,9971
4	0,9981	1,0000	0,0079		0,9999	1,0000	0,7947	0,3244	0,9998	0,1917
5	1,0000	0,9995	0,0723	0,9999		0,9984	0,9901	0,7792	1,0000	0,6109
6	0,9812	1,0000	0,0023	1,0000	0,9984		0,5888	0,1677	0,9882	0,0876
7	0,9994	0,6730	0,7216	0,7947	0,9901	0,5888		0,9999	0,9987	0,9988
8	0,9278	0,2200	0,9820	0,3244	0,7792	0,1677	0,9999		0,9027	1,0000
9	1,0000	0,9950	0,1424	0,9990	1,0000	0,9882	0,9987	0,9027		0,7800
10	0,8218	0,1204	0,9970	0,1917	0,6109	0,0876	0,9988	1,0000	0,7809	

Anexo 5.7. Comparação múltipla de Tukey para semente dos tomates oriundos de tomateiros tratados com diferentes tratamentos de fungicidas (Tratamentos de 1 a 12 enumerados nas células).

Tratamento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,3434	0,2123	0,5141	0,04913	0,05638	0,6358	0,9447	0,4149	0,1776
2	1		0,8082	0,7708	0,175	0,2474	0,161	0,4984	0,9826	0,8004
3	1	1		0,5049	0,3954	0,461	0,1387	0,2219	0,8719	0,942
4	1	1	1		0,1522	0,2401	0,2749	0,6123	0,9083	0,6448
5	1	1	1	1		0,9478	0,0365	0,0844	0,2563	0,5813
6	1	1	1	1	1		0,0342	0,0744	0,2625	0,4449
7	1	1	1	1	1	1		0,8442	0,2657	0,1128
8	1	1	1	1	1	1	1		0,4677	0,2751
9	1	1	1	1	1	1	1	1		0,8614
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Anexo 5.8. Análise de variância das características de deposição de pólen (presença do pólen e distância da marca no cone de antera) no estigma do tomateiro oriundo do tratamento de diferentes fungicidas.

	SS	DF	MS	F	P
Intercepto	380917	1	380917,2	53,065	0,0000
Pólen	202660	10	20266,0	2,823	0,0022
Bloco	19818	3	6606,2	0,920	0,4312
Presença de marca	2050	1	2050,5	0,285	0,5933
Distância	384699	6	64116,5	8,932	0,0000
Erro	2261132	315	7178,2		

¹SS – Soma dos quadrados; ²DF – Graus de liberdade; ³MS – Quadrado médio; ⁴F – F de Fisher;

⁵p – significância estatística a 95%.

Anexo 5.9. Comparação múltipla de Tukey para marca dos tomates oriundos de tomateiros tratados com diferentes tratamentos de fungicidas (Tratamentos de 1 a 10 enumerados nas células).

Tratamento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,1354	0,1753	0,1354	0,6625	0,5657	0,6961	0,0848	0,2802	0,8005
2	1		0,7652	0,8722	0,1129	0,0179	0,2801	0,0139	0,0565	0,1414
3	1	1		0,7652	0,1029	0,0326	0,3012	0,0071	0,0326	0,1904
4	1	1	1		0,0695	0,0229	0,2234	0,0067	0,0481	0,1237
5	1	1	1	1		0,3703	0,3703	0,3826	0,5053	0,6625
6	1	0,8085	1	1	1		0,0848	0,7131	0,9633	0,3462
7	1	1	1	1	1	1		0,0565	0,1753	0,7476
8	1	0,6284	0,3235	0,3016	1	1	1		0,8722	0,0695
9	1	1	1	1	1	1	1	1		0,2802
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Anexo 5.10. Comparação múltipla de Tukey para presença de grãos de pólen no estigma dos tomates oriundos de tomateiros tratados com diferentes tratamentos de fungicidas (Tratamentos de 1 a 10 enumerados nas células).

Tratamento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,9742	1,0000	0,8721	1,0000	0,8130	0,9956	0,4683	0,4561	0,2589
2	0,9742		0,9813	0,9998	0,9782	0,1176	1,0000	0,9862	0,0189	0,9651
3	1,0000	0,9813		0,8890	1,0000	0,7950	0,9971	0,5050	0,4353	0,2944
4	0,8721	0,9998	0,8890		0,8810	0,1319	0,9983	1,0000	0,0419	1,0000
5	1,0000	0,9782	1,0000	0,8810		0,8192	0,9964	0,4923	0,4709	0,2852
6	0,8130	0,1176	0,7950	0,1319	0,8192		0,2114	0,0118	0,9999	0,0018
7	0,9956	1,0000	0,9971	0,9983	0,9964	0,2114		0,9517	0,0441	0,8903
8	0,4683	0,9862	0,5050	1,0000	0,4923	0,0118	0,9517		0,0014	1,0000
9	0,4561	0,0189	0,4353	0,0419	0,4709	0,9999	0,0441	0,0014		0,0000
10	0,2589	0,9652	0,2944	1,0000	0,2852	0,0018	0,8903	1,0000	0,0000	