

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**USO DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINAE: APIDAE) EM CASA DE
VEGETAÇÃO PARA POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE
MINIMELANCIA [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] COM E SEM
SEMENTE**

ISAC GABRIEL ABRAHÃO BOMFIM

**FORTALEZA - CE
FEVEREIRO - 2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

USO DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINAE: APIDAE) EM CASA DE
VEGETAÇÃO PARA POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE
MINIMELANCIA [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] COM E SEM
SEMENTE

ISAC GABRIEL ABRAHÃO BOMFIM
Zootecnista

FORTALEZA
FEVEREIRO - 2013

ISAC GABRIEL ABRAHÃO BOMFIM

**USO DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINAE: APIDAE) EM
CASA DE VEGETAÇÃO PARA POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE
FRUTOS DE MINIMELANCIA [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum.
& Nakai] COM E SEM SEMENTE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão

FORTALEZA - CE
FEVEREIRO- 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- B683u Bomfim, Isac Gabriel Abrahão.
Uso de abelhas sem ferrão (Meliponinae:Apidae) em casa de vegetação para polinização e produção de frutos de minimelancia [*Citullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] com e sem semente / Isac Gabriel Abrahão Bomfim. – 2013.
142 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Produção Animal.
Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.
Coorientação: Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão.
1. Fertilização de plantas. 2. Abelha. 3. Melancia. I. Título.

ISAC GABRIEL ABRAHÃO BOMFIM

USO DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINAE: APIDAE) EM CASA DE VEGETAÇÃO PARA POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE MINIMELANCIA [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] COM E SEM SEMENTE

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 25 de fevereiro de 2013.

Comissão examinadora:

Dr. José Everton Alves
Universidade Estadual do Vale do Acaraú - UVA

Dr. Jorge André Matias Martins
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dra. Darci de Oliveira Cruz
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino
Universidade Federal do Ceará - UFC

PhD. Breno Magalhães Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

A NATUREZA DAS COISAS

*Se avexe não
Amanhã pode acontecer tudo
Inclusive nada
Se avexe não
A lagarta rasteja até o dia
Em que cria asas
Se avexe não
Que a burrinha da felicidade
Nunca se atrasa
Se avexe não
Amanhã ela para na porta
da sua casa.*

*Se avexe não
Toda caminhada começa
No primeiro passo
A natureza não tem pressa
Segue seu compasso
Inexoravelmente chega lá
Se avexe não
Observe quem vai subindo a ladeira
Seja princesa ou seja lavadeira
Pra ir mais alto vai ter que suar.*

A **Deus, Nossa Senhora e São Francisco** por sempre estarem dispostos a me ajudar, mesmo quando tudo parecia estar perdido e até quando eu acreditava não merecer. Além da saúde, vontade e condições fornecidas por eles a mim para a realização desse trabalho.

Aos meus pais **Francisco José de Andrade Bomfim e Celina Maria Abrahão Bomfim** pelos conselhos e ensinamentos transmitidos. Pela amizade e amor verdadeiro existente entre nós. Por terem me incentivado para seguir esse caminho, além de todo apoio dado para chegar à conclusão desta tese.

À minha namorada, **Cris Prado Autran Nunes** pela amizade, companheirismo, amor e carinho sem fim, bem como pela ajuda, compreensão e paciência infinita ao longo de toda essa árdua caminhada.

Às minhas irmãs **Rafaela Abrahão Bomfim e Raquel Abrahão Bomfim** por todo incentivo, amor e amizade.

Aos meus cunhados **Cristhiano Motta de Sabóia e Euclides José Leite Castelo** por serem como irmãos para mim e por tornarem minha família cada vez maior e mais cheia de vida e alegria.

Aos meus sobrinhos **Diego Bomfim de Sabóia, Luis Eduardo Bomfim Castelo, Thiago Bomfim de Sabóia, Yasmin Bomfim de Sabóia** e, minha afilhada, **Laís Bomfim Castelo** por existirem na minha vida e me darem esperança de um mundo melhor através da beleza, alegria e pureza contida neles.

Aos meus avós, **Antônio de Andrade Bomfim Filho** (*in memorian*) e **Maria José Mendes Bomfim, José Matos Abrahão** (*in memorian*) e **Celina Lima Matos Abrahão** (*in memorian*) por todo amor e carinho, e por serem exemplos de vida para mim.

A toda **minha família** pelo carinho, amizade e pela torcida para que esse dia chegasse.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A realização da presente tese não seria possível sem a participação de várias pessoas e instituições, às quais eu agradeço:

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ), pela possibilidade de realização da presente tese.

À FUNCAP, pela bolsa concedida durante a realização do curso de doutorado.

À Embrapa Agroindústria Tropical pelo amparo e disponibilização de suas instalações para condução dos experimentos desta tese.

À Empresa Hazera na pessoa de Trícia Regina Saldanha, pelas sementes de minimelancias fornecidas para realização deste trabalho.

À Top Plant pela semeadura das sementes de minimelancia utilizadas no presente trabalho.

Ao professor orientador Dr. Breno Magalhães Freitas pela oportunidade, confiança, compreensão, amizade e conselhos dados desde os tempos de graduação até hoje, os quais foram de grande valia para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao amigo Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão pela boa vontade, pela orientação segura e tranquila, pelo apoio logístico, conselhos científicos e pessoais, e pela paciência e disposição para me ajudar sem medir esforços.

Ao amigo Dr. Jorge André Matias Martins pela prontidão, disponibilidade e ajuda durante toda a parte estatística desta tese e sugestões para melhoria deste trabalho.

Aos amigos doutores e abelhudos, José Everton Alves e Darci de Oliveira Cruz pela paciência, disponibilidade e por toda ajuda científica fornecida na elaboração desta tese.

Ao Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino pela disponibilidade de valiosas fontes bibliográficas e sugestões essenciais para realização deste trabalho.

À Dra. Favízia Freitas de Oliveira e Thiago Mählmann Vitoriano Lopes Muniz pela identificação taxonômica da nova espécie de abelha do gênero *Scaptotrigona* utilizada nesse trabalho, bem como pela amizade e ensinamentos.

À Dra. Eva Mônica Sarmiento da Silva por sempre torcer e acreditar em mim, por todos os ensinamentos e “empurrões” dados desde os primeiros semestres de

graduação, além de toda a ajuda e incentivo que influenciaram diretamente na minha escolha de vida e na realização desta tese.

Ao grande amigo, David Ramos Rocha, parceiro e “irmão”, por me ajudar dentro e fora da vida universitária, pelos sábios conselhos e pelo seu pensamento sempre positivo a respeito de um futuro melhor.

Aos amigos Alexandre Campos Nunes, Antonio Diego de Melo Bezerra, Vitor Monteiro e Isabel Peixoto pelo companheirismo e impagável contribuição para a realização dos experimentos dessa tese.

Aos amigos abelhudos, Epifânia Emanuela de Macêdo Rocha, Raquel Andréa Pick e Luiz Wilson Lima Verde, pela enorme paciência comigo e com as abelhas que foram objeto de estudo nessa tese, ainda, pelas valiosas sugestões e grandiosas ajudas, imprescindíveis para execução deste trabalho.

Aos companheiros e amigos de doutorado, Joaquim, Sueli, Jaime, Leonardo Hunaldo (Baiano), William Mochel e José Cutrim Júnior pelo companheirismo e bons momentos passados durante todos esses anos de pós-graduação.

A todos os amigos que participam ou já participaram do Grupo de Pesquisa com Abelhas da UFC, em especial a Afonso Odério Nogueira Lima, Luiz Wilson Lima-Verde, Júlio Otávio Portela Pereira, Társio Tiago Lopes Alves, Ednir de Oliveira Santiago, Marcelo de Oliveira Milfont, Marcelo Casimiro Cavalcante, Mikail Olinda de Oliveira, Rômulo Augusto Guedes Rizzardo, Celso Braga Magalhães, Valdênio Mendes Mascena, Francisco Wander Soares Araújo, Davi Silva, Alípio Pacheco, Camila Queiroz, Patrícia Barreto de Andrade, Michelle de Oliveira Guimarães, Daniel Brasil, pelo apoio, amizade, confiança e torcida.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Francisca das Chagas Prudêncio Bezerra.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Zootecnia.

Ao meu tio Miguel Abraão Neto pelo companheirismo, confiança e sábios conselhos durante toda minha vida.

A toda família Prado e agregados pelo respeito, confiança e bons momentos compartilhados nesses últimos anos.

Aos amigos Leonardo Passos Pinho, Heraldo Falcão, Davi Valente, Frederico Saboya, João Paulo Carvalho Sá Silva, David Pontes e Caio Santiago pelo companheirismo, idéias trocadas e horas de lazer vivenciadas.

A todos que participaram direta ou indiretamente da construção e êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
CAPÍTULO I – Referencial Teórico	
1.1 OS POLINIZADORES ANIMAIS E SUA IMPORTÂNCIA GLOBAL	3
1.2 ABELHAS COMO POLINIZADORES EM CULTIVO PROTEGIDO	4
1.2.1 Polinização em ambiente protegido	4
1.2.2 Abelhas utilizadas sob cultivo protegido	6
1.2.3 Comportamento de abelhas em cultivo protegido.....	10
1.3 AS CUCURBITÁCEAS E A POLINIZAÇÃO	17
1.4 POLINIZAÇÃO NA CULTURA DA MELANCIA	19
1.4.1 Origem e importância da melancia	19
1.4.2 Tendências de mercado	21
1.4.3 Técnicas para produção de melancias sem semente	22
1.4.4 Biologia floral	24
1.4.4.1 Características das flores e recursos ofertados.....	24
1.4.4.2 Período de florescimento e proporção de flores estaminadas:pistiladas.....	26
1.4.4.3 Período de atratividade aos visitantes florais	28
1.4.4.4 Requerimentos de polinização	28
1.4.5 Polinizadores	31
1.4.5.1 Visitantes e polinizadores	31
1.4.5.2 Eficiência de polinização	32
1.4.5.3 Introdução de polinizadores manejáveis em áreas de cultivo de melancia.....	33
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO II	
Biologia floral e requerimentos de polinização de variedades de minimelancia com e sem semente cultivadas em ambiente protegido	
RESUMO	55
ABSTRACT.....	56
2.1 INTRODUÇÃO	57
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
2.2.1 Local do estudo e práticas culturais	59

2.2.2 Biologia floral	60
2.2.3 Requerimentos de polinização	60
2.2.4 Análise dos dados.....	62
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
2.3.1 Biologia Floral	63
2.3.1.1 <i>Características florais, receptividade e caráter da antese</i>	63
2.3.1.2 <i>Duração, emissão e proporção de flores estaminadas e pistiladas</i>	67
2.3.2.1 <i>Taxa de vingamento</i>	72
2.3.2.2 <i>Qualidade dos frutos</i>	75
2.4 CONCLUSÕES	77
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

CAPÍTULO III

Comportamento de adaptação e de forrageamento, e eficiência de polinização de abelhas sem ferrão na cultura da minimelancia sob cultivo protegido

RESUMO	84
ABSTRACT	85
3.1 INTRODUÇÃO	86
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	88
3.2.1 Local do estudo e práticas culturais	88
3.2.2 Preparação das colônias de abelhas.....	89
3.2.3 Comportamento de adaptação ao ambiente protegido	90
3.2.4 Comportamento de forrageamento em flores de minimelancia	91
3.2.5 Eficiência de polinização da abelha <i>Scaptotrigona</i> sp. nov.....	91
3.2.6 Análise dos dados.....	92
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
3.3.1 Comportamento de adaptação ao ambiente protegido	93
3.3.2 Comportamento de forrageamento em flores de minimelancia	102
3.3.3 Eficiência de polinização da abelha <i>Scaptotrigona</i> sp. nov.....	108
3.4 CONCLUSÕES	113
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

	Página
Tabela 1. Duração da floração, emissão e proporção de flores estaminadas (♂) e pistiladas (♀) em cinco variedades de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) cultivadas em ambiente protegido.....	69
Tabela 2. Requerimentos de polinização das variedades de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) com semente (2n), cultivadas em ambiente protegido.....	72
Tabela 3. Requerimentos de polinização das variedades de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) sem semente (3n), cultivadas em ambiente protegido.....	74

CAPÍTULO III

Tabela 4. Eficiência de polinização da abelha <i>Scaptotrigona</i> sp. nov. na cultura de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) com semente (2n), sob ambiente protegido.....	110
Tabela 5. Eficiência de polinização da abelha <i>Scaptotrigona</i> sp. nov. na cultura de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) sem semente (3n), sob ambiente protegido.....	110

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

	Página
Figura 1. Casa de vegetação utilizada para condução do presente experimento: A) Vista externa da casa de vegetação; B) Vista interna da casa de vegetação já com o cultivo de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>).....	59
Figura 2. Visão geral da casa de vegetação com detalhe mostrando flores estaminadas (♂) e pistiladas (♀) na mesma planta de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>).	63
Figura 3. Movimentação da corola durante o período de antese das flores pistiladas (♀) das variedades de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) sob cultivo protegido: A) botão floral em fase de pré-antese; B) início da antese às 05:25 h; C) flor às 06:00 h; D) flor às 07:00 h; E) flor às 08:00 h; F) flor às 09:00 h; G) flor às 10:00 h; H) flor às 11:00h; I) flor às 13:00 h; J) flor às 14:00 h; K) flor um dia após a antese.	66
Figura 4. Movimentação da corola durante o período de antese das flores estaminadas (♂) das variedades de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) sob cultivo protegido: A) botão floral em fase de pré-antese; B) início da antese às 05:20 h; C) flor às 06:00 h; D) flor às 07:00 h; E) flor às 08:00 h; F) flor às 09:00 h; G) flor às 10:00 h; H) flor às 11:00h; I) flor às 13:00 h; J) flor às 14:00 h; K) flor no dia seguinte após o fim do período de antese.	67
Figura 5. Produção média diária de flores pistiladas (♀) (A) e estaminadas (♂) (B) por planta, durante cada semana do período de florescimento funcional das variedades de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>) avaliadas.	71

Figura 6. Médias e erros padrões das características qualitativas dos frutos de minimelancia polinizadas manualmente por geitonogamia (MG), cruzada com pólen de ‘Minipérola’ (MCM) e com pólen de ‘Polimore’ (MCP). A) Massa; B) Comprimento; C) Largura; D) Escore da Deformação; E) Espessura da casca; F) Firmeza da polpa; G) Sólidos Solúveis; H) N° de sementes/fruto.	76
--	----

CAPÍTULO III

Figura 7. Vista do Meliponário situado no Setor de Abelhas da Universidade Federal do Ceará (UFC).	89
Figura 8. Vista das colônias de abelhas sem ferrão instaladas no interior da casa de vegetação.	90
Figura 9. Campeiras de jandaíra (<i>Melipona subnitida</i>) e <i>Scaptotrigona</i> sp. nov. colidindo contra a lateral plástica da casa de vegetação, e outras abelhas já mortas por exaustão.	94
Figura 10. Número médio de campeiras de jandaíra (<i>Melipona subnitida</i>) saindo diariamente das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>).	95
Figura 11. Número médio de campeiras de jandaíra (<i>Melipona subnitida</i>) saindo das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (<i>Citrullus lanatus</i>).	96
Figura 12. Estado do desenvolvimento de uma colônia de jandaíra (<i>Melipona subnitida</i>) ao longo do experimento: A) discos de cria no momento de sua introdução na casa de vegetação; B) potes de alimento no momento de sua introdução na casa de vegetação; C) discos de cria após 14 dias sob ambiente protegido; D) potes de alimento após 14 dias sob ambiente protegido.	97

- Figura 13. Colmeia de jandaíra (*Melipona subnitida*) no interior da casa de vegetação experimental. Em detalhe a entrada da colmeia bloqueada com resina..... 97
- Figura 14. Temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e luminosidade (klux) ao longo do dia no interior da casa de vegetação. 99
- Figura 15. Número médio de campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. saindo diariamente das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (*Citrullus lanatus*)..... 100
- Figura 16. Estado do desenvolvimento de uma colônia de *Scaptotrigona* sp. n. ao longo do experimento: A) discos de cria e potes de alimento no momento de sua introdução na casa de vegetação; B) discos de cria e potes de alimento após 15 dias sob ambiente protegido. 102
- Figura 17. Número médio de campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. saindo das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (*Citrullus lanatus*). 103
- Figura 18. Formas de abordagem das campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. às flores estaminadas de minimelancia (*Citrullus lanatus*): A) abelha pousando sobre a flor; B) abelha pousada nas pétalas tocando a cabeça e parte dorsal do tórax nas anteras na tentativa de acessar o nectário floral, localizado na base da corola, com sua glossa; C) abelha pousada sobre as anteras, contaminando com pólen a porção ventral de seu tórax, abdome e pernas, buscando acessar o nectário floral na base da corola; D) abelha abordando a flor para coleta direta de néctar, porém com as corbículas cheias de pólen; E) Abelha pousada nas pétalas com uma grande quantidade de grãos de pólen espalhados principalmente sobre a região ventral do seu corpo; F) abelha retornando ao ninho carregando pólen nas corbículas..... 105

Figura 19. Formas de abordagem das campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. às flores pistiladas de minimelancia (*Citrullus lanatus*): A) Campeira caminhando das pétalas para a superfície estigmática; B) Campeira, com pólen na corbícula, pousada diretamente sobre o estigma para acessar o nectário floral; C) Campeira caminhando sobre a superfície estigmática; D) Estigma repleto de grãos de pólen deixados pela campeira em busca de néctar. 106

Figura 20. Médias e erros padrões das características qualitativas dos frutos de minimelancia polinizadas manualmente por geitonogamia (MG), cruzada com pólen de ‘Minipérola’ (MCM) e livremente por *Scaptotrigona* sp. nov. (LA). A) Massa; B) Comprimento; C) Largura; D) Escore da Deformação; E) Espessura da casca; F) Firmeza da polpa; G) Sólidos Solúveis; H) N° de sementes/fruto. 112

USO DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINAE: APIDAE) EM CASA DE VEGETAÇÃO PARA POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE MINIMELANCIA [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] COM E SEM SEMENTE

Resumo Geral – O objetivo desta tese foi investigar a viabilidade da utilização dos meliponíneos, jandaíra (*Melipona subnitida*) e *Scaptotrigona* sp. nov. na polinização e produção de frutos de minimelancia (*Citrullus lanatus*) com e sem semente, sob cultivo protegido. Para tanto, foram investigados a biologia floral, os requerimentos de polinização das variedades de minimelancia, bem como o comportamento de adaptação e forrageamento, e a eficiência de polinização desses meliponíneos sob ambiente protegido. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação localizada no município de Fortaleza-CE. Os resultados revelaram que as variedades estudadas eram plantas monóicas com flores díclinas, e que o estigma de suas flores pistiladas permaneceu receptivo durante toda antese, a qual foi de 05:25 h às 14:20 h. As variedades com semente produziram frutos por meio da geitonogamia e da xenogamia, dentro da mesma variedade e entre diferentes genótipos diplóides. Diferentemente, os genótipos sem semente apenas formaram frutos por meio da polinização cruzada com pólen proveniente de variedades com semente. A abelha jandaíra não demonstrou nenhum interesse pela cultura diante das condições experimentais. Por outro lado, a abelha *Scaptotrigona* sp. nov. se adaptou bem ao confinamento e coletou recursos florais desde o segundo dia após sua introdução. *Scaptotrigona* sp. nov. mostrou comportamento essencial para a polinização da minimelancia, pois visitou, para coleta direta de néctar, flores estaminadas e pistiladas tanto dos genótipos diplóides quanto dos genótipos triplóides. A quantidade e qualidade dos frutos resultantes da polinização por essa abelha não diferiram significativamente da obtida pela polinização manual ($P > 0,05$). Conclui-se que a espécie de abelha *M. subnitida* não se adaptou ao cultivo de minimelancia em ambiente protegido com sistema de arrefecimento, e que a introdução de colônias *Scaptotrigona* sp. nov., para fins de polinização, é viável na exploração comercial da minimelancia com e sem semente em ambiente protegido.

Palavras-chave: biologia floral, comportamento de forrageamento, cultivo protegido, eficiência de polinização, melancia, meliponíneos

USE OF STINGLESS BEES (MELIPONINAE: APIDAE) IN GREENHOUSE FOR POLLINATION AND FRUIT PRODUCTION OF SEEDED AND SEEDLESS MINI WATERMELON [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai]

General Abstract – The aim of this thesis was to investigate the viability of using the stingless bees, *Melipona subnitida* and *Scaptotrigona* sp. nov. for pollination and fruit production of seeded and seedless mini watermelon (*Citrullus lanatus*) under greenhouse conditions. To this end, the floral biology and pollination requirements of seeded and seedless mini watermelon varieties were investigated, as well as the adaptive and foraging behavior of both meliponines. The experiment was carried out in a greenhouse situated in the city of Fortaleza-CE. The results revealed that the varieties studied were monoecious plants with dichlinous flowers, and that the stigma of its pistillate flowers remained receptive throughout the anthesis, which was from 05:25 h to 14:20 h. The seeded varieties set fruits by geitonogamous and xenogamous pollination, within the same variety and between different diploid genotypes. In contrast, the seedless genotypes set fruits only by cross-pollination with pollen from seeded varieties. *M. subnitida* did not show any interest in the crop, under the experimental conditions. On the other hand, *Scaptotrigona* sp. nov. adapted well to the confinement and collected floral resources since the second day after its introduction. *Scaptotrigona* sp. nov. showed an essential behavior for the pollination of mini watermelon, as they visited, for direct collection of nectar, staminate and pistillate flowers of both diploid and triploid genotypes. The quantity and the quality of fruits resulting from the pollination of this bee did not differ significantly ($P > 0.05$) from the hand pollination. It was concluded that *M. subnitida* did not adapt to the mini watermelon cultivation in protected environment with cooling system, and the introduction of *Scaptotrigona* sp. nov. colonies, for pollination purposes, is viable in the commercial exploitation of seeded and seedless mini watermelon under greenhouse conditions.

Key-words: floral biology, foraging behavior, meliponines, pollination efficiency, protected cultivation, watermelon

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A baixa produtividade atual encontrada nas áreas cultivadas no Brasil e em vários outros países do mundo é um dos fatores que mais influencia a demanda pela expansão das fronteiras agrícolas, por parte dos produtores rurais, com a finalidade de compensar, de alguma maneira, a produção não alcançada. Então, é aí que reside o verdadeiro desafio para a humanidade, de como aumentar e diversificar massivamente a produção agrícola sem aumentar demasiadamente a quantidade de terra utilizada. Desmatar centenas de milhões de hectares de florestas e matas nativas por meio do aumento da marca atual de uso intensivo de recursos naturais com uma agricultura ambientalmente destrutiva é a pior opção. Assim, aumentar a produção de alimentos a um custo aceitável para o planeta dependerá de pesquisas nos mais diversos âmbitos e níveis de tecnologia que foquem no melhor aproveitamento da terra.

Atualmente, estudos comprovam a eficiência de diversas espécies de abelhas na polinização e conseqüentemente no aumento da produtividade de várias culturas agrícolas. Contudo, em várias partes do mundo, percebe-se uma dependência dos agricultores em uma única espécie de abelha, a *Apis mellifera*, para polinização de culturas que necessitam de agentes bióticos. Tal dependência por essa única espécie é bastante preocupante, pois isso torna a polinização agrícola vulnerável aos efeitos de parasitas, doenças e políticas que afetem negativamente a população desse polinizador.

Portanto, a busca por novos polinizadores manejáveis com potencial de criação em massa para introdução tanto em campos abertos quanto em ambientes protegidos é de extrema importância não só para a agricultura, como também para o incentivo à conservação dessas espécies animais. Até hoje, poucos são os polinizadores manejáveis introduzidos em sistemas agrícolas (menos do que 11), e se tratando de polinizadores comercialmente utilizados em cultivos protegidos esse número ainda é bem menor.

Dentro desse contexto, esta tese teve como objetivo investigar a viabilidade da utilização de duas espécies de meliponíneos, *Melipona subnitida* e *Scaptotrigona* sp. nov., representantes, respectivamente, das tribos Meliponini e Trigonini (MOURE, 1961), para polinização e produção de frutos na cultura da minimelancia (*Citrullus lanatus*) com e sem semente sob condições de cultivo protegido.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

**USO DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINAE: APIDAE) EM
CASA DE VEGETAÇÃO PARA POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE
FRUTOS DE MINIMELANCIA [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum.
& Nakai] COM E SEM SEMENTE**

1.1 OS POLINIZADORES ANIMAIS E SUA IMPORTÂNCIA GLOBAL

Os vetores que funcionam como intermediários no processo de reprodução das plantas são conhecidos como agentes polinizadores. Dentre estes, existem vetores abióticos, como o vento, a água e a gravidade, e vetores bióticos (animais), que são os mais importantes, contribuindo com a polinização de mais de 87% das plantas com flores existentes no planeta (OLLERTON *et al.*, 2011). Esses são representados por animais de diversas classes, como alguns mamíferos, aves, répteis e insetos (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979).

A ausência dos polinizadores bióticos na Terra poderia levar à extinção de inúmeras plantas e animais, o que implicaria em mudanças drásticas nas paisagens e nas funções dos ecossistemas, incluindo a produção de alimento para a humanidade (KEVAN & VIANA, 2003). Assim, aproximadamente 75% da alimentação humana depende direta ou indiretamente de plantas beneficiadas pela polinização animal (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2012). Isso faz com que esse tipo de polinização seja considerado um processo vital para sobrevivência do homem no planeta (COSTANZA *et al.*, 1997).

Segundo Klein *et al.* (2007), dentre as 107 principais culturas agrícolas utilizadas diretamente na alimentação humana, 13 delas são essencialmente dependentes de polinizadores animais (perda de 90% ou mais na produção causada pela ausência de polinizadores); 30 são altamente dependentes de polinizadores (40% a quase 90% de redução na produção); 27 são moderadamente dependentes (10% a quase 40% de redução); 21 são levemente dependentes (mais que 0 e menos que 10% na redução); para sete das culturas agrícolas estudadas a dependência é inexistente; e para as nove restantes o grau dependência de polinizadores é desconhecido.

Dentre esses animais que medeiam o processo de polinização das culturas agrícolas, os insetos, sozinhos, foram valorados, pela sua contribuição na polinização ao redor do mundo, em 153 bilhões de euros, o qual representa 9,5% do valor total da produção agrícola mundial usada diretamente na alimentação humana no ano de 2005 (GALLAI *et al.*, 2009). Vale ressaltar que a maior parte desse valor atribuído aos insetos vem das abelhas, pois aproximadamente 73% das espécies agrícolas cultivadas

ao redor do mundo dependem destas para produção de frutos e/ou sementes (NABHAN e BUCHMANN, 1997; FAO, 2004).

As abelhas se destacam como extraordinários polinizadores, principalmente, por evolutivamente necessitarem do contato obrigatório e constante com as flores, pois é nelas que esses insetos coletam pólen e néctar, que servirão como fonte de alimento para satisfazer suas próprias necessidades, como também, a necessidade dos seus descendentes e/ou dos demais membros de sua colônia, no caso das abelhas sociais (KEVAN, 2007). Outra grande vantagem desses insetos é que muitos deles podem ser manejados e introduzidos em cultivos agrícolas, em campos abertos ou em ambientes protegidos, para a realização de serviços de polinização (CRUZ & CAMPOS, 2009).

1.2 ABELHAS COMO POLINIZADORES EM CULTIVO PROTEGIDO

1.2.1 Polinização em ambiente protegido

O uso do sistema de cultivo protegido é uma prática cada vez mais utilizada na agricultura, uma vez que traz a possibilidade de ajustar o ambiente às plantas, propiciando assim condições que permitem não só explorar como, também, maximizar a produção agrícola em locais ou períodos do ano em que as condições climáticas são ou estão desfavoráveis ao plantio em campo aberto (ANDRIOLO, 1999). Desse modo, entende-se por cultivo protegido toda a forma de proteção física à planta com o objetivo de criar condições microclimáticas favoráveis à produção vegetal (REISSER JÚNIOR & PEREIRA, 2008). O maior exemplo de cultivo protegido é a produção vegetal em casas de vegetação, as quais são estruturas que podem ser construídas com diversos materiais, como madeira, concreto, ferro, alumínio, entre outros, e cobertas e revestidas com materiais transparentes ou semitransparentes que permitam a passagem da luz solar, essencial para crescimento e desenvolvimento das plantas (REIS, 2005). Essa estrutura artificial é capaz de proteger a cultura agrícola de condições climáticas adversas, como por exemplo, baixas temperaturas, excesso de radiação, chuvas, pragas e doenças (ISHIKAVA & FIGUEIREDO, 2011).

Com a criação de um microclima adequado à determinada cultura é possível se fazer o uso racional da água, fertilizantes, defensivos e outros insumos agrícolas, dessa

maneira evitando desperdícios e melhorando a rentabilidade da atividade (ISHIKAVA & FIGUEIREDO, 2011). Além do mais, quanto maior o valor agregado que uma cultura possa receber em razão de ser cultivada em ambiente protegido, seja por sua qualidade superior, alta produtividade ou pela colheita diferenciada, um melhor retorno financeiro ela oferecerá ao produtor (SEABRA JÚNIOR *et al.*, 2003). Por outro lado, esse sistema de cultivo também tem suas restrições (CRUZ & CAMPOS, 2009).

Um dos principais problemas na implantação de culturas agrícolas em casas de vegetação é a polinização insuficiente ou inadequada, cujo impacto é extremo na produção vegetal em escala comercial. Ou seja, quando uma cultura que apresenta algum nível de dependência da polinização biótica entra na fase de florescimento, essa estrutura construída com o intuito de proteger o cultivo de condições ambientais adversas, acaba, na realidade, por promover uma barreira física à entrada de agentes polinizadores nesse sistema, impossibilitando seu acesso natural às flores e, conseqüentemente, prejudicando ou mesmo impedindo a produção de frutos e sementes (GUERRA SANZ, 2008; CRUZ & CAMPOS, 2009).

Para contornar essa situação é necessária uma intervenção especial que possibilite a transferência dos grãos de pólen viáveis ao estigma receptivo das flores ou a adoção de técnicas de aplicação de hormônios que induzem o desenvolvimento do fruto sem a necessidade da polinização (AL-ATTAL *et al.*, 2003; FREITAS & NUNES-SILVA, 2012). A opção ainda muitas vezes empregada é a contratação de mão de obra para fazer a polinização manual, seja ela diretamente com as próprias mãos, ou por meio de bastões de vibração elétrica, conhecidos como abelhas elétricas, adaptados para determinadas culturas agrícolas. Porém, essa prática, assim como a aplicação de hormônios, é bastante trabalhosa e onerosamente os custos de produção da atividade e, além disso, com ela nem sempre se alcança os melhores resultados (AL-ATTAL *et al.*, 2003; CRUZ & CAMPOS, 2009). Logo, uma alternativa bem mais viável economicamente seria a introdução de agentes polinizadores, essencialmente abelhas, capazes de se adaptar às condições de cultivo protegido e atender aos requerimentos de polinização das culturas agrícolas enclausuradas em casas de vegetação (BANDA & PAXTON, 1991; CRUZ & CAMPOS, 2009).

Nesse sentido, enquanto agricultores em campo aberto se beneficiam dos serviços de polinização natural prestado pelos ecossistemas (IMPERATRIZ-

FONSECA *et al.*, 2012), dentro de casas de vegetação eles necessitam alugar e introduzir ninhos artificiais povoados para então se alcançar a produção esperada (CRUZ & CAMPOS, 2009). Essa técnica de introdução e manejo desses polinizadores bióticos em casas de vegetação já é comum em diversos países (FREITAS & IMPERATRIZ – FONSECA, 2005; VELTHUIS & VAN DOORN, 2006).

1.2.2 Abelhas utilizadas sob cultivo protegido

As abelhas são os polinizadores bióticos mais estudados, indicados e utilizados no mundo todo em serviços de polinização, tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido (McGREGOR, 1976; FREE, 1993; DELAPLANE & MAYER, 2000) devido a algumas adaptações especiais, como, o fato de terem dieta exclusivamente vegetariana (com raríssimas exceções); possuem grande quantidade de pelos ramificados ao redor do seu corpo, o que permite o aumento na eficiência da aderência e transferência dos grãos de pólen (WINSTON, 2003; BRADBEAR, 2009); apresentarem um comportamento de fidelidade e constância floral bastante desenvolvido que, por sua vez, torna maior a probabilidade dos grãos de pólen serem depositados no estigma de flores da mesma espécie, além da possibilidade de se estabelecer um criatório racional para várias espécies (NOGUEIRA-NETO, 1997; DELAPLANE & MAYER, 2000; SLAA *et al.*, 2006).

Embora existam mais de 20.000 espécies de abelhas descritas no planeta, apenas algumas já são manejadas comercialmente como polinizadoras de plantas cultivadas em ambiente protegido, dentre elas, espécies sociais e solitárias (FREE, 1993; CRUZ & CAMPOS, 2009; GARÓFALO *et al.*, 2012). As abelhas sociais pertencentes aos gêneros *Apis* e *Bombus* são as mais frequentemente utilizadas para polinização em escala comercial dentro de casas de vegetação (HOGENDOORN, 2004; SADEH *et al.*, 2007; GUERRA SANZ, 2008; CRUZ & CAMPOS, 2009).

Em vários países, é ainda comum o uso da abelha melífera (*Apis mellifera*) para polinização em ambientes protegidos (SADEH *et al.*, 2007). Em determinados casos, essa espécie é preferida por ser facilmente adquirida, por ter um manejo dentro de colmeias amplamente difundido e biologia já bastante conhecida (HOGENDOORN, 2004; MORAIS *et al.*, 2012). Esta espécie também apresenta características comportamentais como: possui hábito alimentar generalista, ou seja, pode coletar

recursos alimentares e potencialmente polinizar flores das mais variadas famílias de plantas. Além do mais, apresenta um grande número de indivíduos na mesma colônia, o que implica em uma vasta quantidade de campeiras ou forrageadoras visitando flores a procura de alimento para suprir a grande demanda alimentar da colônia. Outra característica importante é sua notável habilidade de recrutar várias campeiras para visitarem as flores da mesma espécie vegetal (WINSTON, 2003).

Embora as abelhas *A. mellifera* sejam reconhecidas como excelentes polinizadores, nem sempre elas são as mais indicadas para as diferentes plantas cultivadas e nem para os diferentes tipos de casas de vegetação na qual a cultura está abrigada (BANDA & PAXTON, 1991; AL-ATTAL *et al.*, 2003; KEVAN, 2007; GUERRA SANZ, 2008). De um modo geral, essas abelhas apresentam problemas na adaptação a ambientes fechados, como casas de vegetação, principalmente de dimensões pequenas, devido ao estresse do próprio confinamento e às flutuações de temperatura (FREE, 1993; GUERRA SANZ, 2008). Além do mais, sua alta defensividade pode se acentuar nesse tipo de ambiente, o que dificulta a realização dos tratos culturais em virtude das ferroadas, fato esse que causa transtornos aos produtores (AMANO, 2004; SLAA *et al.*, 2006; CRUZ & CAMPOS, 2009). Outro aspecto negativo na sua utilização é o fato delas não realizarem a polinização por vibração (*buzz pollination*), requerida por algumas culturas agrícolas que possuem anteras poricidas como, por exemplo, o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), para maximização da produção e qualidade de frutos e sementes. Qualidade essa que muitas vezes se traduz em melhores preços (BANDA & PAXTON, 1991; AL-ATTAL *et al.*, 2003; VELTHUIS & VAN DOORN, 2006). Assim, o uso dessas abelhas para polinização, de certa forma, fica limitado a culturas agrícolas que não demandam vibração das anteras para efetivação ou incremento da polinização (SADEH *et al.*, 2007).

Diferentemente das abelhas melíferas, as abelhas do gênero *Bombus* além de forragearem muito bem em ambiente confinado, de grande e pequena área (FREE, 1993), realizam com excelência a polinização por vibração (NUNES SILVA *et al.*, 2010). Atualmente, essa abelha é reconhecida mundialmente como o maior polinizador das culturas do tomate e pimentão (*Capsicum annuum* L.) sob cultivo protegido. A criação racional e a comercialização das abelhas *Bombus* alcançaram níveis bastante elevados de tecnologia que permitem a produção em massa e importação de suas

colônias para fins de polinização de culturas agrícolas para todos os continentes, fazendo com que esse surpreendente agronegócio valha alguns bilhões de dólares (KEVAN, 2007; GUERRA SANZ, 2008). Entretanto, o uso e o aluguel da mesma colônia de *Bombus* para serviços de polinização posteriores ficam impossibilitados pelo fato dessas colônias não serem perenes, e, portanto, perecerem após o período de oito a 12 semanas. Dessa forma, novos ninhos povoados necessitam ser utilizados a cada safra (SLAA *et al.*, 2006).

Embora atualmente já existam inúmeros estudos que comprovem a boa eficiência tanto de *A. mellifera* quanto de *Bombus* spp. na polinização de várias culturas agrícolas de grande relevância econômica no planeta, tanto em campo aberto quanto sob ambiente protegido (BANDA & PAXTON, 1991; FREE, 1993; STANGHELLINI *et al.*, 2002a,b; VELTHUIS & VAN DOORN, 2006; GUERRA SANZ, 2008), deve-se preferir o uso de espécies de abelhas nativas, localmente abundantes, como polinizadores à importação e introdução de espécies exóticas (HOGENDOORN, 2004; CRUZ & CAMPOS, 2009; GARÓFALO *et al.*, 2012). A introdução de espécies exóticas pode promover competições e hibridações com espécies nativas, trazer novas doenças e parasitas, bem como impactos negativos no equilíbrio do ecossistema local (SARAIVA *et al.*, 2012). Com relação ao gênero *Bombus*, apesar de no Brasil existirem algumas poucas espécies nativas, elas são bastante agressivas e não manejáveis até o presente momento, fatos esses que inviabilizam o seu uso na polinização (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2006; CRUZ & CAMPOS, 2009).

Uma solução natural para superar o problema da introdução de polinizadores exóticos seria o uso de abelhas nativas em programas racionais de polinização (DEL SARTO *et al.*, 2005). Nesse contexto, ao longo das últimas décadas também vem sendo desenvolvido, sob ambiente protegido, o manejo de alguns outros polinizadores adaptados a realidade local, e estes vêm provando ser tão ou até mais eficientes do que as abelhas *Apis mellifera* e *Bombus* spp. para determinadas culturas agrícolas (CRUZ *et al.*, 2005; DEL SARTO *et al.*, 2005; PALMA *et al.*, 2008a,b; BISPO DOS SANTOS, *et al.*, 2009; CRUZ, 2009).

Polinizadores como as abelhas sem ferrão (MALAGODI-BRAGA *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2004; 2005; DEL SARTO *et al.*, 2005; PALMA *et al.*, 2008a,b; ROSELINO *et al.*, 2010) e algumas espécies de abelhas solitárias, como por exemplo,

as pertencentes aos gêneros *Xylocopa* e *Amegilla* vêm sendo avaliados em seus locais de origem com relação à adaptação e eficiência para polinização de culturas agrícolas de forte interesse econômico em ambiente protegido (HOGENDOORN *et al.*, 2000; HOGENDOORN, 2004; HOGENDOORN *et al.*, 2006; BELL *et al.*, 2006; SADEH *et al.*, 2007).

Bons resultados já vêm sendo obtidos, porém ainda não se pode utilizar essas abelhas em larga escala (GARÓFALO *et al.*, 2012; VENTURIERI *et al.*, 2012), pois, para a maioria dessas abelhas, o único método atualmente disponível para a aquisição de ninhos é por meio da remoção dos mesmos em seu meio natural (DEL SARTO *et al.*, 2005). Programas racionais de criação, portanto, devem ser primeiramente desenvolvidos para produção em massa desses indivíduos antes deles serem utilizados comercialmente, e assim evitar um sério declínio da população silvestre (HOGENDOORN, 2004; DEL SARTO *et al.*, 2005; VELTHUIS & VAN DOORN, 2006).

É fundamental, portanto, para o sucesso dos cultivos agrícolas em casas de vegetação que, além da informação de quais polinizadores são efetivos para quais culturas, exista o conhecimento das espécies de abelhas nativas que são capazes de se adaptar bem ao confinamento em ambiente protegido (HOGENDOORN, 2004; CRUZ & CAMPOS, 2009). Por fim, o aperfeiçoamento de técnicas para o manejo específico de abelhas em casas de vegetação, para fins de polinização, pode trazer benefícios tanto para o produtor quanto para o ecossistema, através do comércio e aluguel de ninhos, que além de possibilitar um aumento na renda dos criadores de abelhas contribui para a conservação desses insetos (HOGENDOORN, 2004; VELTHUIS & VAN DOORN, 2006; CRUZ, 2009; CRUZ & CAMPOS, 2009; GARÓFALO *et al.*, 2012; VENTURIERI *et al.*, 2012).

No Brasil, vários trabalhos apontam o grupo dos meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão, como o de maior plasticidade dentre as abelhas sociais devido a grande diversidade de espécies contida nele (MALAGODI-BRAGA *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2004; 2005; DEL SARTO *et al.*, 2005; CRUZ & CAMPOS, 2009; HEARD, 1999; VENTURIERI *et al.*, 2012), cujas diferenças interespecíficas permitem com que haja uma seleção dos tipos mais adequados à polinização de determinada cultura agrícola e/ou tipo de casa de vegetação (SLAA *etal.*, 2006). Dessa

forma, a eficiência de um potencial polinizador depende de suas características biológicas em relação à espécie vegetal e ao ambiente no qual está sujeito (AMANO, 2004). Ainda com relação às abelhas sem ferrão, o fato delas serem incapazes de ferroar, constituírem colônias populosas e perenes, e apresentarem o potencial para criação em colmeias são características que colaboram com o sucesso de seu uso em ambiente protegido (MALAGODI-BRAGA *et al.*, 2004; SLAA *et al.*, 2006; VENTURIERI *et al.*, 2012).

1.2.3 Comportamento de abelhas em cultivo protegido

De modo geral, as abelhas normalmente possuem dificuldades para se adaptar a ambientes fechados (FREE, 1993; SLAA *et al.*, 2006). Principalmente nos primeiros dias após a introdução das colônias em casa de vegetação é normal que as abelhas não busquem as flores da cultura agrícola e apresentem comportamento de desorientação e de tentativa de fuga (FISHER & POMEROY, 1989; FREE, 1993; MALAGODI-BRAGA, 2002; CAUICH *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2004; ANTUNES, 2005). As abelhas possivelmente apresentam esse comportamento devido às temperaturas acima de sua condição ótima para forrageamento, ao próprio efeito do ambiente fechado, o qual limita seu espaço de voo, e ao material de revestimento da casa de vegetação, como, vidro, filmes plásticos ou tela, que também afeta o comportamento de orientação das abelhas, pois esses materiais podem variar em sua permeabilidade à luz ultravioleta (UV), a qual é utilizada pelas abelhas para orientação e navegação (FREE, 1993; CRUZ *et al.*, 2004; DYER & CHITTKA, 2004; VAN DER BLOM, 2010).

Normalmente, os primeiros dias após a introdução dos ninhos no interior da casa de vegetação correspondem ao período mais crítico para as abelhas (FREE, 1993; CRUZ *et al.*, 2004; ANTUNES, 2005; SLAA *et al.*, 2006). Nesses primeiros dias, várias abelhas saem do ninho logo no início da manhã, e apesar da desorientação provocada pela mudança de local dos ninhos, elas procuram se guiar pela luz do sol, que penetra pelo teto ou paredes transparentes ou semitransparentes da casa de vegetação, para tentar restabelecer suas antigas linhas de voo. Porém, essas abelhas acabam por se chocar contra a estrutura de revestimento da casa de vegetação que oferece uma barreira física que impede o acesso ao meio exterior. Poucas das abelhas que se chocam contra a tela são capazes de retornar ao ninho. A grande maioria continua durante boa parte do

dia, de maneira repetida, atirando-se contra o teto ou parede, ou apenas buscando brechas nesses materiais para tentar continuar sua atividade de forrageamento a distâncias maiores no meio exterior, até morrerem por exaustão (FREE, 1993; MALAGODI-BRAGA, 2002; CRUZ *et al.*, 2004; ANTUNES, 2005; SLAA *et al.*, 2006). Provavelmente esse comportamento resulta na morte, principalmente, das abelhas mais velhas e, portanto, experientes da colônia, sobre as quais recai a tarefa de forrageamento. Assim, depois da morte de várias campeiras e alguns dias de aclimatação, percebe-se uma grande diminuição desse comportamento de fuga (FREE, 1993; CAUICH *et al.*, 2004; ANTUNES, 2005).

Essa mudança comportamental pode ser explicada pela substituição das campeiras antigas por novas campeiras, que até o momento da introdução das colônias ainda não realizavam atividades de forrageamento e, portanto, não haviam ainda estabelecido suas linhas de voo. A partir desse momento, quando as abelhas se adaptam às condições impostas pelo tipo de cultivo protegido, iniciam-se as visitas florais ocasionais para depois se estabelecer o padrão normal de visitação, com coleta de recursos florais e polinização das flores (FREE, 1993; CAUICH *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2004; ANTUNES, 2005). A visitação se inicia nas flores mais próximas aos ninhos e logo depois ocorre a expansão da área de forrageamento no interior da casa de vegetação. Além disso, não só no período inicial como durante todo o tempo de confinamento, algumas abelhas saem do ninho em voos curtos e rápidos somente para realizar a limpeza do ninho, e assim, jogar fora o lixo, que se resumia principalmente a pedaços de larvas ou abelhas adultas mortas (CRUZ *et al.*, 2004).

Esse tempo de adaptação ao ambiente protegido e o início das atividades de forrageamento podem variar entre colônias da mesma espécie (MALAGODI-BRAGA, 2002; DEL SARTO *et al.*, 2005), variam também, principalmente, de acordo com a espécie de abelha utilizada (MALAGODI-BRAGA, 2002; HIGO *et al.*, 2004) e com o tipo de cobertura plástica utilizada em casas de vegetação (MORANDIN *et al.*, 2002). Dentre as abelhas até hoje estudadas, as espécies pertencentes ao gênero *Bombus* parecem ser as que sentem menos o confinamento (FISHER & POMEROY, 1989; GUERRA SANZ, 2008). Geralmente, elas rapidamente se adaptam ao ambiente protegido, iniciando logo os serviços de polinização. Entretanto, quando os ninhos de *Bombus* são recém introduzidos em casas de vegetação que possuem acesso ao meio

externo por janelas de ventilação, as forrageadoras, ao realizarem seus primeiros voos de orientação, podem ficar desorientadas e, se saírem desse ambiente, nunca mais voltar (GUERRA SANZ, 2008). No entanto, as operárias de *Bombus*, logo que a entrada do ninho é aberta, após sua introdução na casa de vegetação, geralmente saem e retornam em pouco tempo ao ninho com a realização de voos curtos de orientação sem apresentar nenhum comportamento de desorientação aparente. Essas abelhas raramente se chocam contra paredes e tetos plásticos na tentativa de fuga e, diferentemente das abelhas *A. mellifera*, as *Bombus* se adaptam muito bem a ambientes confinados de grande área ou de área pequena (FISHER & POMEROY, 1989; FREE, 1993).

Com relação às abelhas *A. mellifera*, já é prática comum deixar suas colônias por pelo menos sete dias para aclimação, onde essas abelhas aprendem a se orientar e a forragear nas flores sob cultivo protegido (HIGO *et al.*, 2004). Mesmo assim, em alguns casos, diante desse tipo de ambiente, as campeiras de *A. mellifera* podem apresentar alta mortalidade ou, ainda não conseguir polinizar as flores em consequência da desorientação, excitação e estresse provocados pelo próprio confinamento e falta de recursos alimentares suficientes para atender as necessidades dos indivíduos da colônia (FREE, 1993).

O período de adaptação ao cultivo protegido pode variar muito tanto entre espécies quanto entre colônias da mesma espécie de abelhas sem ferrão. Algumas espécies, como a *Nannotrigona perilampoides*, podem demorar de cinco dias até oito semanas para iniciarem a visitação constante às flores do tomate cultivado em casa de vegetação (MACIAS *et al.*, 2001; CAUICH *et al.*, 2004). Outras, como *Melipona quadrifasciata*, já no segundo dia após sua introdução começam a visitação das flores de pimenta (*Capsicum frutescens*) (CRUZ, 2009). Malagodi-Braga (2002), trabalhando com outras espécies de meliponíneos introduzidas também em casas de vegetação, para o cultivo de morango, observou que em colônias de *Tetragonisca angustula*, o tempo de aclimação variou de um dia a três semanas entre as colônias dessa espécie, enquanto que para *Nannotrigona testaceicornis* esse tempo foi de três dias. Surpreendentemente, ainda no mesmo experimento, um ninho natural de *Trigona spinipes*, que apresenta normalmente uma grande população que pode chegar a mais de 5.000 indivíduos, levou apenas quatro horas para iniciar a visitação de forma constante às flores do morangueiro. Entretanto, essas últimas abelhas apresentaram um grande inconveniente

quando, após nove dias de polinização bem sucedida, elas passaram a buscar alimento não mais nas flores, e sim diretamente nos morangos que se encontravam maduros, o que levou a destruição de diversos frutos (MALAGODI-BRAGA, 2002). Já Cruz *et al.* (2004) relatam que após sete dias de confinamento as abelhas jandaíra (*Melipona subnitida*) deram início à coleta dos recursos florais e, conseqüentemente, à polinização do pimentão.

Embora os meliponíneos, de forma geral, aceitem bem a vida em ambientes fechados, alguns podem não se adaptar às condições impostas por determinado tipo de casa de vegetação ou mesmo pela cultura agrícola em si (SLAA *et al.*, 2006). Malagodi-Braga (2002) observou que as espécies de abelhas sem ferrão *Schwarziana quadripunctata* e *Scaptotrigona bipunctata* não se interessaram pela cultura do morango cultivado sob ambiente protegido ou não foram capazes de se adaptar às condições impostas pelo tipo de casa de vegetação. Segundo Roselino (2005), outro motivo que pode influenciar na adaptação das abelhas sem ferrão ao ambiente protegido pode ser o fato da estrutura não propiciar uma altura ou “teto de voo” adequado para esses meliponíneos, os quais muitas vezes são acostumados a visitar flores nas copas de árvores com até 40 m de altura.

Como, normalmente, as abelhas com mais idade são as forrageadoras, as quais realizam a coleta dos recursos florais e já possuem certos hábitos e experiências previamente estabelecidas com relação ao ambiente anterior, é natural que elas apresentem uma maior dificuldade em se adaptar ao ambiente protegido (FREE, 1993; ANTUNES, 2005). Portanto, colônias constituídas principalmente por abelhas jovens e, conseqüentemente, inexperientes nas atividades de forrageamento tendem a sofrer menos sob cultivo protegido e a se adaptar mais rapidamente às condições de confinamento. Sendo assim, uma boa estratégia para driblar esses problemas de adaptação ao confinamento é a introdução de colônias preparadas somente com abelhas novas, as quais ainda não possuem experiências prévias de voo. Isso faz com que haja uma grande diminuição no número de abelhas desorientadas e tentando fugir, o que, por sua vez, diminui a perda populacional da colônia e encurta o tempo para o início do forrageamento nas flores, garantindo assim bons índices de polinização na área (FREE, 1993; CAUICH *et al.*, 2004).

Outra estratégia para tornar mais rápida a adaptação das colônias ao cultivo protegido é a utilização de um treinamento para a indução das campeiras à visitação das flores. Esse método consiste na utilização de xarope com uma essência atrativa (palma rosa ou eucalipto) às abelhas. Esse xarope é colocado em um alimentador na entrada das colônias. No momento em que mais de cinco abelhas pousam sobre o alimentador, o mesmo é sucessivamente afastado, até que toda a casa de vegetação seja percorrida. Além disso, pode-se colocar a essência em algumas flores distribuídas aleatoriamente por toda casa de vegetação, para que as campeiras tenham contato com flores espalhadas em vários cantos do ambiente protegido (ROSELINO, 2005). Porém, a utilização de espécies de abelhas que não necessitam de treinamento evita gastos com mão de obra para tal propósito. As abelhas *Bombus*, normalmente, não necessitam de nenhum tipo de treinamento já que as mesmas se adaptam rapidamente às condições de ambiente protegido e iniciam o forrageamento muitas vezes no mesmo dia em que são introduzidas (FISHER & POMEROY, 1989).

Mesmo colônias de *A. mellifera* ou de meliponíneos que passaram pela fase inicial de adaptação e já se encontram forrageando e polinizando a cultura alvo, normalmente, enfraquecem de forma rápida e, por sua vez podem não suportar por muito tempo a realização de um bom serviço de polinização, enquanto confinadas em casa de vegetação. Assim, existe uma preocupação sobre quanto tempo essas colônias conseguem manter-se em bom estado para continuar realizando os serviços de polinização de maneira eficiente, sem que haja prejuízos irreversíveis para as colônias e para o produtor (SABARA & WINSTON, 2003; DEL SARTO *et al.*, 2005).

As abelhas do gênero *Bombus* utilizadas comercialmente para polinização, inicialmente aumentam o número de operárias, mas esse se reduz ao longo do período em que a colônia passa enclausurada na casa de vegetação. Uma das principais causas para essa queda na população é a alimentação pobre em qualidade e quantidade disponível nesse ambiente, principalmente a alimentação protéica, pois normalmente junto aos ninhos que são comercializados é enviado também o alimento energético para suprir a demanda energética da colônia durante todo seu ciclo de vida. Outras causas responsáveis pela queda populacional são a flutuação de temperatura que ocorre no interior de alguns tipos de casa de vegetação e a própria característica evolutiva das colônias de *Bombus* de sobreviverem tipicamente entre oito e doze semanas, sendo que

essa última torna impossível a reutilização das mesmas colônias desse gênero em serviços de polinização posteriores, como já citado anteriormente (VELTHUIS & VAN DOORN, 2006).

Cauich *et al.* (2004) relatam que colônias de *N. perilampoides* suportaram bem as oito semanas de confinamento, porém foi notado um declínio na população de crias e abelhas adultas ao longo do período em que se encontraram em serviços de polinização da cultura do tomate sob ambiente protegido. Esse declínio populacional foi atribuído ao fato das abelhas sem ferrão necessitarem de boa diversidade de pólen, o que não é possível dentro de casas de vegetação.

Del Sarto *et al.* (2005) sugerem que as colônias da abelha sem ferrão *M. quadrifasciata* suportariam ficar em casas de vegetação para a realização de bons serviços de polinização da cultura do tomate durante 55 dias, sendo 15 dias para a aclimação das colônias ao ambiente protegido, acrescidos dos 40 dias de floração da cultura.

Essa perda de população é também comum em abelhas melíferas. Sabara *et al.* (2004) afirmam que colônias de *A. mellifera* apresentaram efeitos negativos na postura, com redução na quantidade de crias quando permaneceram por apenas três semanas na polinização do tomate em ambiente protegido. Cribb *et al.* (1993) notaram efeitos insalubres nas colônias de *A. mellifera* utilizadas na polinização do tomate sob ambiente protegido. Nesse mesmo experimento essas colônias apresentaram grande mortalidade de abelhas forrageadoras, principalmente durante a primeira semana, provavelmente devido a dificuldade de orientação dentro desse ambiente. Houve também redução na taxa de postura da rainha, a qual foi atribuída tanto ao próprio estresse do confinamento quanto à carência de pólen. Além do mais, devido ao estresse e à população enfraquecida pelo cultivo protegido, houve um maior nível de incidência e infestação de doenças e parasitas, os quais, normalmente, costumam conviver com as colônias em seu ambiente natural.

Em casas de vegetação que permitem o acesso das abelhas ao meio exterior, como as que possuem janelas de ventilação para controlar melhor a temperatura durante os meses de verão em locais de clima temperado, por exemplo, foi notado que o nível populacional das colônias de *A. mellifera* continuou a crescer durante todo o período em que se mantiveram enclausuradas, apesar da baixa visitação às flores do tomate que se

encontrava dentro do ambiente protegido. Esse fato ocorreu porque as abelhas saíam da casa de vegetação para forragear nas flores das várias espécies que se encontravam do lado de fora da casa de vegetação e retornavam com uma grande e colorida carga polínica em suas corbículas. Assim, essa fonte extra de proteína dava suporte às colônias para produção de crias e consequente manutenção do nível populacional. Entretanto, essas abelhas não garantiram o serviço esperado pelos produtores de tomate, que era a polinização adequada e, conseqüentemente o sucesso na produção de frutos (SABARA & WINSTON, 2003).

Sabara & Winston (2003) sugerem ainda que quantidades inadequadas de proteína, como decorrência do número insuficiente de flores para a população de *A. mellifera* contida na casa de vegetação, deve ter reduzido a produção de crias. Após 21 dias de confinamento já se percebia o número reduzido de larvas e pupas. Assim, esses autores aconselham que as unidades de polinização (colmeias reduzidas com apenas cinco quadros de cria) devem ser substituídas a cada três semanas ou se deve apenas substituir alguns quadros antigos por quadros novos contendo crias operculadas já prestes a emergir.

Um sistema de rotação, ou seja, a substituição de colônias que já se encontram fracas parece também ser uma prática interessante quando se utiliza tanto colônias de abelhas sem ferrão quanto de abelhas melíferas (SABARA & WINSTON, 2003; CAUICH *et al.*, 2004; PALMA *et al.*, 2008b). Para esse rodízio se deve programar a instalação e a substituição das colônias para que a cultura não fique sem polinização enquanto as abelhas estão se aclimatando com o ambiente protegido (HIGO *et al.*, 2004).

Higo *et al.* (2004) sugerem que na utilização de colmeias tipo Langstroth para polinização em cultivos protegidos se deve preparar, antes da introdução, colmeias contendo pelo menos 5 quadros de cria cobertos com abelhas adultas e uma quantidade adequada de mel (três ou quatro quadros). Esse manejo deve ser realizado, principalmente, quando esses insetos são utilizados na polinização de culturas agrícolas que não oferecem néctar como recurso floral, para que as colônias possam suportar o período de pelo menos um mês de polinização. Além disso, reservas de pólen devem ser mantidas se as colônias permanecerem nas casas de vegetação por longos períodos. Também é interessante o fornecimento de pólen ou algum substitutivo para as colônias

enquanto enclausuradas para compensar uma cultura que ofereça pouco ou mesmo não ofereça pólen (FISHER & POMEROY, 1989).

Colônias de *A. mellifera* bastante populosas normalmente apresentam maior dificuldade para adaptação em ambiente protegido e também aumentam o risco de acidentes pela sua alta defensividade. O ideal é que as colônias dessa espécie contenham em torno de 2.000 abelhas, e se elas ficarem fracas se pode adicionar quadros contendo crias já operculadas, com abelhas próximas a emergir. Quando esses quadros não acompanham uma quantidade suficiente de pólen para as crias não operculadas é ideal que se forneça pólen ou algum substitutivo deste. Ainda, as abelhas devem ser providas com xarope (água: açúcar), e água, a qual é fundamental para regulação da temperatura interna do ninho (FREE, 1993; SEELEY, 2006).

1.3 AS CUCURBITÁCEAS E A POLINIZAÇÃO

As cucurbitáceas são plantas anuais herbáceas, de hábito rasteiro que normalmente apresentam gavinhas, e são conhecidas principalmente pelos seus frutos tipo pepônio que, de acordo com cada espécie e variedade, possuem diversas formas, tamanhos, sabores, além de possuírem muitas sementes, que também apresentam um importante valor comercial. Dependendo da espécie, seus frutos podem ser consumidos crus (em saladas ou como sobremesas), cozidos ou em conserva como pickles (ALMEIDA, 2006).

A domesticação das cucurbitáceas está ligada ao surgimento da agricultura e, de certa forma, ao surgimento de várias civilizações humanas. Atualmente, as cucurbitáceas se encontram sob cultivo tanto em campo aberto quanto em casas de vegetação, o que faz com que essa família esteja entre as famílias de plantas mais cultivadas no mundo (BISOGNIN, 2002). Pertencentes à família Cucurbitaceae, essas plantas têm como representantes importantes olerícolas como, os vários tipos de abóbora (*Cucurbita* spp.), a melancia (*Citrullus lanatus*), o melão (*Cucumis melo*) e o pepino (*Cucumis sativus*), que juntas representam 20% da produção total de produtos olerícolas do mundo. A melancia é a mais importante das cucurbitáceas em nível mundial, com cerca de 40% da produção total, seguida do pepino com 27%, do melão com 20% e da abóbora com 13% (BARROSO *et al.*, 2007).

Para formação de frutos, com exceção de poucas variedades de pepino que apresentam partenocarpia natural (desenvolvimento do fruto de maneira assexuada), as cucurbitáceas cultivadas necessitam de polinização, a qual consiste na transferência de grãos de pólen contidos nas partes reprodutivas masculinas (anteras) de uma flor para a parte reprodutiva feminina (estigma) da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie (DELAPLANE & MAYER, 2000). Por terem como característica da família grande quantidade de óvulos e, por possuírem grãos de pólen pesados e pegajosos (MUSSEN & THORP, 1997), além de também apresentarem, em sua maioria, separação espacial entre as partes reprodutivas masculinas e femininas, faz-se necessário a presença de agentes bióticos para realização dos processos de polinização, já que essas características apresentadas acima evitam que uma planta consiga se autopolinizar, ou mesmo ser polinizada com a ajuda do vento (agente abiótico) (FREE, 1993; DELAPLANE & MAYER, 2000; SOUSA *et al.*, 2009). Essa separação espacial nas flores das cucurbitáceas pode ocorrer de duas formas, na primeira, as partes reprodutivas masculinas e femininas podem se localizar na mesma flor, porém não existe nenhuma forma de contato entre elas, já na segunda forma, as partes reprodutivas masculinas e femininas se encontram em flores distintas, assim, apresentando flores estaminadas (masculinas) e flores pistiladas (femininas) separadamente dentro de uma mesma planta (MUSSEN & THORP, 1997).

Dentre os agentes bióticos, as abelhas são conhecidas por serem os principais polinizadores das cucurbitáceas (BARROSO *et al.*, 2007). Portanto, torna-se imprescindível que durante o período de florescimento dessas culturas existam agentes polinizadores adequados e suficientes para garantir a polinização, fundamental para formação de frutos como, melão, melancia, algumas variedades de pepino, abóbora e abobrinha, já que essas são consideradas essencialmente dependentes de polinizadores bióticos, onde a ausência desses polinizadores pode acarretar em perda de 90% ou mais na produção de frutos (KLEIN *et al.*, 2007; SOUSA *et al.*, 2009; SERRA & CAMPOS, 2010).

Isso mostra que fatores de produção como a correção e adubação do solo, plantio das melhores sementes e mudas, sistemas de irrigação automatizados, além do controle de pragas e doenças podem não ser suficientes para se atingir uma produção satisfatória de frutos em cucurbitáceas. Todos esses investimentos não garantirão retorno financeiro

caso o produtor não consiga o seu produto final (HODGES & BAXENDALE, 2007). Dessa forma, seria insensato ao produtor rural negligenciar a polinização como fator de produção agrícola, já que a mesma é imprescindível para maximizar a produtividade e, conseqüentemente a lucratividade do cultivo de cucurbitáceas (REYES-CARRILLO *et al.*, 2009).

1.4 POLINIZAÇÃO NA CULTURA DA MELANCIA

1.4.1 Origem e importância da melancia

Acredita-se que a melancia atual [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] descende de formas de melancias primitivas, nativas de regiões secas do continente africano. Têm-se os povos egípcios como responsáveis pelo início de sua domesticação e melhoramento, os quais cultivam essa cultura há pelo menos 4000 anos. Algum tempo depois de sua domesticação, seu cultivo se expandiu ao Oriente Médio, Índia e China, e somente chegou à Europa por volta do século XIII. No século XVIII foi levada por colonizadores europeus aos EUA, onde por meio de programas de melhoramentos foram desenvolvidas novas variedades bem mais produtivas (MOHR, 1986; ALMEIDA, 2006).

No Brasil, onde o seu cultivo é praticado desde muitos anos, essa cultura foi introduzida em dois momentos distintos. O primeiro momento aconteceu durante o século XVI por meio de sementes trazidas pelos escravos africanos. Já o segundo, ocorreu em meados do século XX no município de Americana em São Paulo, onde foram introduzidas variedades melhoradas geneticamente vindas dos EUA e Japão (VILELA *et al.*, 2006).

A melancia, como outras cucurbitáceas, é cultivada pelos seus frutos e sementes. Sabe-se que seus frutos adocicados e suculentos são muito apreciados em sua forma fresca durante cafés da manhã, como sobremesas, e também na forma de suco. Porém, em alguns lugares do mundo a melancia pode ser aproveitada, ainda, de diversas outras formas, como, por exemplo, para fazer bebidas alcoólicas, como fonte de água em regiões áridas e até mesmo na alimentação animal. Muitos povos também utilizam as sementes para consumo, as quais podem ser ingeridas assadas ou usadas para fazer pão

com base na sua farinha (MOHR, 1986; NJOROGE *et al.*, 2004). As sementes da melancia podem, ainda, ser aproveitadas como um vermífugo natural (ALMEIDA, 2006).

Do ponto de vista social, a cultura da melancia é uma importante atividade geradora de emprego e renda no campo, haja vista a necessidade intensiva de mão de obra para realização dos tratos culturais. Além do mais, a facilidade de cultivo possibilita a sua prática por pequenos, médios e grandes olericultores (SOUZA *et al.*, 2008).

Atualmente, segundo os dados da FAO, a produção mundial dessa cucurbitácea em 2010 foi de mais de 89 milhões de toneladas, sendo utilizada para essa produção uma área de aproximadamente três milhões de hectares. Os cinco maiores produtores mundiais são China, Turquia, Iran, Brasil e EUA, que juntos representam quase 76 % da produção mundial de melancia, sendo que a China sozinha é responsável por mais de 83% desse montante (FAOSTAT, 2010). No Brasil, o valor da produção dessa olerícola no ano de 2010 alcançou 823,76 milhões de reais, resultado da produção de mais de dois milhões de toneladas de frutos em uma área de 94.946 ha (IBGE, 2010).

Apesar de figurar entre os quatro maiores produtores de melancia do mundo, o Brasil ocupa a 46^a colocação em produtividade, a qual tem sua média em torno de 21,5t/ha (FAOSTAT, 2010; IBGE, 2010). Isso revela uma situação problemática, pois sua produtividade encontra-se abaixo da média mundial que é de mais de 28 t/ha (FAOSTAT, 2010). Se a produtividade brasileira tivesse níveis equivalentes aos de países europeus, como por exemplo, Grécia, Espanha e França, que se encontram entre os países com as melhores níveis de produtividades do mundo, o Brasil precisaria de apenas 44% da área plantada no ano de 2010 para igualar a mesma quantidade produzida no mesmo ano (FAOSTAT, 2010). Uma das causas para essa baixa produtividade nacional é o déficit de polinização encontrado na maioria das áreas agrícolas no país (FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

A demanda por produtos alimentícios de alta qualidade cresceu regularmente nos países desenvolvidos, o que provocou importantes aumentos no consumo, principalmente de frutas frescas. Além disso, a ênfase nos cuidados com a saúde ligado aos aspectos nutritivos dos alimentos é outro fator que tem contribuído para a ampliação do consumo dessas frutas frescas. O consumo se dá durante o ano todo, mesmo nos

períodos em que não é possível a produção de frutos de melancia nestes países, o que leva à procura, em mercados externos, de produtos com o mesmo padrão de qualidade e aceitação pelos seus consumidores (DIAS *et al.*, 2010).

Mesmo com apenas pouco mais de 2% da produção nacional destinada ao mercado externo no ano de 2008, o Brasil ficou entre os dez maiores exportadores de melancia do mundo (AGRIANUAL, 2010). Esse posicionamento como grande exportador de melancia é devido às condições favoráveis ao desenvolvimento dessa cultura no país, principalmente na região Nordeste, que vem despontando no cultivo dessa olerícola, visto que esta região dispõe de elevada luminosidade (2.000 a 3.000 horas/ano), altas temperaturas (24° a 32°C) durante o ano inteiro, e baixos índices pluviométricos (500 mm/ano), concentrados principalmente em limitada estação chuvosa (ANGELOTTI & COSTA, 2010). Somado a isso, a adaptação de sistemas e técnicas de cultivo específicas propiciaram a produção de frutos de melancia padrão exportação, atendendo às exigências do mercado europeu (VILELA *et al.*, 2006; DIAS *et al.*, 2010).

1.4.2 Tendências de mercado

A melancia convencional é um fruto muito apreciado pelo consumidor brasileiro, mas que, muitas vezes, é rejeitado em função do seu tamanho, e pela dificuldade em seu transporte, e acondicionamento nas geladeiras domésticas. Assim, estas são preferidas principalmente por hotéis e restaurantes, e também por supermercados brasileiros para o comércio em fatias, a qual parece ser uma opção não tão bem aceita pelos consumidores, de um modo geral. Então, para atender consumidores cada vez mais exigentes, melhoristas e produtores estão investindo em novas variedades que se adaptem a essas novas tendências de mercado. Características como a ausência de sementes e frutos pequenos têm sido demandado pelas famílias modernas, cada vez menores, pois frutos menores ocupam menos espaços e são consumidos mais rapidamente de maneira fresca, evitando estragos e desperdícios (QUEIRÓZ *et al.*, 1999; GONÇALVES *et al.*, 2009).

As variedades de minimelancia sem semente, dentro desse contexto, atingem a preferência dos consumidores europeus, que é por frutos com ausência de sementes, com peso de até 1,5 kg e no máximo 20 cm de diâmetro, o que é, por exemplo,

suficiente para servir dois adultos ou quatro crianças durante o café da manhã (VILELA *et al.*, 2006). Além do mais, esse tipo de fruto alcança maiores preços no mercado para exportação e vendas em redes de supermercados locais (KARASAWA *et al.*, 2008). Por esses motivos se torna viável seu cultivo também em casas de vegetação, que é outra tendência atual em nosso país (CAMPAGNOL *et al.*, 2010; ISHIKAVA & FIGUEIREDO, 2011).

1.4.3 Técnicas para produção de melancias sem semente

Para o cultivo de melancia sem semente (triplóides; $n=33$) é necessário o plantio de variedades com semente (diplóides; $n=22$) na mesma área, as quais funcionam como doadoras de pólen (variedades polinizadoras), pois as variedades triplóides têm número de cromossomos assimétricos, fato esse que impede uma produção suficiente de grãos de pólen viáveis (MAYNARD & ELMSTRON, 1992; SOUZA *et al.*, 1999). Já as variedades diplóides possuem grãos de pólen viáveis que são capazes de germinar e emitir tubo polínico mesmo no estigma de flores pistiladas das variedades triplóides e, conseqüentemente, capazes de promover a liberação de fitormônios que ativam o mecanismo de partenocarpia, responsável pelo crescimento e desenvolvimento dos frutos (TAIZ & ZEIGER, 2004; FREEMAN *et al.*, 2007).

Por esse motivo, para evitar baixos rendimentos gerados por possíveis déficits de polinização em áreas de melancia triplóides é ideal que se utilize uma proporção ou frequência de 20 a 33% de plantas diplóides (doadoras), ou seja, razões entre plantas triplóides e diplóides de 4:1, 3:1 ou 2:1, com uma distância não maior do que 4,5 m entre esses dois tipos de melancia (NeSMITH & DUVAL, 2001; FIACCHINO & WALTERS, 2003). Além disso, o arranjo em que esses dois tipos de melancia são plantadas ou transplantadas no campo também afeta o rendimento da produção de frutos sem semente ($3n$).

Desse modo, plantas triplóides e variedades polinizadoras ($2n$) podem ser plantadas em linhas separadas ou plantadas dentro da mesma linha. O método do plantio em linhas separadas estabelece uma linha inteira plantada com indivíduos diplóides para cada duas a quatro linhas inteiras plantadas com indivíduos triplóides. Já o plantio de indivíduos doadores de pólen ($2n$) na mesma linha dos indivíduos triplóides pode ser feito para reduzir a distância entre ambos os tipos de melancia. Para isso, pode-se

plantar um indivíduo diplóide a cada duas a quatro covas, lugar este que normalmente iria ser ocupado por um indivíduo triplóide, ou interplantar indivíduos diplóides ($2n$) entre as covas de indivíduos triplóides ($3n$), o que reduz pela metade o espaçamento entre esses indivíduos a cada dois a quatro indivíduos triplóides dentro da mesma linha, dependendo da razão triplóide:diplóide escolhida (DITTMAR *et al.*, 2010). Esse último padrão de arranjo maximiza, assim, a presença da variedade sem semente na área, e conseqüentemente a produção de frutos sem semente por área (FREEMAN *et al.*, 2007). Para esse método é ideal que se utilize variedades diplóides já melhoradas e desenvolvidas para esse tipo de arranjo, ou seja, variedades doadoras de pólen que não atrapalhem o desenvolvimento das plantas triplóides adjacentes já que o espaçamento entre elas foi reduzido pela metade, e que também produzam mais flores estaminadas por planta e grãos de pólen por estames (FREEMAN *et al.*, 2007).

Para os dois primeiros métodos descritos acima é importante se utilizar variedades diplóides que produzam frutos comercializáveis, já que até 33% dos frutos produzidos nessas áreas de melancia sem semente serão dessas variedades com semente ($2n$). As variedades doadoras de pólen ($2n$) devem ter padrão de coloração da casca diferente das variedades triplóides para que se possa fazer a separação e comercialização adequada para cada tipo de fruto produzido (MAYNARD & ELMSTRON, 1992).

Todo esse manejo diferenciado no plantio de melancias sem semente, ainda assim não garante real produção de frutos, pois é indispensável a presença das abelhas, já que essas têm papel fundamental na transferência dos grão de pólen providos pelas variedades diplóides para o estigma das flores pistiladas triplóides, o que conseqüentemente promove a produção dos frutos esperados (MAYNARD & ELMSTRON, 1992). Além do mais, para a produção de melancias sem semente as flores pistiladas necessitam de um número muito maior de visitas de seus polinizadores do que se exige na produção da melancia convencional para que se atinja a quantidade ideal de grãos de pólen viáveis em seu estigma, pois nesse sistema as abelhas inevitavelmente, em uma mesma visita, transferem às flores pistiladas tanto grãos de pólen viáveis (oriundos das flores estaminadas diplóides), como grãos de pólen inviáveis (oriundos das flores estaminadas triplóides), que não contribuem em nada para o vingamento e desenvolvimento dos frutos (WALTERS, 2005).

1.4.4 Biologia floral

1.4.4.1 Características das flores e recursos ofertados

A melancieira pode apresentar dois tipos de expressão sexual: a monoícia, quando ocorrem flores unissexuais na mesma planta, ou seja, flores estaminadas (masculinas) e pistiladas (femininas), característica que predomina na grande maioria das variedades comerciais; ou a andromonoícia, quando ocorrem flores estaminadas (masculinas) e perfeitas (hermafroditas) na mesma planta, fato que acontece em apenas 5% dos casos (McGREGOR, 1976; FREE, 1993; DELAPLANE & MAYER, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

As flores da melancieira de ambos os sexos (estaminadas e pistiladas) se desenvolvem no mesmo ramo, normalmente a partir do terceiro nó, e surgem nas axilas foliares, geralmente de forma solitária, ou seja, apenas uma flor em cada axila (McGREGOR, 1976; MOHR, 1986; SOUZA *et al.*, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2011). Nos ramos menos vigorosos, ou no início da floração, as flores são relativamente pequenas, mas logo depois são produzidas flores maiores que tem em média 2,5 cm de diâmetro, mas podem chegar a mais de três centímetros em algumas variedades (WOLF *et al.*, 1999; NASCIMENTO *et al.*, 2011). O pedicelo ou pedúnculo é longo e delgado nas flores masculinas, e curto e grosso nas femininas (SOUZA *et al.*, 2008). A corola é ligeiramente tubular, porém rasa, com cinco pétalas, fundidas apenas na base, de cores amarelas ligeiramente esverdeadas que vão desbotando ao longo do dia, ficando assim, com cores mais pálidas devido a todo o período de exposição ao sol (McGREGOR, 1976; MOHR, 1986; DELAPLANE & MAYER, 2000). Essas características apresentadas apontam para uma síndrome de polinização melitófila (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979).

As flores estaminadas ou masculinas possuem apenas três estames separados e bem expostos aos visitantes, localizados no centro da flor, contornando o nectário foral, também facilmente acessível aos visitantes, que se encontra na base da corola (MOHR, 1986; STANGHELLINI *et al.*, 2002a). Cada estame é formado por um filete que sustenta uma antera com abertura longitudinal, por onde são liberados os grãos de pólen. A deiscência das anteras e a então liberação dos grãos de pólen nas flores estaminadas da melancieira ocorrem geralmente antes mesmo do início da antese, no

entanto, estes grãos de pólen permanecem aderidos às anteras até que sejam removidos por visitantes florais (MOHR, 1986; DELAPLANE & MAYER, 2000). Isso ocorre devido à presença do *pollenkitt*, uma substância oleosa que reveste a superfície dos grãos de pólen os deixando pegajosos e unidos em grande número, fato esse que dificulta seu transporte pelo vento, mas que facilita sua aderência aos corpos dos visitantes florais e conseqüentemente seu transporte em massa pelos polinizadores até o estigma de uma flor. Além disso, o odor emitido pelo *pollenkitt* também tem um importante papel na atração de visitantes florais (PACINI & HESSE, 2005). Em média, dependendo da variedade, são produzidos aproximadamente de 26 mil a 37 mil grãos de pólen por flor estaminada de melancias diplóides (STANGHELLINI & SCHULTHEIS, 2005). Dessa forma, esse tipo de flor oferta aos seus visitantes tanto néctar (fonte energética) quanto pólen (fonte de proteínas, vitaminas, minerais e lipídeos) (MUSSEN & THORP, 1997; AZO' O ELA *et al.*, 2010).

Facilmente se distingue as flores estaminadas das pistiladas, já que as flores pistiladas apresentam um ovário bem proeminente, que se parece com seu fruto na forma final, porém ainda de tamanho mínimo (SOUZA *et al.*, 2008). Seu ovário pode variar de tamanho e formato dependendo da variedade e do ramo da planta em que surge (MOHR, 1986). Esse tipo floral apresenta um único ovário ínfero, pluriovular, tricarpelar e unilocular (dividido em falsos lóculos) (NASCIMENTO *et al.*, 2011; TSCHOEKE *et al.*, 2011), ligado a um estilete grosso e bem curto que contém em seu ápice um estigma adesivo dividido em três lóbulos grandes, e ao redor do estilete, na base interna da corola, encontra-se o nectário raso, bem acessível aos visitantes florais (MANN, 1943; STANGHELLINI *et al.*, 2002b). A superfície desses lóbulos se encontra recoberta por exsudatos estigmáticos, o que a deixa bem úmida antes mesmo de ser polinizada. Logo após o processo de polinização se percebe um aumento considerável do volume desses exsudatos, que acabam por fornecer um meio ideal para a germinação dos grãos de pólen de melancia. Dessa maneira, em aproximadamente uma hora após a polinização, esses grãos germinam e seus tubos polínicos começam a penetrar no estilete, caminhando assim para o processo de fertilização dos inúmeros óvulos (HAWKER *et al.*, 1983).

Como recurso, as flores pistiladas ofertam somente néctar aos seus visitantes (AZO' O ELA *et al.*, 2010). O volume de néctar das flores de melancia de ambos os

sexos é muito baixo, porém sua concentração média varia de aproximadamente 18% a 50% em algumas variedades (WOLF *et al.*, 1999; TAHA & BAYOUMI, 2009). A composição dos fluidos nectaríferos não se altera mesmo após a polinização, mas podem ocorrer flutuações na concentração de açúcar do néctar ao longo do dia (HAWKER *et al.*, 1983). Taha & Bayoumi (2009) relataram uma pequena diferença entre a concentração de açúcar no néctar de flores estaminadas e pistiladas, uma vez que as flores estaminadas apresentaram néctar com concentração de 18,45%, enquanto as flores pistiladas, 19,24%. Acredita-se que a melancieira seja capaz de repor o néctar de suas flores após o mesmo ser coletado pelos seus visitantes, pois tanto as flores estaminadas quanto as flores pistiladas recebem inúmeras visitas enquanto se encontram abertas (ELMSTROM & MAYNARD, 1990). Essa hipótese é reforçada pelo fato de uma flor pistilada de melancia requerer múltiplas visitas para formação de seus frutos (ADLERZ, 1966; STANGHELLINI *et al.*, 1998a).

1.4.4.2 Período de florescimento e proporção de flores estaminadas:pistiladas

A temperatura influencia diretamente nas várias fases de desenvolvimento da melancieira, incluindo a fase de florescimento, a razão de flores estaminadas e pistiladas, a antese, o tamanho do ovário, a receptividade do estigma, a viabilidade polínica, o crescimento do tubo polínico, o número de óvulos e a maturação dos frutos, tendo, assim, seu melhor rendimento em temperaturas entre 25°C e 35°C (SEDGLEY & BUTTROSE, 1978; GUERRA-SANZ, 2008).

A fase de florescimento pode iniciar com 30 até mais de 60 dias após a semeadura, tendo nas regiões de temperatura mais elevada um início mais precoce do que nas regiões de temperaturas inferiores (MALERBO-SOUZA *et al.*, 1999; SOUZA & MALERBO-SOUZA, 2005; GICHIMU *et al.*, 2008; TAHA & BAYOUMI, 2009; AZO'O ELA *et al.*, 2010). Após o início do florescimento, as plantas continuam emitindo flores durante toda sua fase de crescimento e desenvolvimento do fruto (CUNNINGHAM, 1939). A duração dessa fase pode variar de 30 dias a mais de 60 dias (MALERBO-SOUZA *et al.*, 1999; NJOROGÉ *et al.*, 2004; SOUZA & MALERBO-SOUZA, 2005; TAHA & BAYOUMI, 2009; AZO'O ELA *et al.*, 2010). Apesar de Mohr (1986) afirmar que, diferentemente dos outros membros da família cucurbitácea, a melancia não tem picos de florescimento, outros trabalhos mostram o contrário. Alguns

mostram um pico de florescimento dessa cultura entre 15 e 40 dias após início do florescimento, o qual perdura por pelo menos uma semana (NJOROGÉ *et al.*, 2004; TAHA & BAYOUMI, 2009; AZO' O ELA *et al.*, 2010).

O número de flores estaminadas produzidas por uma planta é bem maior do que o de flores pistiladas, de modo que, durante a fase de florescimento sua razão média é de cinco a treze flores masculinas para cada flor feminina (NJOROGÉ *et al.*, 2004; SOUZA & MALERBO-SOUZA, 2005; GUERRA-SANZ, 2008; TAHA & BAYOUMI, 2009). Existe, além disso, um incremento na emissão de flores masculinas com o aumento da temperatura. Enfim, a razão entre as flores estaminadas e pistiladas pode variar de acordo com a cultivar, condições ambientais e vingamento do primeiro fruto (SEDGLEY & BUTTROSE, 1978).

A duração do período de emissão de flores estaminadas e pistiladas difere entre si, já que as flores pistiladas surgem normalmente depois e encerram seu ciclo antes do ciclo das flores estaminadas (NJOROGÉ *et al.*, 2004; GICHIMU *et al.*, 2008). As primeiras flores estaminadas são emitidas entre três a doze dias antes das primeiras flores pistiladas surgirem (SOUZA *et al.*, 2008; GICHIMU *et al.*, 2008). A flor pistilada e a flor estaminada localizada na axila foliar logo abaixo a essa, normalmente, abrem no mesmo dia (MOHR, 1986; KWON *et al.*, 2005). A condição fisiológica e o número de frutos vingados em uma planta também determinam o número de flores pistiladas que serão emitidas (CUNNINGHAM, 1939; MOHR, 1986).

O botão floral atinge sua maturidade, e conseqüentemente a fase da antese por volta do quinto dia após o seu aparecimento na axila foliar, contudo esse período pode variar em função da cultivar e das condições climáticas (FERREIRA, 2005). O horário de abertura e fechamento, assim como o tempo total em que essas flores permanecem abertas podem variar entre as flores estaminadas e pistiladas, entre variedades, e principalmente de acordo com as condições climáticas e ambientais em que são cultivadas (TSCHOEKE *et al.*, 2011). Em regiões mais quentes tanto a abertura quanto o fechamento das flores tendem a ser mais precoces (FREE, 1993; GUERRA-SANZ, 2008). De uma maneira geral, pode-se dizer que as flores iniciam a abertura e a expansão da corola logo nas primeiras horas de sol e permanecem abertas durante toda a manhã, até que se fecham definitivamente durante o início da tarde (MCGREGOR, 1976; STANGHELLINI *et al.*, 2002a,b; AZO' O ELA *et al.*, 2010; TSCHOEKE *et al.*,

2011). A expansão e retração da corola se comportam da seguinte maneira: logo após o início de sua abertura a corola chega à forma de taça, e continua sua expansão passando em poucas horas para o formato de um prato, e quando finalmente atinge sua plena expansão apresenta a forma de um guarda-chuva invertido. Após esse período que dura em torno de quatro horas, a corola deixa de se expandir e começa a se retrair, passando novamente por todas as fases até se fechar e nunca mais tornar a abrir, mesmo quando não polinizada (FREE, 1993).

1.4.4.3 Período de atratividade aos visitantes florais

Tanto as flores estaminadas quanto as pistiladas permanecem atrativas ao longo de todo o período da antese, porém como a densidade de flores na cultura da melancia é baixa, as abelhas são facilmente atraídas por outras fontes mais recompensadoras nas proximidades (DELAPLANE & MAYER, 2000). A atividade das abelhas no campo é altamente dependente da temperatura, luminosidade e velocidade do vento (ELMSTROM & MAYNARD, 1990). Assim, a maior atividade destas ocorre em temperaturas entre 21°C e 39°C, com ótimo entre 28 °C e 30 °C (DIAS *et al.*, 2010). Logo, os horários de maior visitação às flores são entre 8h e 10h (FREE, 1993; ELMSTROM & MAYNARD, 1990; NJOROGE *et al.*, 2004; TAHA & BAYOUMI, 2009; AZO’O ELA *et al.*, 2010).

A coleta de néctar é bastante intensa e regular ao longo da antese, enquanto que a coleta de pólen é bem baixa e somente ocorre nas primeiras horas da antese (AZO’O ELA *et al.*, 2010).

1.4.4.4 Requerimentos de polinização

A falha no vingamento de um fruto, muitas vezes, é resultado de uma polinização inadequada, que é reflexo de um baixo número de óvulos fertilizados. Mesmo nas variedades triplóides é essencial uma polinização adequada para que haja uma produção suficiente de fitormônios que estimulem não só o vingamento, como também o bom desenvolvimento do fruto (MUSSEN & THORP, 1997). Assim, para que ocorra uma polinização ótima, que levará a formação de frutos dentro dos padrões comerciais, é necessário que os requerimentos de polinização da planta sejam atendidos (FREE, 1993).

Apesar de ser uma espécie tida como xenógama (polinização cruzada), a melancieira, é também uma planta autocompatível, ou seja, que aceita também, indiferentemente, a autogamia (polinização dentro da mesma flor) ou mesmo a geitonogamia (polinização entre flores diferentes de uma mesma planta) (ROBINSON & DECKER-WALTERS, 1997; DELAPLANE & MAYER, 2000).

As flores que são impedidas de serem visitadas por agentes bióticos, independentes de serem monóclinas (flores bissexuadas ou hermafroditas) ou díclinas (unissexuadas); e diplóides ou triplóides, não vingam fruto algum, de um modo natural (ADLERZ, 1966; SPANGLER & MOFFETT, 1979; STANGHELLINI *et al.*, 1997; 1998a,b; WALTERS, 2005), a não ser por aplicações de alguns tipos de substâncias químicas, como reguladores do crescimento, nos ovários dessas flores (HAYATA *et al.*, 1995). Portanto, as variedades de melancia que apresentam flores díclinas, as quais representam a grande maioria, necessitam de vetores bióticos capazes de transportar os grãos de pólen localizados nas flores estaminadas diplóides até as flores pistiladas (ADLERZ, 1966; MCGREGOR, 1976; SPANGLER & MOFFETT, 1979; FREE, 1993; STANGHELLINI *et al.*, 1997; 1998a,b; DELAPLANE & MAYER, 2000; WALTERS, 2005). Do mesmo modo, as variedades que possuem flores monóclinas (hermafroditas) apesar de serem autocompatíveis, ou seja, serem capazes de formar um fruto através da polinização com seu próprio pólen, também precisam dos mesmos vetores, já que a deiscência de suas anteras é voltada para o lado das pétalas, e não na direção do estigma, o que acaba por ocasionar uma barreira espacial que dificulta o contato direto entre os grãos de pólen e o estigma dentro da mesma flor (NJOROGE *et al.*, 2004; TSCHOEKE *et al.*, 2011).

O estigma permanece receptivo durante todo o momento em que as flores se encontram abertas, porém a receptividade ótima ou máxima acontece até cinco horas após a abertura floral (MCGREGOR, 1976; KWON, *et al.*, 2005). Por outro lado, temperaturas extremas podem reduzir os períodos de receptividade do estigma e a viabilidade polínica a apenas um pequeno intervalo da manhã (STANGHELLINI *et al.*, 2002b).

Os grãos de pólen permanecem viáveis desde o momento da deiscência das anteras até, pelo menos, o fechamento das flores. Contudo, temperaturas extremas e

baixa umidade pela manhã podem diminuir a viabilidade polínica em melancieiras diplóides (FREEMAN *et al.*, 2008).

Em apenas duas horas após abertas, as flores estaminadas já perdem mais de 65% de sua massa polínica inicial, e após quatro horas as flores estaminadas chegam ao seu limite máximo de depleção de grãos de pólen que é próximo a 80%. Esse fato se deve à intensa visitação das abelhas às flores ao longo do dia. Mesmo as abelhas coletoras de néctar acabam por se contaminar com bastante pólen das anteras das flores estaminadas, assim causando uma grande redução na quantidade de grãos de pólen disponível nas flores (WOLF *et al.*, 1999; STANGHELLINI *et al.*, 2002a). Isso revela que os maiores níveis de deposição de grãos de pólen no estigma das flores ocorrem nas primeiras duas ou três horas após a abertura floral (STANGHELLINI *et al.*, 2002b).

Apesar da depleção de grãos de pólen atingir seu máximo logo quatro horas após as flores abrirem, ainda continua a existir uma transferência de grãos de pólen ao estigma das flores após esse período, devido à transferência secundária de grãos de pólen. O mecanismo de transferência secundária de grãos de pólen acontece quando parte dos grãos que são retirados em visitas às flores estaminadas caem nas pétalas destas ou mesmo nas pétalas de flores pistiladas antes de alcançar seu estigma, e somente em visitas posteriores é que são transferidos das pétalas ao estigma (RAMOS *et al.*, 2011). Esse tipo de transferência ajuda a maximizar a polinização já que, segundo ADLERZ (1966), cada flor pistilada da melancieira necessita de 500 a 1000 grãos de pólen para formar um fruto de padrão comercial.

A polinização, o crescimento do tubo polínico e a fertilização são responsáveis pela liberação de substâncias naturais reguladoras do crescimento (hormônios vegetais ou fitormônios) que influenciam diretamente tanto no vingamento quanto no desenvolvimento dos frutos (TSCHOEKE *et al.*, 2011). Para o vingamento de um fruto sem deformações, uma flor pistilada deve estar com o estigma receptivo e receber pelo menos de 500 a 1000 grãos de pólen viáveis, oriundos das variedades diplóides, distribuídos uniformemente, de forma a cobrir toda a superfície dos três lóbulos estigmáticos. Essa necessidade de ter a massa polínica espalhada em cada lóbulo ocorre porque a maioria dos tubos polínicos cresce diretamente para baixo a partir do lóbulo em que os grãos de pólen foram colocados. Assim, é bastante comum que os grãos de pólen fertilizem os óvulos do carpelo logo abaixo do lóbulo onde foram depositados do

que um óvulo de qualquer outro carpelo (MANN, 1943; DELAPLANE & MAYER, 2000). Logo, uma quantidade insuficiente de pólen em um lóbulo do estigma poderá resultar em uma melancia assimétrica, com baixo valor de mercado. Assim, a saturação na polinização é uma estratégia importante para se produzir melancias uniformes (SANFORD & ELLIS, 2010; TSCHOEKE *et al.*, 2011).

Além dessas exigências citadas acima, o vingamento dos frutos é favorecido pela alta umidade do ar e pelo bom desenvolvimento dos ovários das flores que são obtidas em ramos vigorosos (MOHR, 1986). Assim, o número de visitas, o horário de visitação, o tamanho do ovário no momento da polinização, o vigor da planta e do ramo em que a flor polinizada está situada, além do número de frutos já vingados na planta contribuem para maiores percentuais de vingamento (SANFORD & ELLIS, 2010).

1.4.5 Polinizadores

1.4.5.1 Visitantes e polinizadores

As flores da melancieira são visitadas por uma gama de insetos por possuírem flores rasas e bem abertas, o que facilita o acesso desses visitantes aos seus recursos. Apesar de vários autores já relatarem a visitação de um vasto número de insetos, como as abelhas, vespas, formigas, borboletas, moscas, besouros, às flores da melancieira (MALERBO-SOUZA *et al.*, 1999; ELLIS & DELAPLANE, 2009; NJOROGÉ *et al.*, 2004; TAHA & BAYOUMI, 2009), as características morfológicas de suas flores apontam para uma forte tendência à melitofilia (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979; DELAPLANE & MAYER, 2000). Isso significa que esses outros insetos coletam recursos florais muitas vezes sem tocar nas partes reprodutivas das flores, ou mesmo quando tocam, visitam as flores ocasionalmente, sem contribuir ou contribuindo muito pouco no processo de polinização dessa cultura (MALERBO-SOUZA *et al.*, 1999; ELLIS & DELAPLANE, 2009; NJOROGÉ *et al.*, 2004; TAHA & BAYOUMI, 2009; SERRA & CAMPOS, 2010).

As abelhas mais utilizadas em plantios comerciais de melancia são *Apis mellifera* e algumas espécies pertencentes ao gênero *Bombus* (STANGHELLINI *et al.*, 2002b). Contudo, as abelhas nativas sociais sem ferrão e as solitárias de grande, médio e pequeno porte, também são importantes na polinização e consequente produção de

frutos de melancia ao redor do mundo (NJOROGE *et al.*, 2004; SOUZA & MALERBO-SOUZA, 2005; WINFREE *et al.*, 2007; TAHA & BAYOUMI, 2009).

A existência de habitats naturais que forneçam locais de nidificação e fontes de alimento nas proximidades dos campos com cultivo de melancia promove a presença espontânea de abelhas não manejadas nessas áreas durante o período de florescimento da cultura (KREMEN *et al.*, 2002; WINFREE *et al.*, 2007). Entretanto, principalmente em grandes áreas de monocultivo de melancia, onde os serviços de polinização oferecidos pelos ecossistemas nem sempre são capazes de atender a grande demanda de polinização dessa cultura, é comum a introdução de polinizadores manejáveis com a finalidade de garantir e maximizar a produção comercial de frutos e/ou sementes (KREMEN *et al.*, 2002).

1.4.5.2 Eficiência de polinização

Um polinizador dificilmente conseguirá transferir em uma única visita toda a quantidade de pólen requerida pelas flores de melancia (500 a 1000 grãos de pólen) para formação de frutos perfeitos. Sendo assim, suas flores dependerão de múltiplas visitas dos polinizadores para alcançar tamanha demanda (STANGHELLINI *et al.*, 1998a,b). O aumento no número de visitas resulta em um maior número de frutos por planta, além de frutos mais pesados e mais doces para as variedades triplóides, e frutos mais pesados, mais doces e com mais sementes em variedades diplóides (GUERRA-SANZ & SERRANO, 2008).

As flores da melancia são beneficiadas não só pelas múltiplas visitas das abelhas a uma mesma flor, fato que carrega uma grande quantidade de pólen às flores pistiladas, como também pelo tipo de movimentação realizada por essas abelhas dentro do plantio e durante a visita a uma flor, fato esse que define o modo da distribuição dos grãos de pólen dentro do plantio e sobre a superfície estigmática de uma flor (FREE, 1993; WALTERS & SCHULTHEIS, 2009; TSCHOEKE *et al.*, 2011).

A quantidade de grãos de pólen depositados no estigma de uma flor em apenas uma visita pode ser um bom indicativo da eficiência de um polinizador, pois a partir daí é possível estimar quantas visitas desse tipo de polinizador serão necessárias para completar a quantidade de grãos de pólen requeridos pela flor para o simples

vingamento de um fruto, como também, para o vingamento de um fruto perfeito (FREITAS, 1998; STANGHELLINI *et al.* 2002b).

Segundo Stanghellini *et al.* (2002b), cada visita de uma abelha *Bombus impatiens* e *Apis mellifera* é responsável por uma deposição média de, respectivamente, 150 e 55 grãos de pólenno estigma de uma flor de melancia. De acordo com Adlerz (1966) e Stanghellini *et al.* (1997), para o simples vingamento de frutos em cultivares de melancia convencional (2n), são necessárias no mínimo seis visitas de *Apis mellifera* às flores pistiladas.No entanto, as abelhas *Bombus impatiens* alcançaram esses mesmos níveis com apenas uma única visita (STANGHELLINI *et al.*, 1997). Já com relação ao número médio de sementes vingadas por fruto, foram necessárias um total de 18 visitas de *Apis mellifera* e 12 visitas de *Bombus impatiens* para se alcançar níveis equivalentes aos de flores sujeitas à polinização livre (STANGHELLINI *et al.*,1998b).

Em variedades de melancia sem semente (3n), a quantidade de visitas necessárias para formação de frutos é bem maior. A necessidade requerida passa a ser de 16 a 24 visitas de *Apis mellifera* para maximizar o vingamento e a produção de frutos sem semente em áreas de melancia triplóides com uma proporção ou frequência de 33% de plantas doadoras ou polinizadoras (2n). Isso representa mais do que duas vezes o número de visitas requeridas pelas variedades com semente (2n) para alcançarem resultados similares quando visitadas pela mesma espécie de abelha. Já que, como dito anteriormente, nesse sistema as abelhas acabam transferindo, em uma mesma visita às flores, tanto grãos de pólen viáveis (2n), como grãos de pólen inviáveis (3n), sendo que esses últimos não germinam e, portanto não emitem tubos polínicos, os quais são essenciais para produção de fitormônios e o conseqüente desenvolvimento dos frutos (WALTERS, 2005).

1.4.5.3 Introdução de polinizadores manejáveis em áreas de cultivo de melancia

Boa parte da produtividade das cucurbitáceas em escala comercial está relacionada com um manejo altamente tecnificado, incluindo a utilização de colmeias nas áreas, para a sua efetiva polinização. Entretanto, vê-se que em alguns locais, mesmo com o incremento atual crescente na área plantada e a conseqüente diminuição da vegetação nativa nos arredores, ainda assim, não é comum a introdução de polinizadores manejáveis em áreas de cultivos de cucurbitáceas, ficando esse serviço por conta dos

ninhos naturais existentes nos fragmentos de vegetação natural do entorno, o que muitas vezes não é suficiente para atender os requerimentos de polinização ao longo de toda área plantada (SIQUEIRA *et al.*, 2011).

Sem a introdução da densidade ideal de polinizadores, somente se alcançará um completo serviço de polinização em cucurbitáceas, em uma escala comercial, através de um somatório dos esforços da diversidade de espécies polinizadoras naturais que atuam na área, associadas a práticas amigáveis de polinização, como a conservação e/ou restauração de áreas naturais aliadas a outras práticas de manejo que visem minimizar os impactos negativos sobre estes insetos (WINFREE *et al.*, 2007; SERRA & CAMPOS, 2010).

Sendo assim, o serviço de polinização dirigida, ou seja, a introdução de polinizadores manejáveis em áreas agrícolas em plantios de melancia deve ser considerada um fator de produção fundamental durante o período de florescimento, para o aumento da produtividade da área e consequente melhoria na lucratividade desta atividade agrícola (TSCHOEKE *et al.*, 2011).

As abelhas são consideradas os mais importantes polinizadores das culturas agrícolas ao redor do mundo. Entre as mais de 20.000 espécies já catalogadas no planeta, somente algumas são manejadas comercialmente para a polinização de culturas agrícolas. As espécies de abelhas sociais são geralmente preferidas, principalmente devido à alta densidade de abelhas, que podem ser mantidas em uma mesma caixa racional, e pelo seu eficiente sistema de comunicação e recrutamento de campeiras para coleta de recursos florais (WINSTON, 2003; CRUZ & CAMPOS, 2009).

Apesar de algumas espécies de abelhas *Bombus* serem manejáveis e terem se mostrado mais eficientes na polinização da melancia, em nível de indivíduo, do que a própria *Apis mellifera* (STANGHELLINI *et al.*, 2002b), no Brasil as poucas espécies existentes desse gênero são bastante agressivas e ainda não manejáveis até o presente momento. Estes fatos inviabilizam o seu uso na polinização (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2006; CRUZ & CAMPOS, 2009).

Dentro desse contexto, a utilização de colônias de meliponíneos (abelhas sem ferrão) como polinizadores comerciais de culturas agrícolas se mostra bastante promissora. Alguns estudos já mostram potencialidade na criação, e no uso e eficiência de certas espécies de abelhas sem ferrão na polinização de culturas agrícolas

principalmente em ambiente protegido, porém a aplicação desse conhecimento, em nível comercial, ainda é incipiente (HEARD, 1999; MALAGODI-BRAGA *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2005; DEL SARTO *et al.*, 2005; SLAA *et al.*, 2006; CRUZ, 2009; ROSELINO *et al.*, 2010).

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLERZ, W.C. Honey bee visit numbers and watermelon pollination. **Journal of Economic Entomology**, v. 59, n.1, p.28-30, 1966.

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 520 pp., 2010.

AL-ATTAL, Y.Z.; KASRAWI, M.A.; NAZER, I.K. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. **Agricultural and Marine Sciences**, v. 8, n. 1, p. 21-26, 2003.

ALMEIDA, D.P.F. **Manual de culturas hortícolas, vol. II**. Lisboa: Editorial Presença, 304 pp., 2006.

AMANO, K. **Attempts to introduce stingless bees for the pollination of crops under greenhouse conditions in Japan**. Laboratory of Apiculture, National Institute of Livestock and Grassland Science, Japan, 2004. Disponível em: <<http://www.fftc.agnet.org/library.php?func=view&id=20110913145638>>. Acessado em: 04 out. 2012.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 142pp., 1999.

ANGELOTTI, F.; COSTA, N.D. Clima. **Sistema de produção de melão**. In: Embrapa Informática Agropecuária, 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 31 nov. 2012.

ANTUNES, O.T. **Abelha jataí como agente polinizador de cultivares de morangueiro em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 129pp., 2005.

AZO'O ELA, M.; MESSI, J.; TCHUENGUEM FOHOUE, F.N.; TAMESSE, J.L.; KEKEUNOU, S.; PANDO, J.B. Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* and its impact on pollination, fruit and seed yields of *Citrullus lanatus* at Nkolbisson (Yaoundé, Cameroon). **Cameroon Journal of Experimental Biology**, v. 6, n. 1, p. 41-48, 2010.

BANDA, H.J.; PAXTON, R.J. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. In: **VI International Symposium on Pollination**. Acta Horticulturae (ISHS) 288, p. 194-198, 1991.

BARROSO, M. R., MAGALHÃES, M.J., CARNIDE, V., MARTINS, S. **Cucurbitaceas de Trás-os-Montes**. Mirandela: Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte, 100 pp., 2007.

BELL, M.C.; SPOONER-HART, R.N.; HAIGH, A.M. Pollination of Greenhouse Tomatoes by the Australian Bluebanded Bee *Amegilla (Zonamegilla) holmesi* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 2, p.437-442, 2006.

BISOGNIN, D.A. Origin and evolution of cultivated cucurbits. **Ciência Rural**, v.32, n.5, p.715-723, 2002.

BISPO DOS SANTOS, S.A.; 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**, v. 8, n. 2, p. 751-757, 2009.

BRADBPEAR, N. Bees and their role in forest livelihoods: **A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products**. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations, 194pp. 2009.

CAMPAGNOL, R.; NOVOTNY, I.P.; MATSUZAKI, R.T.; MATTAR, G.K.; DONEGA, M.A.; MELLO, S.C. Sistemas de condução e espaçamento entre plantas no rendimento de minimelancia em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. S336-S342, 2010.

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

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, 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**, v. 387, p. 253-260, 1997.

CRIBB, D.M.; HAND, D.W.; EDMONDSON, R.N. A comparative study of the effects of using the honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 68, n. 1, p. 79-88, 1993.

CRUZ, D.O. **Biologia flora e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (CAMPO ABERTO) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (AMBIENTE PROTEGIDO) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais, Brasil.** Tese (Doutorado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 83 pp., 2009.

CRUZ, D.O.; CAMPOS, L.A.O. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 1-4, p. 5-10, 2009.

CRUZ, D.O.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S.; BOMFIM, I.G.A. Adaptação e comportamento de pastejo da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke)

em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 293-298, 2004.

CRUZ, D.O.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S.; BOMFIM, I.G.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1197-1201, 2005.

CUNNINGHAM, C.R. Fruit setting of watermelons. **American Society for Horticultural Science**, v. 37, p. 811-814, 1939.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop pollination by bees**. Cambridge: CABI, 344 pp., 2000.

DEL SARTO, M.C.L.; PERUQUETTI, 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**, v.98, p. 260-266, 2005.

DIAS, R.C.S.; CORREIA, R.C.; ARAÚJO, J.L.P. **Sistema de produção de melancia:Mercado.2010**.Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/mercado.htm>. Acesso em: 15 jul. 2012.

DITTMAR, P.J.; SCHULTHEIS, J.R.; MONKS, D.W. Use of commercially available pollenizers for optimizing triploid watermelon production. **HortScience**, v. 45, n. 4, p. 541-545, 2010.

DYER, A.G.; CHITTKA, L. Bumblebee search time without ultraviolet light. **The Journal of Experimental Biology**, v. 207, p. 1683-1688, 2004.

ELLIS, A.; DELAPLANE, K.S. An evaluation of Fruit-Boost™ as an aid for honey bee polliantion under conditions of competing bloom. **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v. 48, n. 1, p. 15-18, 2009.

ELMSTROM, G.W.; MAYNARD, D.N. Attraction of honey bees to watermelon with bee attractant. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 103, p. 130-133, 1990.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. Oxford: 3ª Ed. Pergamon Press, United Kingdom, 244 pp., 1979.

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. FREITAS, B.M.; PORTELA, J.O.B. (eds.). Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 19-25, 2004.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. **Crops database**, 2010. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 07 abr. 2012.

FERREIRA, M.A.J.F. **Técnicas de produção de sementes de melancia, via polinizações manuais controladas, em campo e casa-de-vegetação**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Circular Técnica, n. 40, 7 pp., 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/187028/1/ct040.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2012.

FIACCHINO, D.C.; WALTERS, S.A. Influence of diploid pollenizer frequencies on triploid watermelon quality and yields. **HortTechnology**, v. 13, n. 1, p. 58–61, 2003.

FISHER, R.M.; POMEROY, N. Pollination of greenhouse muskmelons by bumble bees (Hymenoptera: Apidae). **Entomological Society of America**, v. 82, n. 4, p. 1061-1066, 1989.

FREE, J.B. **Insect pollination of crops**. 2ª ed. London: Academic Press, 684 pp., 1993.

FREEMAN, J.H.; MILLER, G.A.; OLSON, S.M.; STALL, W.M. Diploid watermelon pollenizer cultivars differ with respect to triploid watermelon yield. **HortTechnology**, v. 17, n. 4, p. 518–522, 2007.

FREEMAN, J.H.; OLSON, S.M.; KABELKA, E.A. Pollen viability of selected diploid watermelon pollenizer cultivars. **HortScience**, v. 43, n. 1, p. 274-275, 2008.

FREITAS, B.M. Avaliação da eficiência de polinizadores potenciais. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Apicultura**, Confederação Brasileira de Apicultura, p. 105-107, 1998.

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

FREITAS, B.M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 4, p. 103-118, 2012.

GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B.E.. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GARÓFALO, C.A.; MATINS, C.F.; AGUIAR, C.M.L.; DEL LAMA, M.A. ALVES-DOS-SANTOS, I. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 9, p. 183-202, 2012.

GICHIMU, B.M.; OWUOR, B.O.; DIDA, M.M. Agronomic performance of three most popular commercial watermelon cultivars in kenya as compared to one newly introduced cultivar and one local landrace grown on dystric nitisols under sub-humid tropical conditions. **ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 3, n. 5-6, p. 65-71, 2008.

GONÇALVES, M.M.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B. **Produção de minimelancia em sistema orgânico no sul do rio grande do sul como alternativa para a diversificação das áreas de tabaco**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Circular técnica, n. 83, 5 pp. 2009. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30947/1/Circular-83.pdf>. Acesso em: 05jul. 2012.

GUERRA SANZ, J.M.. Crop pollination in greenhouses. In: **Bee pollination in agricultural ecosystems**. JAMES, R.R.; PITTS-SINGER, T.L. (eds.). New York: Oxford University Press, Inc., cap. 3, p. 27-47, 2008.

GUERRA SANZ, J.M.; SERRANO, A.R. Influence of honey bees brood pheromone on the production of triploid melon. **Proceedings of the IXth EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae**, INRA, p. 385-390, 2008.

HAWKER, J.S; SEDGLEY, M.; LOVEYS, B.R. Composition of stigmatic exudate, nectar and pistil of watermelon, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai, before and after pollination. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 10, p. 257-264, 1983.

HAYATA, Y.; NIIMI, Y. IWASAKI, N. Synthetic cytokinin-1-(2=chloro=4=pyridyl)-3-phenylurea (CPPU) - promotes fruit set and induces parthenocarpy in watermelon. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, n. 120, v. 6, p. 997-1000, 1995.

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

HIGO, H.A.; RICE, N.D.; WINSTON, M.L.; LEWIS, B. Honey bee (Hymenoptera: Apidae) distribution and potential for supplementary pollination in commercial tomato greenhouses during winter. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 2, p. 163-170, 2004.

HODGES, L.; BAXENDALE, F. **Bee pollination of cucurbit crops**. Horticulture, 2007. Disponível em:

<<http://elkhorn.unl.edu/epublic/pages/publicationD.jsp?publicationId=845#top>>.

Acesso em: 01 mai. 2012.

HOGENDOORN, K. On promoting solitary bee species for use as crop pollinators in greenhouses. In: **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (eds.), Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 213-221, 2004.

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**, v. 99, n. 3, p. 828-833, 2006.

HOGENDOORN, K.; STEEN, Z.; SCHWARZ, M.P. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses. **Journal of Apicultural Research**, v. 39, n. 1-2, p. 67-74, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - Culturas Temporárias e Permanentes**, Brasil, Rio de Janeiro, v. 37, 89 pp., 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; DE JONG, D.; SARAIVA, A.M. **Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices**. Ribeirão Preto: Holos, 112 pp., 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M.A. importância ecológica dos polinizadores. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 10, p. 203-212, 2012.

ISHIKAVA, S.M.; FIGUEIREDO, G. Olerícolas para cultivo em ambiente protegido. **Casa da Agricultura**, v. 14, n. 2, p. 24-25, 2011.

KARASAWA, M.; SILVA, N.C.; PIRES, M.M.M.L.; BATISTA, P.F.; PIMENTA, R.M.B.; DIAS, R.C.S.; ARAGÃO, C.A. Características produtivas de melancias “icebox” submetidos a diferentes coberturas do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S5710-S5716, 2008.

KEVAN, P.G. **Bees: biology & management**. Enviroquest Ltd., Cambridge, Ontario. 345 pp., 2007.

KEVAN, P.G.; VIANA, B.F. The global decline of pollinators services. **Biodiversity**, v. 4, n. 14, p. 3-8, 2003.

KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMER C.; TSCHARNTCKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London Biological Science**, v. 274, p. 303–313, 2007.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **PNAS**, v. 99, n. 26, p.16812-16816, 2002.

KWON, S.W.; JASKANI, M.J.; KO, B.R.; CHO, J.L. Collection, germination and storage of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) pollen for pollination under temperature conditions. **Asian Journal of Plant Science**, v. 4, n. 1, p. 44-49, 2005.

MACIAS, M.J.O.; QUEZADA-EUAN, J.J.G; PARRA-TABLA, V. Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, Mexico, In: **II Seminario Mexicano Sobre Abejas sin aguijón, Memorias**. QUEZADA-EUÁN, J. J G., MEDINA-MEDINA, L . & MOO-VALLE, H. (eds.), Mérida: Universidade Autónoma de Yucatán – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, p.119-124, 2001.

MALAGODI-BRAGA, K.S. **Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria xananassa* Duch. – Rosaceae)**. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 102pp., 2002.

MALAGODI-BRAGA, K.S; KLEINERT, A.M.P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Abelhas sem ferrão e polinização. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v.10, p.59-70, 2004.

MALERBO-SOUZA, D.T.; TADEU, A.M.; BETINNI, P.C.; TOLEDO, V.A.A. Importância dos insetos na produção de melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) – Cucurbitaceae. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p. 579-583, 1999.

MANN, L.K. Fruit shape of watermelons as affected by placement of pollen on the stigma. **Botanical Gazette**, v.105, p. 257-262, 1943.

MAYNARD, D.N.; ELMSTROM, G.W. Triploid watermelon production practices and varieties. **Acta Horticulturae**, v. 318, p. 169-173, 1992.

McGREGOR, S.E. **Insect Pollination of Cultivated Crop Plants**. Washington: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, (U.S.D.A. Hand-book) 496pp., 1976.

MOHR H.C. Watermelon Breeding. In: **Breeding Vegetable Crops**. BASSETT, M.J. (ed.), Connecticut: AVI Publishing Co., cap. 2, p. 37-66, 1986.

MORANDIN, L.A.; LAVERTY, T.M.; GEGEAR, R.J.; KEVAN, P.G. Effect of greenhouse polyethelene covering on activity level and photo-response of bumble bees. **The Canadian Entomologist**, v.134, p. 539-549, 2002.

MORAIS, M.M.; DE JONG, D.; MESSAGE, D.; GONÇALVES, L.S. Perspectivas e desafios para o uso das abelhas *Apis mellifera* como polinizadores no Brasil. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 10, p. 203-212, 2012.

MUSSEN, E.C.; THORP, R.W. **Honey Bee Pollination of Cantaloupe, Cucumber and Watermelon**. University of California, Cooperative Extension, 1997. Disponível em: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7224.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2012.

NABHAN, G.P.; BUCHMANN, S.I. Services provided by pollinators. In: **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. DAILY, G. (ed.), Washington: Island Press, cap. 8, p. 133-150, 1997.

NASCIMENTO, I.R.; SANTOS, L.B.; SANTOS, G.R.; ERASMO, E.A.L. Taxonomia e sistemática, centro de origem e morfologia da melancia. In: **Tecnologias para produção sustentável da melancia no Brasil**. SANTOS, G.R.; ZAMBOLIM, L. (eds.), Gurupi: Universidade Federal do Tocantins, cap. 1, p. 11-18, 2011.

NeSMITH, S.; J. DUVAL. Fruit set of triploid watermelon as a function of distance from a diploid pollenizer. **HortScience**, v. 36, n.1, p. 60–61, 2001.

NJOROGE, G.N.; GEMMILL, B.; BUSSMANN, R.; NEWTON L.E.; NGUMI, V.W. Pollination ecology of *Citrullus lanatus* at Yatta, Kenya. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 24, p. 73-77, 2004.

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

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v.14, n. 1, p. 140-151, 2010.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, p. 321–326, 2011.

PACINI E.; HESSE, M. Pollenkitt - its composition, forms and functions. **Flora**, v.200, n. 5, p. 399-415, 2005.

PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; MELÉNDEZ-RAMIREZ, V.; IRIGOYEN, J.; VALDOVINOS-NUÑEZ, G.R.; REJÓN, M. Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 1, p. 132-138, 2008a.

PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; REYES-OREGEL, V.; MELÉNDEZ; V.; MOO-VALLE, H. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea) **Journal of Applied Entomology**, v.132, p. 79–85, 2008b.

QUEIRÓZ, M.A.; DIAS, R.C.S.; SOUZA, F.F.; FERREIRA, M.A.J.F.; ASSIS, J.G.A.; BORGES, R.M.E.; ROMÃO, R.L.; RAMOS, S.R.R.; COSTA, M.S.V.; MOURA, M.C.C.L. Recursos genéticos e melhoramento de melancia no Nordeste brasileiro. In: **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro**. QUEIRÓZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (eds.), Petrolina-PE: Embrapa

Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg>. Online. Acesso em: 23 mai. 2012.

RAMOS, D.M.; CECALA, J.M.; LEONG, J.M. Secondary pollen transfer by honey bee (*Apis mellifera*) & native bee pollinators in watermelon (*Citrullus lanatus*). In: **Proceedings of 6th Annual Science Research Symposium**, 2011.

REIS, N.V.B. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Embrapa Hortaliças, Circular Técnica, n. 38, 16 pp., 2005.

REISSER JÚNIOR, C.; PEREIRA, J.F.M. **A técnica de cultivo protegido para aumento da lucratividade do produtor rural**. Artigo de Divulgação na Mídia (ADM), Embrapa Clima Temperado, 2008. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/artigo%20Reisser_ambprotg.pdf> Acesso em: 07 out. 2012.

REYES-CARRILLO, J.L.; CANO-RÍOS, P.; NAVA-CAMBEROS, U. Período óptimo de polinización de melón con abejas melíferas (*Apis mellifera* L.). **Agricultura Técnica en México**, v. 35, n. 4, p. 370-377, 2009.

ROBINSON, R.W.; DECKER-WALTERS, D.S. **Cucurbits**. Cambridge: CAB International, 226 pp., 1997.

ROSELINO, A.C. **Polinização em culturas de pimentão – *Capsicum annuum* por *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris* e de morango – *Fragaria xananassa* por *Scaptotrigona aff. depilis* e *Nannotrigona testaceicornis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 95pp., 2005.

ROSELINO, A.C.; BISPO DOS SANTOS, S.A.; BEGO, L.R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão

(*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010.

SABARA, H.A.; GILLESPIE, D.R.; ELLE, E.; WINSTON, M.L. Influence of brood, vent screening, and time of year on honey bee (Hymenoptera: Apidae) pollination and fruit quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 727-734, 2004.

SABARA, H.A.; WINSTON, M.L. Managing honey bees (Hymenoptera: Apidae) for greenhouse tomato pollination. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 3; p. 547-554, 2003.

SADEH, A.; SHMIDA, A.; KEASAR, T. The carpenter bee *Xylocopa pubescens* as an agricultural pollinator in greenhouses. **Apidologie**. v.38, p.508-517, 2007.

SANFORD, M.; J.D. ELLIS. **Beekeeping: Watermelon pollination**. EDIS article ENY-154/AA-091. University of Florida, IFAS, Gainesville, FL. 5 pp., 2010.

SARAIVA, A.M.; ACOSTA, A.L.; GIANNINI, T.C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MARCO JUNIOR, P. *Bombus terrestris* na América do Sul: Possíveis rotas de invasão deste polinizador exótico até o Brasil. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 10, p. 203-212, 2012.

SEABRA JÚNIOR, S.; PANTANO, S.C.; HIDALGO, A.H.; RANGEL, M.G.; CARDOSO, A.I.I. Avaliação do número e posição de frutos de melancia produzidos em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p.708-711, 2003.

SEDGLEY, M.; BUTTROSE, M.S. Some effects of light intensity, daylength and temperature on flowering and pollen tube growth in the watermelon (*Citrullus lanatus*). **Annals of Botany**, v. 42, p. 609-616, 1978.

SEELEY, T. D. **Ecologia da abelha: um estudo de adaptação na vida social**. Tradução de Carlos A. Osowski, Porto Alegre: Paixão, 256 pp., 2006.

SERRA, B.D.V; CAMPOS, L.A.O. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 153-159, 2010.

SIQUEIRA, K.M.M.; KILL, L.H.P.; GAMA, D.R.S.; ARAÚJO, D.C.S.; COELHO, M.S. Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.473-478, 2011.

SLAA, E.J.; SÁNCHEZ CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDÉ, F.E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006.

SOUSA, R.M; AGUIAR, O.S.; FREITAS, B.M; SILVEIRA-NETO, A.A; PEREIRA, T.F.C. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú- CE- Brasil. **Revista Caatinga**, n. 22, v. 1, p. 238-242, 2009.

SOUZA, F.F.; DIAS, R.C.S.; QUEIRÓZ, M.A. Aspectos Botânicos. In: **Cultivo da melancia em Rondônia**. SOUZA, F.F. (ed.), Porto Velho: Embrapa Rondônia, p. 11-15, 2008.

SOUZA, F.F.; MALERBO-SOUZA, D.T. Entomofauna visitante e produção de frutos em melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) – Cucurbitaceae. **Acta Scientiarum**, v.21, n. 3, p. 579-583, 2005.

SOUZA, F.F.; QUEIRÓZ, M.A.; DIAS, R.C.S. Melancia sem semente. Desenvolvimento e avaliação de híbridos triplóides experimentais de melancia. **Biociência**, v.9, n. 2, p. 90-95, 1999.

SPANGLER H.G., MOFFETT, J.O. Pollination of melons in greenhouses. **Gleanings in Bee Culture**, v. 107, n. 1, p. 17-18, 1979.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of cucumber and watermelon. **American Bee Journal**, v. 137, p. 386-391, 1997.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. Using commercial bumble bee colonies as backup pollinators for honey bees to produce cucumbers and watermelons. **HortTechnology**, v. 8, n. 4, p. 590-594, 1998a.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. Seed production in watermelon: A comparison between two commercially available pollinators. **HortScience**, v. 33, n. 1, p. 28-30, 1998b.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumble bees on field-grown cucumber and watermelon. **Journal of Apicultural Research**, v. 41, n. 1-2, p. 27-34, 2002b.

STANGHELLINI, M.S.; SCHULTHEIS, J.R. Genotypic variability in staminate flower and pollen grain production of diploid watermelons. **HortScience**, v. 40, n. 3, p. 752-755, 2005.

STANGHELLINI, M.S.; SCHULTHEIS, J.R.; AMBROSE, J.T. Pollen mobilization in selected cucurbitaceae and the putative effects on pollinator abundance on pollen depletion rates. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 5, p. 729-736, 2002a.

TAHA, E.A.; BAYOUMI, Y.A. The value of honey bee (*Apis mellifera* L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatuscolothynthoides* L.) in Egypt. **Acta Biologica Szegediensis**, v. 53, n. 1, p. 33-37, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3^a Ed., Porto Alegre: Artmed. 719pp., 2004.

TSCHOEKE, P.H.; PINTO, I.O.; SILVA, R.J. Polinização da melancia por abelhas. In: **Tecnologias para produção sustentável da melancia no Brasil**. SANTOS, G.R.; ZAMBOLIM, L (eds.), Gurupi-TO: Universidade Federal do Tocantins, cap. 4, p. 59-94, 2011.

VAN DER BLOM, J. Applied entomology in Spanish greenhouse Horticulture. In: **Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting**, v. 21, p. 9-17, 2010.

VELTHUIS, H.H.W.; VAN DOORN, N.A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. **Apidologie**, v. 37, p. 421-451, 2006.

VENTURIERI, G.C.; ALVES, D.A.; VILLAS-BÔAS, K.; CARVALHO, C.A.L.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A. CONTRERA, F.A.L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 11, p. 213-236, 2012.

VILELA, N.J.; AVILA, A.C.; VIEIRA, J.V. **Dinâmica do agronegócio brasileiro da melancia: produção, consumo e comercialização**. Embrapa Hortaliças, Circular Técnica, n. 42, 12 pp., 2006.

WALTERS, S.A. Honeybee pollination requirements for triploid watermelon. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1268–1270, 2005.

WALTERS, S.A.; SCHULTHEIS, J.R. Directionality of pollinator movements in watermelon plantings. **HortScience**, v. 44, n. 1, p. 49-52, 2009.

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

WINSTON, M.L. **A biologia da abelha**. Tradução de Carlos A. Osowski – Porto Alegre: Magister, 276pp., 2003.

WOLF, S.; LENSKY, Y.; PALDI, N. Genetic variability in flower attractiveness to honeybees (*Apis mellifera* L.) within the genus *Citrullus*. **HortScience**, v. 34, n. 5, p. 860-863, 1999.

CAPÍTULO II

**Biologia floral e requerimentos de polinização de variedades de
minimelancia com e sem semente cultivadas em ambiente protegido**

Biologia floral e requerimentos de polinização de variedades de minimelancia com e sem semente cultivadas em ambiente protegido

RESUMO

Os primeiros passos que direcionam a escolha do tipo de polinização e o polinizador ideal para se maximizar a produção de determinada cultura são o conhecimento de sua biologia floral e de seus requerimentos de polinização. Portanto, o objetivo deste trabalho foi descrever a biologia floral e os requerimentos de polinização de variedades de minimelancia com e sem semente, cultivadas em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação entre os meses de agosto e outubro de 2011, no município de Fortaleza-CE. Foram utilizados cinco genótipos de minimelancia (*Citrullus lanatus*), sendo três sem semente e dois com semente. Para o estudo da biologia floral foram monitorados botões florais que se encontravam em fase de pré-antese, desde antes do momento da abertura de suas pétalas até o fechamento das mesmas. Os tratamentos de polinização manual geitonogâmica (MG), polinização manual cruzada com pólen da variedade Polimore (MCP) e, com pólen da variedade Minipérola (MCM), além da polinização restrita foram realizados com o intuito de se determinar os requerimentos de polinização de cada genótipo. Os resultados revelaram que todas as cultivares estudadas eram plantas monóicas com flores díclinas, e que o estigma de suas flores permaneceu receptivo durante toda antese, a qual foi de 05:25 h às 14:20 h. Com relação aos requerimentos de polinização, obteve-se taxa de vingamento de frutos de 84,62% (MG), 61,54% (MCP), 48% (MCM) e 0% (Restrita) para as variedades com semente. Todavia, para as variedades sem semente, encontrou-se 0% (MG), 76,36% (MCP), 82,69% (MCM) e 0% (Restrita). Conclui-se que todas as variedades estudadas possuem flores com síndrome de polinização melitófila. Além do mais, para formação dos frutos em minimelancia é necessário pólen diplóide, independente da variedade doadora, a qual também não interfere na qualidade dos mesmos. As variedades Minipérola, Polimore, HA-5106 e HA-5158 são promissoras para cultivo em ambiente protegido.

Palavras-chave: casa de vegetação, *Citrullus lanatus*, florescimento, qualidade dos frutos, vingamento de frutos

Floral biology and pollination requirements of seeded and seedless mini watermelon varieties cultivated under protected environment

ABSTRACT

The first steps that drive the choice of the ideal pollination and pollinator in order to maximize the output of a given crop are the knowledge of its floral biology and pollination requirements. Therefore, the aim of this study was to describe the floral biology and pollination requirements of seeded and seedless mini watermelon varieties, cultivated under greenhouse conditions. The experiment was carried out in a greenhouse between the months of August and October of 2011, in the city of Fortaleza-CE. Five genotypes of mini watermelon (*Citrullus lanatus*) were used, three seedless (HA-5106, HA-5158 and HA-5161) and two seeded (Minipol and Polimore). To study the floral biology, buds in the pre-anthesis stage were monitored since before the opening of its petals to the closing of the same. The treatments of hand-geitonogamous pollination (MG), hand-cross pollination with pollen from Polimore variety (MCP) and, Minipol variety (MCM), and also restricted pollination were performed in order to determine the pollination requirements of the genotypes. The results showed that all varieties were monoecious plants with diclinous flowers, and the stigma of its flowers remained receptive throughout the anthesis, which was of 05:20 h to 14:20 h. Regarding the pollination requirements, rates of 84.62% (MG), 61.54% (MCP), 48% (MCM) and 0% (Restricted) of fruit set were obtained for seeded varieties. However, for the seedless varieties were found 0% (MG), 76.36% (MCP), 82.69% (MCM) and 0% (Restricted). It was concluded that all the studied varieties have flowers with melittophilous pollination syndrome. Moreover, in order to set fruit, it is necessary diploid pollen, regardless of the donor variety, which also does not interfere in quality. The varieties Minipol, Polimore, HA-5106 and HA-5158 are promising for protected cultivation.

Key-words: *Citrullus lanatus*, flowering, fruit quality, fruit set, greenhouse

2.1 INTRODUÇÃO

A melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] é um fruto apreciado pelo consumidor brasileiro, mas que muitas vezes é rejeitado em função do seu tamanho, o qual dificulta seu transporte e acondicionamento nas geladeiras domésticas. Logo, para atender estes consumidores, individualmente ou de unidades familiares pequenas e também aqueles de maior poder aquisitivo, melhoristas e produtores têm investido em variedades que se adéquem às novas tendências de mercado (QUEIRÓZ *et al.*, 1999).

Frutos de tamanho pequeno têm sido demandados pelas famílias modernas, asquais vêm se tornando cada vez menores, pois frutos menores ocupam menos espaço e são consumidos mais rapidamente, de maneira fresca, evitando estragos e desperdícios (QUEIRÓZ *et al.*, 1999, GONÇALVES *et al.*, 2009). Além disso, outra tendência de mercado é a ausência de sementes, já que a grande quantidade de sementes espalhadas por toda a polpa da melancia não é desejada por grande parte dos consumidores (GUERRA SANZ & SERRANO, 2008).

Com a chegada de variedades com frutos de tamanho pequeno, como as minimelancias, tornou-se viável o cultivo desta hortaliça em casas de vegetação. Para muitas hortaliças, o cultivo protegido, quando associado a tratos culturais específicos a esse ambiente, vem sendo utilizado como forma de minimizar as perdas em produção e qualidade de frutos, além de proporcionar a colheita antecipada ou fora de safra, podendo assim gerar maior retorno ao produtor em relação ao cultivo convencional (SEABRA JÚNIOR *et al.*, 2003).

Esse sistema de cultivo, entretanto, apresenta uma forte limitação para várias culturas agrícolas, que é a polinização insuficiente ou inadequada, cujo impacto negativo é extremo na produção vegetal em escala comercial. Ou seja, quando uma cultura entra na fase de florescimento, essa estrutura construída com o intuito de proteger o cultivo de condições ambientais adversas, acaba na realidade por promover uma barreira física à entrada de agentes polinizadores nesse sistema, que por sua vez prejudica ou mesmo impede a produção de frutos e sementes (GUERRA SANZ, 2008; CRUZ & CAMPOS, 2009).

De modo geral, para contornar essa situação é necessária uma intervenção especial que possibilite a transferência dos grãos de pólen ao estigma das flores. Essa intervenção pode ser feita pela contratação de mão de obra para fazer a polinização manual das flores ou pela introdução de polinizadores bióticos capazes de se adaptar às condições de ambiente protegido e atender os requerimentos de polinização das culturas agrícolas cultivadas em casas de vegetação (CRUZ & CAMPOS, 2009).

Os primeiros passos que direcionam a escolha do tipo de polinização e o polinizador ideal para se maximizar a produção de determinada cultura são o conhecimento de sua biologia floral e de seus requerimentos de polinização (FREE, 1993). A falha no vingamento de um fruto, muitas vezes, é resultado de um baixo número de óvulos fertilizados, que é reflexo de uma polinização inadequada. Mesmo nas variedades de melancia sem semente (triplóides - $3n$) é essencial a polinização adequada para que haja a liberação suficiente de fitormônios, que estimulam não só o vingamento, como também o bom desenvolvimento do fruto (MUSSEN & THORP, 1997). Uma polinização bem sucedida pode levar determinada cultura ao incremento no seu rendimento, promovido pelo aumento na produção de frutos e sementes, e/ou pela melhoria na qualidade dos mesmos (DELAPLANE & MAYER, 2000).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi descrever a biologia floral e os requerimentos de polinização de variedades de minimelancia com semente e sem semente, cultivadas em ambiente protegido.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Local do estudo e práticas culturais

O experimento foi conduzido no período de agosto a outubro de 2011, em casa de vegetação revestida com plástico, com controle de temperatura e irrigação automatizados, e área de 160 m² (8m de largura x 20m de comprimento x 3,5 de altura), na Embrapa Agroindústria Tropical (3°45'05''S e 38°34'35.07''W, 36 m acima do nível do mar), em Fortaleza-CE (Figura 1A e B). O clima característico do município é o tropical quente subúmido (Köppen), com média anual de temperatura e umidade relativa do ar de 26,9°C e 78%, respectivamente (IPECE, 2010).



Figura 1. Casa de vegetação utilizada para condução do presente experimento: A) Vista externa da casa de vegetação; B) Vista interna da casa de vegetação já com o cultivo de minimelancia (*Citrullus lanatus*).

Foram utilizados cinco genótipos de minimelancia, sendo três variedades experimentais (HA-5106, HA-5158 e HA-5161) sem semente (triplóides - 3n) e duas variedades (Minipérola e Polimore) comerciais com semente (diplóide - 2n).

As variedades foram semeadas em bandejas plásticas de 200 células, preenchidas com substrato comercial a base de pó de coco seco. Aos 12 dias após o semeio, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de cinco litros, previamente preenchidos com a fibra e o pó de coco verde (1:1). Os vasos foram dispostos em espaçamento de 0,8 m entre linhas e de 0,4 m entre plantas. Seguindo as recomendações do cultivo de variedades sem semente, foi utilizada a razão 3:1 entre variedades triplóides e diplóides (DITTMAR *et al.*, 2009). No 17º dia após o transplante, foi feito o tutoramento com fitilho plástico para condução vertical das

plantas, procedimento que facilita o manejo da cultura em ambiente protegido. Durante todo o cultivo, as plantas foram fertirrigadas por gotejamento, sendo fornecida a quantidade de água e nutrientes adequados para cada fase de desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2004).

2.2.2 Biologia floral

Para o estudo da biologia floral foram monitorados, como observação, botões florais que se encontravam em fase de pré-antese, desde antes do momento da abertura de suas pétalas até o fechamento das mesmas, a fim de se conhecer as características florais e o período de antese das cinco variedades estudadas. Além do mais, foram acompanhadas a duração do período de florescimento funcional para ambos os tipos de flores, juntamente com a emissão diária de flores estaminadas e pistiladas por planta por dia e durante todo o período de florescimento funcional, e a proporção entre flores estaminadas e pistiladas para cada uma das cinco variedades de minielância estudadas. Para tal, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (variedades) e 15 repetições (plantas). Foi considerado como o florescimento funcional, a fase de florescimento do seu início até a colheita dos frutos. A contagem de flores estaminadas e pistiladas foi realizada em dias alternados.

2.2.3 Requerimentos de polinização

Com o intuito de investigar seus requerimentos de polinização, quatro tratamentos de polinização foram efetuados em flores pistiladas das cinco variedades.

- a) O primeiro tratamento foi o da polinização manual geitonogâmica (MG), onde os botões florais pistilados (femininos), que se encontravam na fase de pré-antese, eram protegidos por sacos de filó ao final da tarde. Na manhã seguinte, os botões florais que abriam eram desensacados e submetidos ao procedimento de polinização manual com pólen de uma flor estaminada (masculina) oriunda da mesma planta. Para tanto, retirava-se duas flores estaminadas e se dobrava as pétalas para trás, depois, manualmente, esfregava-se suavemente as anteras dessas flores por toda superfície dos três lóbulos do estigma das flores pistiladas. Imediatamente após a polinização, essas flores pistiladas eram etiquetadas e

protegidas novamente, permanecendo assim até a manhã do dia seguinte, a fim de se evitar qualquer contaminação com outros tipos de pólen.

- b) O segundo tratamento foi o da polinização manual cruzada com pólen da variedade Minipérola (2n) (MCM), onde os botões florais também sofriam o mesmo processo do tratamento anterior, sendo que no momento em que a flor era desensacada se realizava sua polinização com flores estaminadas oriundas da variedade Minipérola.
- c) O terceiro tratamento foi o da polinização manual cruzada com pólen da variedade Polimore (2n) (MCP), portanto, similar ao anterior, sendo que a variedade doadora de pólen utilizada para polinizar suas flores era a 'Polimore'.
- d) No quarto tratamento, considerado o controle, foi realizada a polinização restrita, cujas flores pistiladas permaneciam ensacadas desde a fase de pré-antese até o término do seu período de antese.

Todos os tratamentos de polinização manual foram realizados na parte da manhã, entre 06:00h e 10:30h, pois de acordo com McGregor (1976) e Kwon *et al.* (2005) apesar das flores permanecerem com seu estigma receptivo durante toda sua antese, esse intervalo corresponde ao período de máxima receptividade. Além disso, como sugerido por Seabra Júnior *et al.* (2003), foram polinizadas somente as flores pistiladas surgidas a partir do oitavo nó em diante. A quantificação do número de frutos vingados foi realizada três dias após a polinização das flores e no momento da colheita. Como sugerido por Mohr (1986) e Campagnol *et al.* (2010), foi permitido apenas um fruto por planta, sendo os demais frutos removidos ainda em seus primeiros dias de desenvolvimento, para que os mesmos não influenciassem no vingamento e desenvolvimento do primeiro.

Esses frutos oriundos dos tratamentos de polinização descritos acima foram colhidos de 30 a 35 dias após a polinização, e levados ao Laboratório de Melhoramento e Recursos Genéticos Vegetais da Embrapa Agroindústria Tropical para serem analisados com relação as suas características qualitativas. As variáveis avaliadas foram: massa (g), comprimento (cm) e largura (cm) e deformação do fruto, espessura da casca (cm), firmeza da polpa (N), sólidos solúveis totais (°Brix) e número de sementes por fruto. Em especial, a deformação, por se tratar de uma variável qualitativa, recebeu notas que variaram de 1 a 4, sendo nota 1 para frutos perfeitos, nota 2 para frutos

levemente deformados, nota 3 para frutos com deformação mediana e nota 4 para frutos com deformação severa.

2.2.4 Análise dos dados

Dados referentes à duração do florescimento, emissão e proporção de flores estaminadas e pistiladas para cada uma das variedades de minimelancia foram analisados estatisticamente por meio do programa computacional MSTATC®, e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Por outro lado, os dados referentes ao vingamento dos frutos, por possuir um caráter binomial (vingou = 1 e não vingou = 0), foram submetidos diretamente ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e os resultados comparados por meio do teste de Mann-Whitney a 5% de significância. Para realização dessa análise foi utilizado o programa estatístico PAST (*Paleontological Statistics*).

Todos os dados das variáveis referentes à qualidade dos frutos foram submetidos a testes de normalidade. Aquelas variáveis que apresentaram distribuição normal foram então submetidas à análise de variância utilizando-se o SAS versao 9.1 por meio da rotina PROC GLM (Modelos Lineares Generalizados), e suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de significância. Entretanto, quando não houve distribuição normal, mesmo após as transformações de dados, optou-se por testes não paramétricos para realização das análises estatísticas e comparação de médias. Desse modo, os dados referentes à firmeza da polpa foram submetidos ao teste de Wilcoxon utilizando-se o SAS versao 9.1 por meio da rotina PROC NPAR1WAY, e seus resultados comparados pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

Adicionalmente, para auxílio na interpretação dos resultados, foram coletados dados de luminosidade (Klux), determinada por um luxímetro, e de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), medidas por meio de um *datalogger*, de hora em hora na parte interna da casa de vegetação.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Biologia Floral

2.3.1.1 Características florais, receptividade e caráter da antese

As cinco variedades estudadas apresentaram como expressão sexual a monoiclia. Dessa maneira, ambos os sexos se localizavam dentro de uma mesma planta, porém separados em flores distintas (díclinas), ou seja, em flores estaminadas (masculinas) e flores pistiladas (femininas) (Figura 2). No entanto, a melancieira pode apresentar dois tipos de expressão sexual: a monoiclia, característica que predomina na grande maioria das variedades comerciais ou a andromonoiclia, fato que acontece em apenas 5% dos casos (McGREGOR, 1976; FREE, 1993; DELAPLANE & MAYER, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

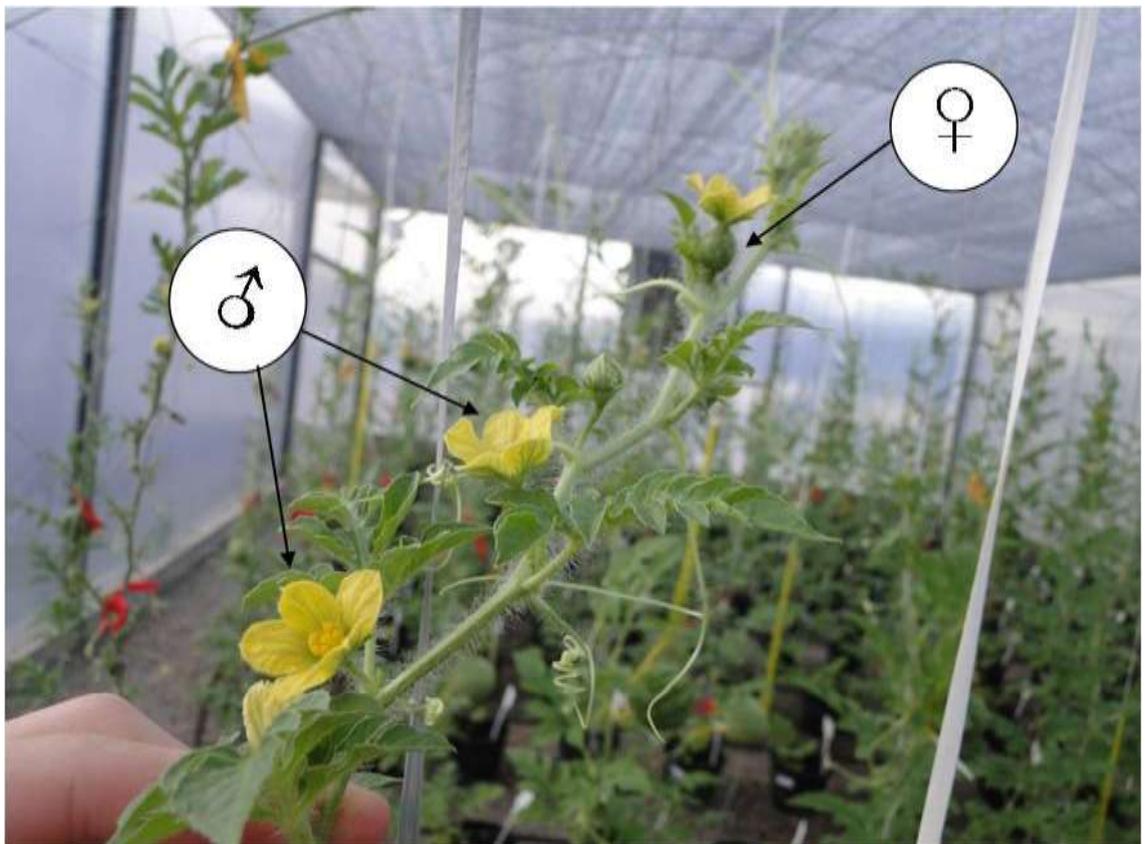


Figura 2. Visão geral da casa de vegetação com detalhe mostrando flores estaminadas (♂) e pistiladas (♀) na mesma planta de minimelancia (*Citrullus lanatus*).

Para todas as variedades, a corola se apresentou levemente tubular, rasa, com cinco pétalas, fundidas apenas na base, de cor amarela ligeiramente esverdeada que desbotava ao longo do dia, ficando com cor mais pálida, provavelmente, devido sua exposição ao sol. Essas características apresentadas acima corroboram os relatos de McGregor (1976), Mohr (1986), Delaplane e Mayer (2000).

Em todas as cinco variedades, as flores estaminadas possuíam apenas três estames separados e inseridos no centro da flor, os quais contornavam um nectário floral raso, localizado na base interna da corola. Cada estame era formado por um filete que sustentava uma antera com deiscência longitudinal. Foi observado que quando as flores se abriam, a deiscência das anteras e a consequente exposição dos grãos de pólen, já haviam ocorrido, no entanto com os grãos de pólen ainda fortemente aderidos entre si e às anteras, formando uma massa polínica. Com o passar das horas, associado ao aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar, foi notado que apesar dessa massa polínica ainda se encontrar aderida às anteras, os grãos de pólen se tornavam menos aderidos. A partir de então, grãos de pólen caíam sobre as pétalas da mesma flor quando acontecia qualquer movimentação nas próprias flores ou mesmo nas plantas. Algumas flores estaminadas das variedades triplóides (HA-5106, HA-5158 e HA-5161), contudo, apresentavam anteras de aparência ressecada, de cor marrom e, visualmente, com pouco ou nenhum grão de pólen, mesmo no início da antese. Segundo Elmstron e Maynard (1990), as variedades triplóides podem conter flores com menos pólen do que cultivares diplóides, entretanto, Stanghellini *et al* (2002) não observaram diferenças na quantidade de grãos de pólen entre genótipos diplóides e triplóides.

Facilmente se distinguiu as flores estaminadas das pistiladas, já que as flores pistiladas apresentavam um ovário ínfero bem proeminente, que se assemelhavam ao fruto na forma final, porém ainda de tamanho mínimo. Seu ovário era ligado a um estilete grosso e muito curto, o qual continha em seu ápice um estigma adesivo dividido em três ou, em menor frequência, quatro lóbulos grandes, e em torno da base do estilete, localizava-se um nectário raso. A superfície desses lóbulos permaneceu úmida, brilhosa e viscosa durante todo o tempo em que a flor pistilada esteve aberta.

Segundo Njoroge *et al.* (2010), um estigma que apresenta secreção brilhosa pode ser considerado receptivo, ou seja, apto para a polinização.

Quanto ao horário de abertura e fechamento das flores, as cinco variedades apresentaram o mesmo período de antese, todavia foi observada diferença entre os sexos. As flores pistiladas abriam suas pétalas depois e as fechavam antes das flores estaminadas. Essa diferença variou em torno de cinco minutos. Sendo assim, de modo geral, as flores de ambos os sexos iniciaram a abertura e a expansão da corola logo nas primeiras horas de sol, aproximadamente às 05:20 h (Temperatura = 24,2°C; Umidade = 97,1%; Luminosidade = 0,430 klux), e permaneceram abertas durante toda a manhã até que se fechassem definitivamente no início da tarde, por volta das 14:20 h (Temperatura = 33,2°C; Umidade = 65,6%; Luminosidade = 36,9 klux), logo, apresentando um período total de antese de nove horas. Esses resultados estão próximos aos relatados por McGregor (1976); Stanghellini *et al.* (2002); Azo'o Ela *et al.* (2010); Tschoeke *et al.* (2011). O horário de abertura e o de fechamento, assim como o tempo em que essas flores permanecem abertas, variam entre flores estaminadas e pistiladas, entre genótipos e, principalmente, de acordo com as condições climáticas (TSCHOEKE *et al.*, 2011). Em regiões mais quentes, tanto a abertura quanto o fechamento das flores tendem a ser mais precoces (FREE, 1993; GUERRA SANZ, 2008).

Quanto à movimentação das pétalas, a expansão e a retração da corola, tanto das flores pistiladas (Figura 3) quanto das flores estaminadas (Figura 4), comportaram-se da seguinte maneira: logo após o início de sua abertura a corola chegou à forma de taça, e continuou sua expansão passando para o formato de prato e, finalmente atingindo sua plena expansão na forma de guarda-chuva invertido. Após esse período, que durou em torno de quatro horas, a corola começou a se retrair, voltando por todas as fases até se fechar, não abrindo novamente mesmo que não tenha sido polinizada. Esta movimentação, ao longo do dia, está de acordo com os relatos de Free (1993).

Finalmente, esse conjunto de características apresentadas acima, como o tipo de expressão sexual, forma e coloração da corola, o horário de antese e a presença de néctar e pólen, aponta para síndrome de polinização melitófila, o que sugere as abelhas como seus principais polinizadores (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979).

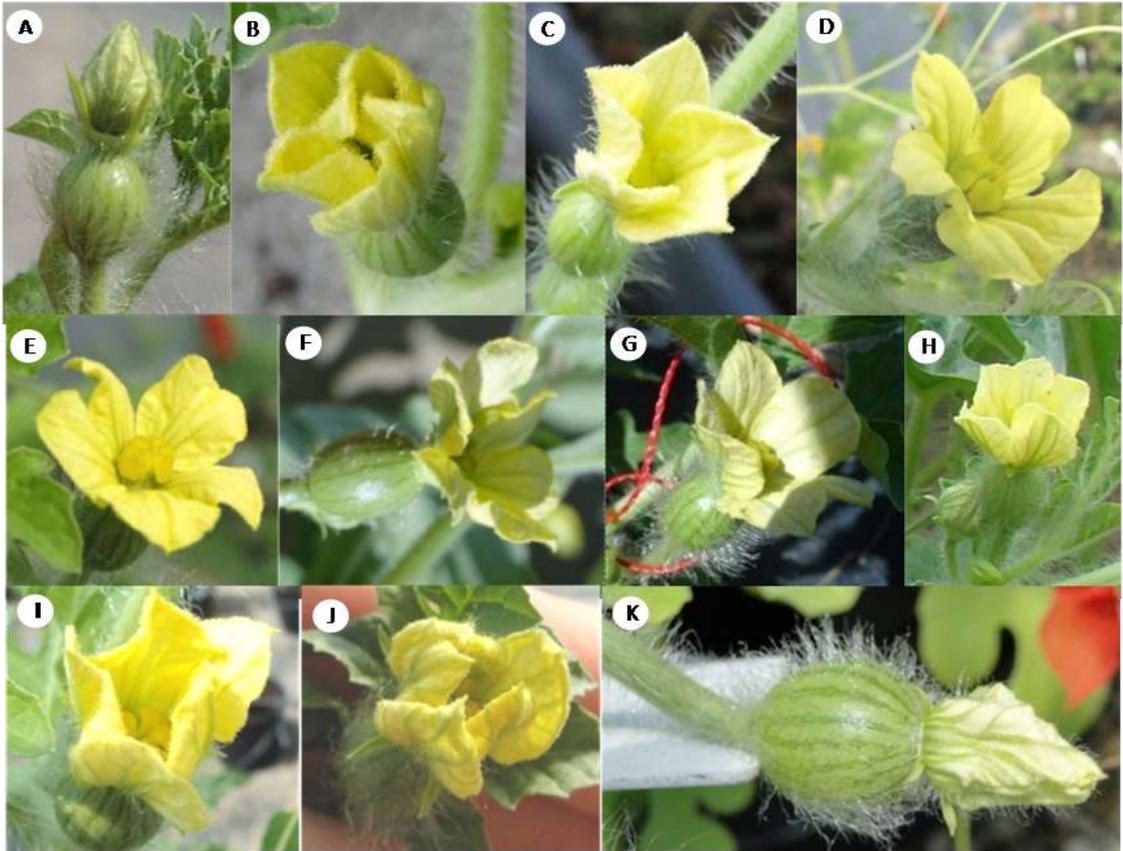


Figura 3. Movimentação da corola durante o período de antese das flores pistiladas (♀) das variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) sob cultivo protegido: A) botão floral em fase de pré-antese; B) início da antese às 05:25 h; C) flor às 06:00 h; D) flor às 07:00 h; E) flor às 08:00 h; F) flor às 09:00 h; G) flor às 10:00 h; H) flor às 11:00h; I) flor às 13:00 h; J) flor às 14:00 h; K) flor um dia após a antese.

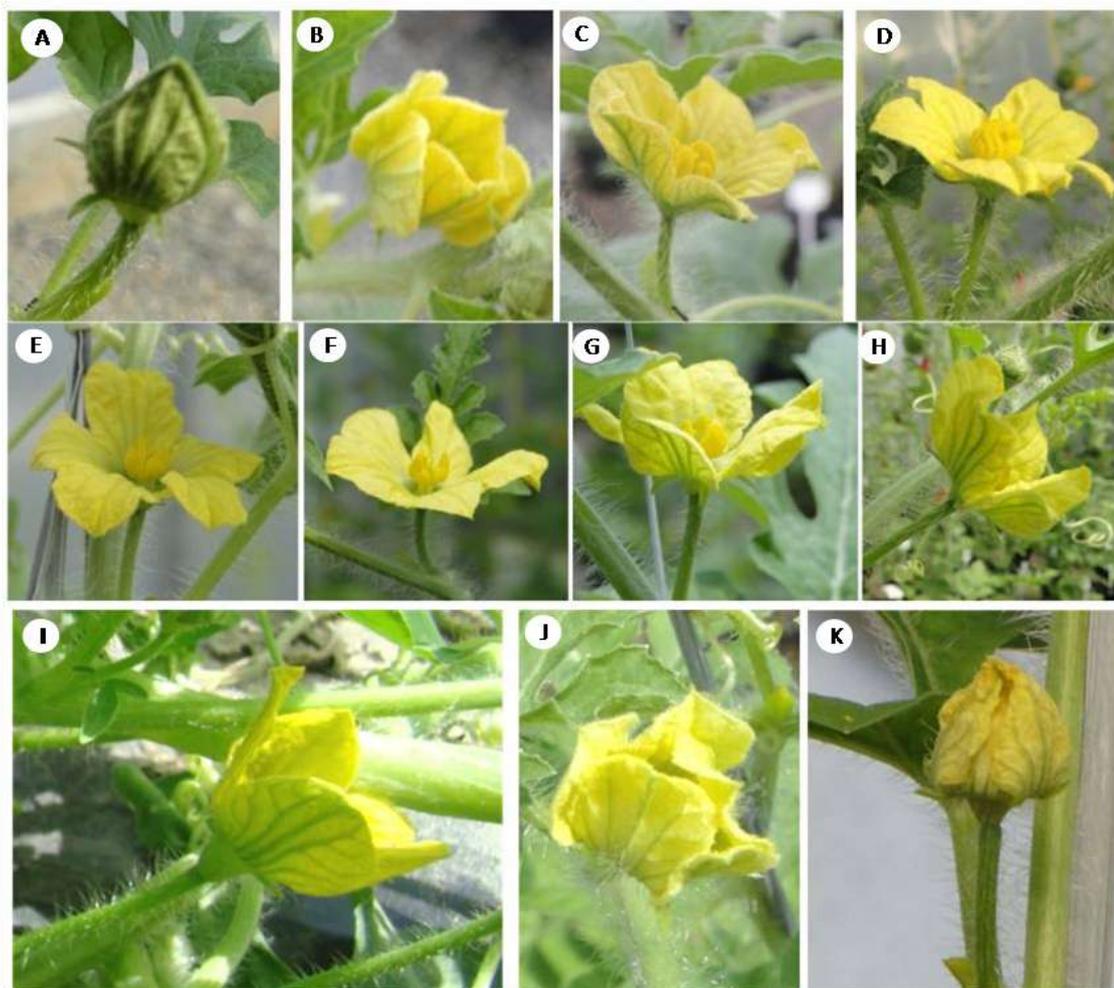


Figura 4. Movimentação da corola durante o período de antese das flores estaminadas (♂) das variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) sob cultivo protegido: A) botão floral em fase de pré-antese; B) início da antese às 05:20 h; C) flor às 06:00 h; D) flor às 07:00 h; E) flor às 08:00 h; F) flor às 09:00 h; G) flor às 10:00 h; H) flor às 11:00h; I) flor às 13:00 h; J) flor às 14:00 h; K) flor no dia seguinte após o fim do período de antese.

2.3.1.2 Duração, emissão e proporção de flores estaminadas e pistiladas

O primeiro dia de emissão de flores estaminadas coincidiu para todas as variedades estudadas. Logo, todas iniciaram o período de emissão das flores estaminadas 30 dias após a sementeira e 14 dias após seu transplante. Com relação ao primeiro dia de emissão de flores pistiladas, apenas as variedades Polimore (2n) e HA-5106 (3n) apresentaram início mais tardio do que as demais variedades. Assim, houve atraso de três e cinco dias, respectivamente, para ‘Polimore’ (2n) e HA-5106, entre o surgimento das primeiras flores estaminadas e pistiladas. Já as demais variedades iniciaram a emissão de flores estaminadas juntamente com as pistiladas.

Todas as cinco variedades emitiram flores estaminadas durante todo o período avaliado, no entanto, quanto à emissão de flores pistiladas, as variedades diplóides apresentaram período mais curto, e duas das variedades triplóides emitiram flores pistiladas durante todo o período avaliado (HA-5158 e HA-5161) (Tabela 1).

O conhecimento do período de florescimento é fundamental para dirigir o momento de polinização de determinada cultura agrícola, seja ela realizada manualmente ou pela introdução de colônias de abelhas, tanto em condições de cultivo em campo aberto quanto em ambiente protegido (REYES-CARRILLO *et al.*, 2009). Além do mais, é essencial que sejam escolhidas variedades que apresentem sincronismo de emissão entre as flores estaminadas das variedades diplóides (doadoras) e as flores pistiladas das variedades triplóides (3n) (DITTMAR *et al.*, 2009).

A média de flores estaminadas emitidas por dia variou entre 0,56 (HA-5106) e 1,21 ('Minipérola'), no entanto, não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as variedades avaliadas. Do mesmo modo, as médias de emissão de flores pistiladas das variedades de minimelancia estudadas não diferiram entre si e variaram de 0,09 ('Polimore' e HA-5106) a 0,19 (HA-5161) flor pistilada emitida diariamente. Por outro lado, em se tratando da proporção entre flores estaminadas e pistiladas (E:P) houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre as variedades, com destaque para variedade Minipérola (11,30) que diferiu das variedades HA-5106 (5,87) e HA-5161 (5,81) (Tabela 1).

Stanghellini & Schultheis (2005), sugerem que as variedades diplóides que produzem maior número de flores estaminadas por planta e maior número de grãos de pólen por flor são mais adequadas para serem utilizadas como doadoras de pólen em áreas onde se visa a produção de frutos com sementes. Entretanto, esses autores registraram que pode haver grande variação dentro de cada variedade ao longo de dois anos consecutivos, sugerindo que a produção de flores seja afetada pelos tratamentos culturais e condições ambientais como, o tipo de solo, umidade, carga de frutos, estado nutritivo da planta, entre outros fatores.

Tabela 1. Duração da floração, emissão e proporção de flores estaminadas (♂) e pistiladas (♀) em cinco variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) cultivadas em ambiente protegido.

Variedade	Tipo	Dias emitindo flores (DEF)		N° médio de flores/planta/dia			N° total de flores emitidas/planta			Proporção ♂:♀
		♂	♀	♂	♀	TOTAL	♂	♀	TOTAL	
Minipérola	2n	>41	25	1,21 a	0,11a	1,32	49,57	2,68	52,25	11,30 a
Polimore	2n	>41	16	0,98 a	0,09 a	1,07	40,21	1,49	41,70	10,55 ab
HA-5106	3n	>41	23	0,56 a	0,09 a	0,65	22,80	2,18	24,98	5,87 b
HA-5158	3n	>41	>41	1,07 a	0,13 a	1,20	43,95	5,32	49,27	8,26 ab
HA-5161	3n	>41	>41	1,10 a	0,19 a	1,29	45,28	7,79	53,07	5,81 b

Valores seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey), $P < 0,05$.

A utilização de variedades diplóides (doadoras) que produzem mais flores estaminadas e/ou mais grãos de pólen por flor levaria uma maior quantidade de grãos de pólen viáveis produzidos por essas variedades destinados à polinização das flores pistiladas, o que por sua vez levaria a necessidade de menor proporção, e conseqüentemente menor área do plantio destinada às plantas doadoras (2n) em áreas onde se visa principalmente a produção de melancia sem semente (3n). Assim, a diminuição na área destinada às plantas doadoras (2n), conseqüentemente aumentaria a proporção de plantas triplóides na área, resultando em aumento na margem de lucro geral do produtor, já que melhores preços e demandas são destinados aos frutos sem semente (3n). Por outro lado, os frutos das plantas diplóides (com semente) têm comercialização mais difícil, além de preços menores (FREEMAN & OLSON, 2007).

As variedades diplóides Minipérola e Polimore apresentaram padrão de emissão de flores semelhantes entre si, tanto para flores pistiladas quanto para flores estaminadas. Por outro lado, as variedades de minimelancia triplóides foram muito distintas entre si, quanto às emissões tanto das flores pistiladas quanto das flores estaminadas. De modo geral, as variedades de minimelancia apresentaram pico de emissão de flores pistiladas entre a quarta semana, para 'Minipérola', 'Polimore', HA-5158 e HA-5161, e a quinta semana após o transplante, para HA-5106. Quanto às flores estaminadas, o pico de emissão ficou entre a quinta semana, para 'Minipérola', 'Polimore', HA-5106 e HA-5158, e a sexta semana, para HA-5161 (Figura 5A e B). Esses resultados são contraditórios aos relatos de Mohr (1986), o qual alega que, diferentemente dos outros membros da família cucurbitácea, a melancia não apresenta

picos de florescimento. Entretanto, Njoroge *et al.* (2004) apresentam dados que mostram um pico de florescimento para flores estaminadas da melanciaira convencional, cultivada em campo aberto, entre a quinta e sexta semana, fatos esses que corroboram os resultados do presente trabalho.

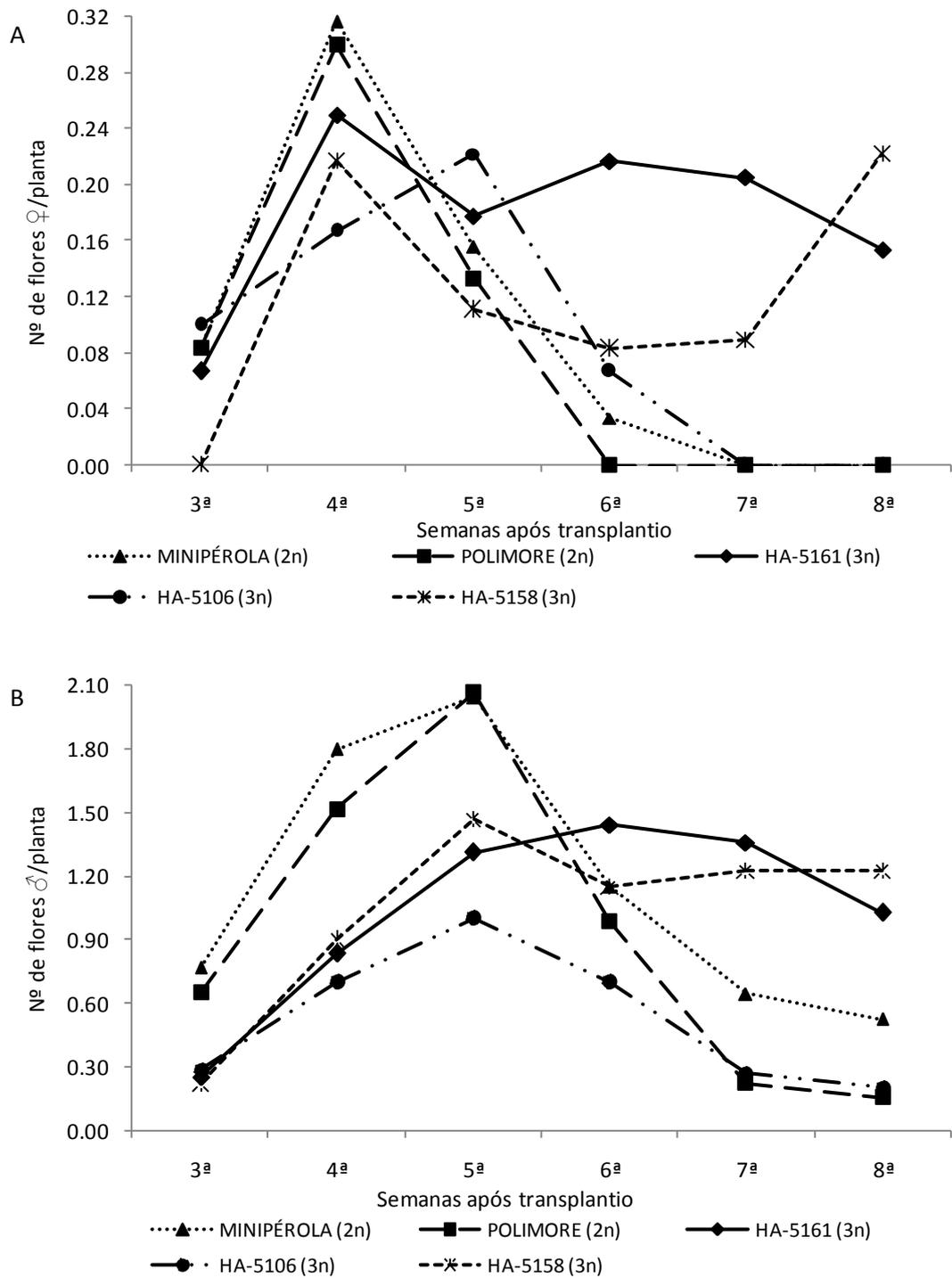


Figura 5. Produção média diária de flores pistiladas (♀) (A) e estaminadas (♂) (B) por planta, durante cada semana do período de florescimento funcional das variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) avaliadas.

2.3.2 Requerimentos de polinização

2.3.2.1 Taxa de vingamento

Nenhuma flor pistilada de ambas as variedades diplóides (Minipérola e Polimore) vingou fruto (0%) quando submetida ao tratamento de polinização restrita com saco de filó, assim diferindo estatisticamente dos demais tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 2). Esses resultados já eram esperados, pois a melancieira não é capaz de produzir frutos por meio da reprodução assexuada, diferente de outras cucurbitáceas, como o pepino (*Cucumis sativus* L.) (DELAPLANE & MAYER, 2000). As flores da melancieira que são impedidas de serem visitadas por agentes bióticos, independentes de serem monóclinas (flores bissexuadas ou hermafroditas) ou díclinas (unissexuadas), ou ainda diplóides ou triplóides, não vingam fruto algum (ADLERZ, 1966; SPANGLER & MOFFETT, 1979; STANGHELLINI *et al.*, 1998; WALTERS, 2005), a não ser pelo uso de substâncias químicas, como aplicações de reguladores de crescimento em seus ovários (GUERRA SANZ & SERRANO, 2008).

Tabela 2. Requerimentos de polinização das variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) com semente (2n), cultivadas em ambiente protegido.

TIPO DE POLINIZAÇÃO	VARIEDADES COM SEMENTE (2n)						GERAL COM SEMENTE (2n)		
	MINIPÉROLA			POLIMORE			FLORES	VINGAMENTO	
	FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO			FRUTOS	VINGAMENTO
		FRUTOS	%		FRUTOS	%	FRUTOS		%
MG ¹	13	11	84,62a ²	13	11	84,62a	26	22	84,62
MCP	15	9	60,00ab	11	7	63,64a	-	-	-
MCM	14	6	42,86b	11	6	54,55a	-	-	-
RESTRITA	10	0	0,00c	10	0	0,00b	20	0	0,00
TOTAL	52	26	-	45	24	-	97	50	-

¹/ MG - Polinização manual geitonogâmica; MCP - polinização manual cruzada com pólen de 'Polimore'; MCM - polinização manual cruzada com pólen de 'Minipérola'; RESTRITA - flor protegida para não receber polinização. ²/ Valores seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem significativamente entre si (Teste de Kruskal Wallis), $P < 0,05$.

Para a variedade Polimore, os demais tratamentos de polinização não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$) com relação ao percentual de vingamento de frutos, que foram de 84,62% (MG), 63,64% (MCP) e 54,55% (MCM). Portanto, a variedade Polimore aceitou grãos de pólen oriundos da mesma planta, de outro indivíduo da mesma variedade e da variedade Minipérola. Segundo Delaplane e Mayer (2000),

apesar da melancieira convencional (2n) ser uma espécie xenógama (polinização cruzada), também é uma planta autocompatível, ou seja, aceita a autogamia (polinização dentro da mesma flor), no caso das variedades andromonóicas, ou a geitonogamia (polinização entre flores diferentes de uma mesma planta).

Para a variedade Minipérola, os percentuais de vingamento de frutos foram de 84,62% (MG), 60% (MCP) e 42,86% (MCM), sendo que apesar de MG ter diferido estatisticamente de MCM ($P < 0,05$), não diferiu do tratamento MCP ($P > 0,05$), o qual, por sua vez, foi semelhante ao MCM (Tabela 2). Apesar de não haver diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$), ambas as variedades com semente (2n) apresentaram tendência a geitonogamia.

O percentual de vingamento das flores sujeitas aos três tratamentos de polinização manual realizados, no presente experimento, foi bem superior ao percentual de vingamento da polinização manual verificado em campo aberto por Souza *et al.* (2005), que foi de 32,3%, para variedades diplóides. Segundo Ferreira (2005), de modo geral, as taxas de vingamento de frutos em campo aberto são bem inferiores quando comparadas as polinizações efetuadas em casas de vegetação, onde é possível controlar melhor as condições climáticas e o número de frutos por planta, pois a existência de um fruto interfere no vingamento do próximo, pelo menos durante sete dias (CUNNINGHAM, 1939; CAMPAGNOL *et al.*, 2010).

Apesar de a polinização geitonogâmica (MG) ter obtido sucesso para as variedades com semente (2n), a mesma não foi adequada para as cultivares sem semente (3n) (HA-5158, HA-5161, HA-5106). As flores pistiladas das variedades triplóides submetidas ao tratamento MG obtiveram 0% de vingamento de frutos, idênticos aos resultados obtidos no tratamento de polinização restrita e, ambos diferiram dos demais tratamentos (MCP e MCM) ($P < 0,05$). Dentre as três variedades de minimelancia sem semente (3n), a que obteve o pior vingamento para todos os tratamentos foi a HA-5161, a qual formou fruto em apenas, respectivamente, 60% e 58,82% das polinizações com pólen das variedades Minipérola (MCM) e Polimore (MCP), e ambos não diferiram significativamente entre si ($P > 0,05$) (Tabela3).

Tabela 3. Requerimentos de polinização das variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) sem semente (3n), cultivadas em ambiente protegido.

TIPO DE POLINIZAÇÃO	VARIEDADES SEM SEMENTE (3n)									GERAL SEM SEMENTE (3n)		
	HA-5158			HA-5161			HA-5106					
	FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO	
		FRUTOS	%		FRUTOS	%		FRUTOS	%		FRUTOS	%
MG ¹	10	0	0,00b ²	10	0	0,00b	10	0	0,00b	30	0	0,00b
MCP	20	17	85,00a	17	10	58,82a	18	15	83,33a	55	42	76,36a
MCM	20	19	95,00a	15	9	60,00a	17	15	88,24a	52	43	82,69a
RESTRITA	10	0	0,00b	10	0	0,00b	10	0	0,00b	30	0	0,00b
TOTAL	60	36	-	52	19	-	55	30	-	167	85	-

¹/ MG - Polinização manual geitonogâmica; MCP - polinização manual cruzada com pólen de 'Polimore'; MCM – polinização manual cruzada com pólen de 'Minipérola'; RESTRITA - flor protegida para não receber polinização. ²/ Valores seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem significativamente entre si (Teste de Kruskal Wallis), P < 0,05.

As demais variedades triplóides apresentaram altas taxas de vingamento, com 95% (MCM) e 85% (MCP) para HA-5158, e com 88,24% (MCM) e 83,33% (MCP) para HA-5106, não existindo diferença significativa entre os tratamentos de polinização MCM e MCP ($P > 0,05$) dentro de cada uma dessas cultivares. Esses resultados corroboram os achados de Belfort *et al.* (2003), os quais, em cultivo protegido, obtiveram índice geral de vingamento dos frutos de melancia sem semente (3n) superior a 75%, quando polinizadas com pólen provenientes de genótipos diplóides. Portanto, para todas as variedades triplóides estudadas, somente os tratamentos de polinização manual cruzada utilizando pólen oriundo de variedades diplóides foram capazes de gerar frutos (Tabela 3).

De acordo com Souza *et al.* (1999), somente as variedades diplóides possuem grãos de pólen viáveis, que são capazes de germinar mesmo no estigma das flores pistiladas triplóides e, conseqüentemente, promover a liberação de fitormônios que influenciam diretamente no vingamento e crescimento dos frutos.

2.3.2.2 Qualidade dos frutos

Por não haver vingamento de frutos submetidos aos tratamentos de polinização restrita em ambos os tipos de melancia (2n e 3n) e polinização manual geitonogâmica (MG) para as variedades sem semente (3n), comparou-se as características qualitativas dos frutos apenas entre os demais tratamentos de polinização. De todo modo, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos de polinização para nenhuma das variáveis analisadas. Assim, no que diz respeito à massa, deformação, comprimento, largura, espessura da casca, firmeza da polpa, sólidos solúveis e número de sementes por fruto, todos os tratamentos apresentaram valores estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$) para cada uma dessas variáveis estudadas, dentro de cada variedade (Figura 6A a 6G).

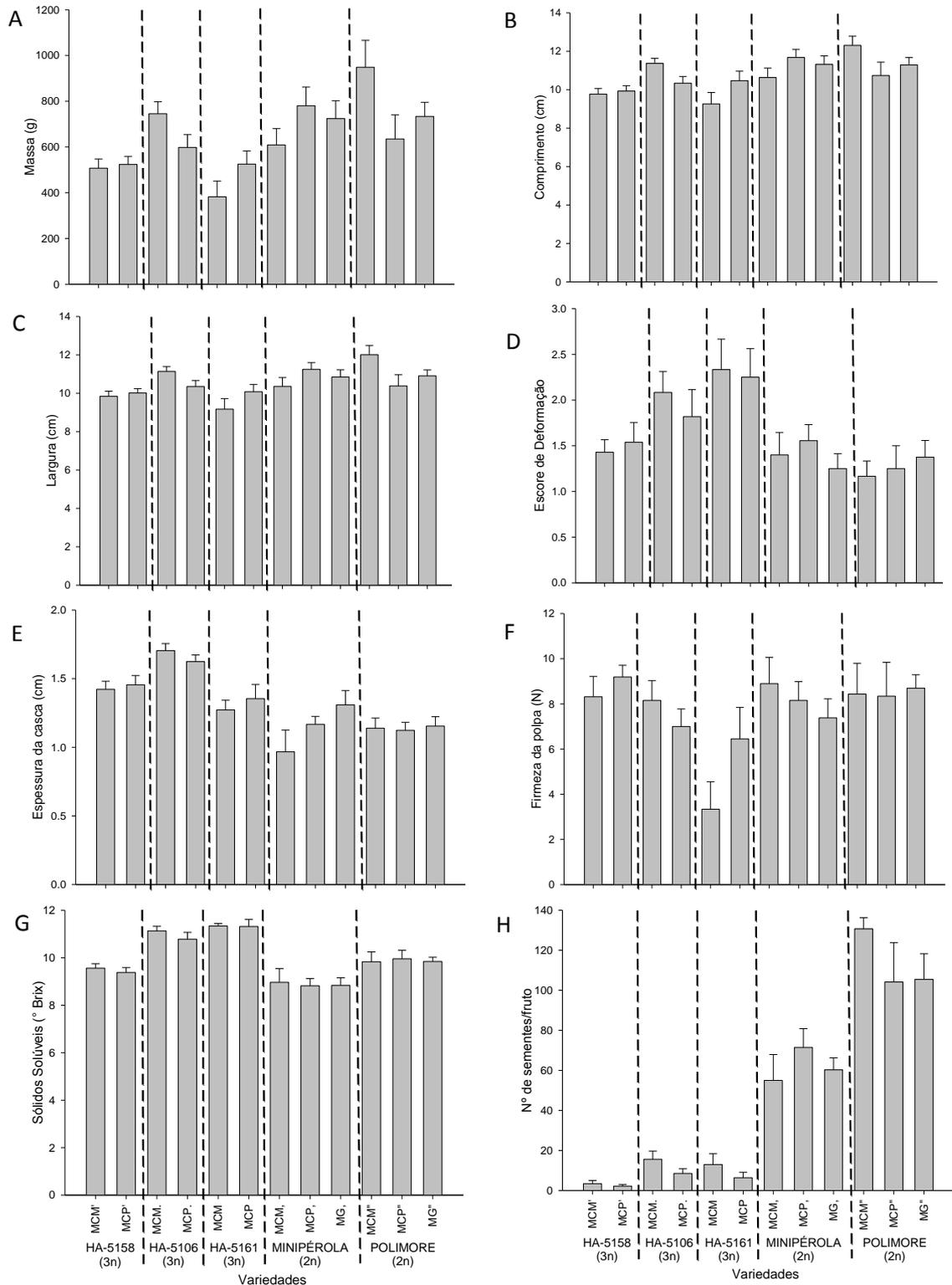


Figura 6. Médias e erros padrões das características qualitativas dos frutos de minimelancia polinizadas manualmente por geitonogamia (MG), cruzada com pólen de ‘Minipérola’ (MCM) e com pólen de ‘Polimore’ (MCP). A) Massa; B) Comprimento; C) Largura; D) Escore da Deformação; E) Espessura da casca; F) Firmeza da polpa; G) Sólidos Solúveis; H) Nº de sementes/fruto.

Esses resultados revelam que uma vez o fruto vingado, independente do tipo de tratamento de polinização realizado na flor, ele é capaz de se desenvolver e apresentar características qualitativas similares aos frutos formados pelos tratamentos que resultaram em um maior percentual de vingamento. Segundo Stanghellini *et al.* (1998) e Guerra Sanz & Serrano (2008), o fator quantidade de grãos de pólen depositados sobre o estigma de uma floré que pode influenciar na qualidade do fruto. Os mesmos autores afirmam que na medida em que se aumenta o número de visitas recebidas por uma flor pistilada diplóide, aumenta também o número de sementes formadas por fruto, em decorrência de uma maior quantidade de grãos de pólen viáveis depositados pelas abelhas sobre a superfície do estigma ao longo das sucessivas visitas. Ainda, Guerra Sanz & Serrano (2008) relataram que o aumento na visitação das flores por abelhas resultou em um maior número de frutos por planta, além de frutos mais pesados e mais doces para as variedades triplóides, e frutos mais pesados, mais doces e com mais sementes em variedades diplóides.

2.4 CONCLUSÕES

As variedades de minimelancia possuem flores com síndrome de polinização melitófila, emitem muito mais flores estaminadas do que pistiladas e apresentam um pico de emissão bem definido para ambas as flores.

Para formação dos frutos em minimelancia é necessário pólen diplóide, independente da variedade doadora, a qual também não interfere na qualidade dos mesmos.

As variedades Minipérola, Polimore, HA-5106 e HA-5158 são promissoras para cultivo em ambiente protegido.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLERZ, W.C. Honey bee visit numbers and watermelon pollination. **Journal of Economic Entomology**, v. 59, n.1, p.28-30, 1966.

AZO'O ELA, M.; MESSI, J.; TCHUENGUEM FOHOOU, F.N.; TAMESSE, J.L.; KEKEUNOU, S.; PANDO, J.B. Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* and its impact on pollination, fruit and seed yields of *Citrullus lanatus* at Nkolbisson (Yaoundé, Cameroon). **Cameroon Journal of Experimental Biology**, v. 6, n. 1, p. 41-48, 2010.

BELFORT, C.C; NERY, E.B.; SILVA FILHO, J.A.S; SETÚBAL, J.W.; THÉ, F.W.; PARENTE, M.B. Influência da polinização artificial na dinâmica floral de melancia triplóide em condições de cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 21. p. 349-422, 2003.

CAMPAGNOL, R.; NOVOTNY, I.P.; MATSUZAKI, R.T.; MATTAR, G.K.; DONEGA, M.A.; MELLO, S.C. Sistemas de condução e espaçamento entre plantas no rendimento de minimelancia em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. S336-S342, 2010.

CRUZ, D.O.; CAMPOS, L.A.O. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 1-4, p. 5-10, 2009.

CUNNINGHAM, C.R. Fruit setting of watermelons. **American Society for Horticultural Science**, v. 37, p. 811-814, 1939.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop pollination by bees**. Cambridge: CABI, 344 pp., 2000.

DITTMAR, P.J.; DAVID W. MONKS, D.W.; SCHULTHEIS, J.R. Maximum potential vegetative and floral production and fruit characteristics of watermelon pollenizers. **HortScience**, v.44, n.1, p.59-63, 2009.

ELMSTROM, G.W.; MAYNARD, D.N. Attraction of honey bees to watermelon with bee attractant. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 103, p. 130-133, 1990.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. Oxford: 3^a Ed. Pergamon Press, United Kingdom, 244 pp., 1979.

FERREIRA, M.A.J.F. **Técnicas de produção de sementes de melancia, via polinizações manuais controladas, em campo e casa-de-vegetação**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Circular Técnica, n. 40, 7 pp., 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/187028/1/ct040.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2012.

FREE, J.B. **Insect pollination of crops**. 2^a ed. London: Academic Press, 684 pp., 1993.

FREEMAN, J.H.; OLSON, S.M. **Using in-row pollenizers for seedless watermelon production**. HS1079, 2007. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS33300.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2013.

GONÇALVES, M.M.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B. **Produção de minimelancia em sistema orgânico no sul do rio grande do sul como alternativa para a diversificação das áreas de tabaco**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Circular técnica, n. 83, 5 pp. 2009. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30947/1/Circular-83.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2012.

GUERRA SANZ, J.M.. Crop pollination in greenhouses. In: **Bee pollination in agricultural ecosystems**. JAMES, R.R.; PITTS-SINGER, T.L. (eds.). New York: Oxford University Press, Inc., cap. 3, p. 27-47, 2008.

GUERRA SANZ, J.M.; SERRANO, A.R. Influence of honey bees brood pheromone on the production of triploid melon. **Proceedings of the IXth EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae**, INRA, p. 385-390, 2008.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal**. Fortaleza, 2010. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/index_perfil_basico.htm. Acesso em: 04 jun. 2012.

KWON, S.W.; JASKANI, M.J.; KO, B.R.; CHO, J.L. Collection, germination and storage of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) pollen for pollination under temperature conditions. **Asian Journal of Plant Science**, v. 4, n. 1, p. 44-49, 2005.

McGREGOR, S.E. **Insect Pollination of Cultivated Crop Plants**. Washington: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, (U.S.D.A. Hand-book) 496pp., 1976.

MOHR H.C. Watermelon Breeding. In: **Breeding Vegetable Crops**. BASSETT, M.J. (ed.), Connecticut: AVI Publishing Co., cap. 2, p. 37-66, 1986.

MUSSEN, E.C.; THORP, R.W. **Honey Bee Pollination of Cantaloupe, Cucumber and Watermelon**. University of California, Cooperative Extension, 1997. Disponível em: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7224.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2012.

NASCIMENTO, I.R.; SANTOS, L.B.; SANTOS, G.R.; ERASMO, E.A.L. Taxonomia e sistemática, centro de origem e morfologia da melancia. In: **Tecnologias para**

produção sustentável da melancia no Brasil. SANTOS, G.R.; ZAMBOLIM, L. (eds.), Gurupi: Universidade Federal do Tocantins, cap. 1, p. 11-18, 2011.

NJOROGE, G.N.; GEMMILL, B.; BUSSMANN, R.; NEWTON, L.E.; NGUMI, V.M. Diversity and efficiency of wild pollinators of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) at Yatta (Kenya). **Journal of applied Horticulture**, v. 12, n.1, p. 35-41, 2010.

QUEIRÓZ, M.A.; DIAS, R.C.S.; SOUZA, F.F.; FERREIRA, M.A.J.F.; ASSIS, J.G.A.; BORGES, R.M.E.; ROMÃO, R.L.; RAMOS, S.R.R.; COSTA, M.S.V.; MOURA, M.C.C.L. Recursos genéticos e melhoramento de melancia no Nordeste brasileiro. In: **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro.** QUEIRÓZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (eds.), Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg>. Acesso em: 23 mai. 2012.

REYES-CARRILLO, J.L.; CANO-RÍOS, P.; NAVA-CAMBEROS, U. Período óptimo de polinización de melón con abejas melíferas (*Apis mellifera* L.). **Agricultura Técnica en México**, v. 35, n. 4, p. 370-377, 2009.

SEABRA JÚNIOR, S.; PANTANO, S.C.; HIDALGO, A.H.; RANGEL, M.G.; CARDOSO, A.I.I. Avaliação do número e posição de frutos de melancia produzidos em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p.708-711, 2003.

SOUZA, E.B.A.; SOUZA, F.F.; SILVA, A.C.G.; NEVES, L.R.S.; DIAS, R.C.S.; QUEIROZ, M.A.; HOLANDA FILHO, Z.F. Polinização artificial em progênies F₆ de melancia conduzidas em campo. **Horticultura Brasileira**, v.23, n. 2, p. 423-426, 2005.

SOUZA, F.F.; QUEIRÓZ, M.A.; DIAS, R.C.S. Melancia sem semente. Desenvolvimento e avaliação de híbridos triplóides experimentais de melancia. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v.9, n. 2, p. 90-95, 1999.

SOUZA, V.S. **Avaliação da concentração da solução nutritiva no cultivo de tomate, pepino, pimentão, berinjela em pó de coco.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 100pp., 2004.

SPANGLER, H.G., MOFFETT, J.O. Pollination of melons in greenhouses. **Gleanings in Bee Culture**, v. 107, n. 1, p. 17-18, 1979.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. Using commercial bumble bee colonies as backup pollinators for honey bees to produce cucumbers and watermelons. **HortTechnology**, v. 8, n. 4, p. 590-594, 1998.

STANGHELLINI, M.S.; SCHULTHEIS, J.R. Genotypic variability in staminate flower and pollen grain production of diploid watermelons. **HortScience**, v. 40, n. 3, p. 752-755, 2005.

STANGHELLINI, M.S.; SCHULTHEIS, J.R.; AMBROSE, J.T. Pollen mobilization in selected cucurbitaceae and the putative effects on pollinator abundance on pollen depletion rates. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 5, p. 729-736, 2002.

TSCHOEKE, P.H.; PINTO, I.O.; SILVA, R.J. Polinização da melancia por abelhas. In: **Tecnologias para produção sustentável da melancia no Brasil.** SANTOS, G.R.; ZAMBOLIM, L (eds.), Gurupi-TO: Universidade Federal do Tocantins, cap. 4, p. 59-94, 2011.

WALTERS, S.A. Honeybee pollination requirements for triploid watermelon. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1268–1270, 2005.

CAPÍTULO III

Comportamento de adaptação e de forrageamento, e eficiência de polinização de abelhas sem ferrão na cultura da minimelancia sob cultivo protegido

Comportamento de adaptação e de forrageamento, e eficiência de polinização de abelhas sem ferrão na cultura da minimelancia sob cultivo protegido

RESUMO

O crescimento do cultivo protegido na agricultura mundial tem levado culturas agrícolas tradicionalmente cultivadas em campo aberto para dentro de casas de vegetação, fato esse que, por sua vez, impede o acesso de polinizadores às flores dessas culturas. Assim, é necessária a identificação de polinizadores adequados a ambientes confinados. As abelhas sem ferrão têm sido apontadas no Brasil como os polinizadores ideais para essas condições. Com o objetivo de avaliar a viabilidade do uso dessas abelhas como polinizadoras em condições de cultivo protegido, introduziu-se colônias de jandaíra (*Melipona subnitida*) e de *Scaptotrigona* sp. nov. em uma casa de vegetação durante o florescimento de variedades de minimelancia (*Citrullus lanatus*) com semente e sem semente. A viabilidade do uso dessas abelhas foi avaliada tendo como base seu comportamento de adaptação e forrageamento, e eficiência de polinização em cultivo protegido. A abelha jandaíra não mostrou interesse pela cultura diante das condições experimentais. Por outro lado, a abelha *Scaptotrigona* sp. nov. se adaptou bem ao confinamento, coletando recursos florais desde o segundo dia após sua introdução. As campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. mostraram um comportamento essencial para a polinização da minimelancia, pois elas visitaram, para coleta direta de néctar, flores estaminadas e pistiladas dos genótipos diplóides e triplóides. Como consequência, a quantidade e qualidade dos frutos resultantes da polinização por essa abelha não diferiram significativamente da obtida pela polinização manual ($P > 0,05$). Conclui-se que a jandaíra não se adaptou ao cultivo de minimelancia em ambiente protegido. *Scaptotrigona* sp. nov. se adaptou à casa de vegetação, explorando os recursos florais de ambos os tipos de minimelancia de maneira adequada à polinização requerida por essa cultura. A introdução de colônias de *Scaptotrigona* sp. nov. é viável na exploração comercial da minimelancia com e sem semente em ambiente protegido.

Palavras-chave: casa de vegetação, *Citrullus lanatus*, meliponíneos, qualidade de frutos, vingamento de frutos.

Adaptive and foraging behavior and pollination efficiency of stingless bees in greenhouse mini watermelon cultivation

ABSTRACT

The growth of protected cultivation in the agriculture of the world has led crops traditionally cultivated in open field to greenhouses, which, in turn, prevent the access of pollinators to flowers of these crops. Thus, it is necessary to identify suitable pollinators for confined environments. The stingless bees have been pointed out in Brazil as the ideal pollinators for use in these conditions. Aiming to evaluate the viability of using these bees as pollinators under greenhouse conditions, colonies of *Melipona subnitida* and *Scaptotrigona* sp. nov. were introduced in a greenhouse during the flowering of seeded and seedless mini watermelon (*Citrullus lanatus*) varieties. The viability of the use of these species was evaluated based on the adaptive and foraging behavior, and their pollination efficiency under protected environmental conditions. *M. subnitida* did not show any interest to the crop under the experimental conditions. On the other hand, *Scaptotrigona* sp. nov. adapted well to the enclosure and collected floral resources since the second day after its introduction. Moreover, the foragers of *Scaptotrigona* sp. nov. showed an essential behavior for mini watermelon pollination, because they visited, for direct nectar collection, staminate and pistillate flowers from both seeded and seedless genotypes. As a consequence of this behavior, the quantity and the quality of fruits resulting from the pollination of this bee did not differ significantly from the hand pollination ($P > 0.05$). It was concluded that *M. subnitida* did not adapt to the mini watermelon cultivation in protected environment. *Scaptotrigona* sp. nov. adapted well to the greenhouse, exploring the floral resources of both types of mini watermelon adequately to the pollination required by this culture. The introduction of *Scaptotrigona* sp. nov. colonies, for pollination purposes, is viable in the commercial exploitation of seeded and seedless mini watermelon under greenhouse conditions.

Key-words: *Citrullus lanatus*, fruit quality, fruit set, greenhouse, meliponines

3.1 INTRODUÇÃO

O crescimento do cultivo protegido na agricultura mundial tem levado culturas agrícolas tradicionalmente cultivadas em campo aberto para dentro de casas de vegetação, porém essa condição de confinamento impõe uma barreira física que impede o acesso natural de seus polinizadores às suas flores (GUERRA SANZ, 2008).

A escolha pela polinização manual das flores em ambiente protegido, assim como a aplicação de hormônios para produção de frutos, é bastante trabalhosa e onera os custos da atividade (AL-ATTAL *et al.*, 2003; CRUZ & CAMPOS, 2009). Nesse sentido, uma alternativa bem mais viável economicamente seria a introdução de agentes polinizadores adequados a realidade local, bem como, capazes de se adaptar as condições de cultivo protegido e atender os requerimentos de polinização das culturas sob essas condições (BANDA & PAXTON, 1991; CRUZ & CAMPOS, 2009).

A alternativa mais apropriada para a realidade brasileira parece ser os meliponíneos, conhecidos popularmente como abelhas sem ferrão, pois esses ocorrem de maneira natural em todo o território brasileiro e possuem um ferrão atrofiado, o que impossibilita riscos com ferroadas para as pessoas que trabalham realizando os tratos culturais dentro do ambiente protegido. Esses insetos também constituem colônias perenes, normalmente ativas o ano inteiro, e que podem ser manejadas em pequenas colmeias que são facilmente transportadas para o local de polinização (HEARD, 1999; MALAGODI-BRAGA *et al.*, 2004). Além do mais, a criação dessas abelhas para polinização de culturas agrícolas tem grande importância no incentivo à sua conservação (VENTURIERI *et al.*, 2012).

Alguns trabalhos já testaram com sucesso a utilização de algumas espécies de meliponíneos na polinização de importantes culturas agrícolas (MALAGODI-BRAGA *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2005; DEL SARTO *et al.*, 2005; BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2008; PALMA *et al.*, 2008a,b; ROSELINO *et al.*, 2010; WITTER *et al.*, 2012). Por ser um grupo bem diverso, apresentando cerca de 400 espécies com características físicas e comportamentais bem diferentes, permite-se a seleção das espécies com características mais adequadas para determinadas espécies vegetais e tipo de casa de vegetação, uma vez que a eficiência dessas abelhas como polinizadores

depende de suas características biológicas em relação à cultura agrícola e ao ambiente protegido em que elas são introduzidas (SLAA *et al.*, 2006; VENTURIERI *et al.*, 2012).

A melanciaira [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] é uma planta de grande interesse econômico, e seu cultivo em ambiente protegido vem aumentando no Brasil e no mundo, com a utilização de genótipos que produzem frutos pequenos, pesando até 1,5 kg (VILELA *et al.*, 2006; GUERRA SANZ, 2008). Esse tipo de fruto alcança maiores preços por quilograma produzido do que a frutos convencionais, de grande porte, tanto no mercado para exportação quanto em redes de supermercados locais (KARASAWA *et al.*, 2008).

Essa cultura agrícola possui elevados requerimentos de polinização, pois necessita de múltiplas visitas de abelhas para obter grãos de pólen, compatíveis e viáveis, suficientes no estigma de suas flores para então vingar um fruto de qualidade comercial (STANGHELLINI *et al.*, 1997; WINFREE *et al.*, 2007). No que se refere às variedades sem semente (triplóides – 3n), suas exigências de polinização se tornam ainda maiores para formação de frutos dentro dos padrões adequados de comercialização (WALTERS, 2005).

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade do uso de abelhas sem ferrão *Melipona subnitida* Ducke e *Scaptotrigona* sp. nov. como polinizadoras no cultivo de minimelancia com e sem semente sob condições de cultivo protegido.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local do estudo e práticas culturais

A pesquisa foi realizada de agosto a outubro de 2011 no município de Fortaleza-CE. O clima característico do município é o tropical quente subúmido (Köppen), com média anual de temperatura e umidade relativa do ar de 26,9°C e 78%, respectivamente (IPECE, 2010).

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação de 160 m² (8m de largura x 20m de comprimento x 3,5 de altura), com sistema de arrefecimento, para controle de temperatura interna, e sistema de irrigação automatizados, situada na Embrapa Agroindústria Tropical (3°45'05''S e 38°34'35.07''W, 36 m acima do nível do mar). Essa casa de vegetação era totalmente revestida por uma cobertura plástica de polietileno de alta densidade aditivada com anti-UV (material que filtra a radiação ultravioleta), que tinha coloração branca leitosa no teto e transparente difusora de luz nas laterais, e, além disso, na altura do pé direito, ela possuía uma tela tipo Aluminet® 50%, cuja função era reduzir a temperatura no interior da estufa. Durante todo o cultivo, as plantas foram fertirrigadas por gotejamento, sendo fornecida a quantidade de água e nutrientes adequados para cada fase de desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2004).

As sementes de duas variedades de minimelancia com semente (2n) (Minipérola e Polimore) e de três variedades sem semente (3n) (HA-5106, HA-5158 e HA-5161) foram semeadas em bandejas plásticas, preenchidas com substrato comercial a base de pó de coco seco. Aos 12 dias, 408 mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de cinco litros, previamente preenchidos com fibra e pó de coco verde (1:1). Os vasos foram dispostos em um espaçamento de 0,8 m entre linhas e de 0,4 m entre plantas. Seguindo as recomendações do cultivo de variedades sem semente foi utilizada a proporção de 3:1 entre variedades triplóides e diplóides (DITTMAR *et al.*, 2009). No 17º dia após o transplante foi feito o tutoramento com fitilho plástico para condução vertical das plantas, procedimento que facilita o manejo da cultura em ambiente protegido. Como sugerido por Mohr (1986) e Campagnol *et al.* (2010), foi permitido apenas um fruto por planta, sendo os frutos seguintes removidos ainda em

seus primeiros dias de desenvolvimento, para que os mesmos não influenciassem no vingamento e desenvolvimento do primeiro.

3.2.2 Preparação das colônias de abelhas

Quatro colônias de *M. subnitida* e duas colônias de *Scaptotrigona* sp. nov. (OLIVEIRA & JESUS, informação pessoal) foram selecionadas e previamente preparadas no meliponário da Universidade Federal do Ceará (UFC) (Figura 7) antes de serem introduzidas, em momentos diferentes, na casa de vegetação experimental. As colônias de ambas as espécies de meliponíneos selecionadas foram padronizadas com relação à quantidade de cria e reservas alimentares antes de serem introduzidas, logo quando surgiram as primeiras flores na cultura da minimelancia (Figura 8).



Figura 7. Vista do Meliponário situado no Setor de Abelhas da Universidade Federal do Ceará (UFC).



Figura 8. Vista das colônias de abelhas sem ferrão instaladas no interior da casa de vegetação.

3.2.3 Comportamento de adaptação ao ambiente protegido

O fluxo horário de saída de campeiras das colmeias durante o tempo em que as flores se encontravam abertas foi acompanhado durante todo o experimento. Esse acompanhamento se resumia a contar, com o auxílio de um contador manual, quantos indivíduos saíam voando de cada colmeia durante dez minutos em cada hora. Com os mesmos dados foi possível também calcular a média diária de campeiras saindo a cada dez minutos de cada hora em que as flores permaneciam abertas. Observou-se também que tipo de atividade as campeiras realizavam após deixarem seus ninhos, além da quantidade de dias, após sua introdução na casa de vegetação, que cada espécie levou para iniciar o forrageamento nas flores de *Minimelancia*.

Além do mais, a fim de se observar as condições internas das colônias ao longo do período em que foram utilizadas para os serviços de polinização, foram realizadas revisões periódicas, onde foi observada a postura da rainha, considerando-a ativa ou não, como também o número de discos de cria novos e emergentes, e a quantidade de potes de alimento armazenados no interior das colônias.

Adicionalmente, a cada hora foram coletados dados internos da casa de vegetação sobre luminosidade (klux), com auxílio de um luxímetro, e temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), por meio de um *datalogger*.

3.2.4 Comportamento de forrageamento em flores de minimelancia

O comportamento geral de forrageamento desses indivíduos foi estudado para determinar que tipo de recursos eles coletavam nas flores de minimelancia, e se quando coletavam entravam em contato com as anteras, durante visitas às flores estaminadas (masculinas), ou com o estigma, no caso das flores pistiladas (femininas). Também foi observado como essas abelhas abordavam as flores e que parte do seu corpo contactava as anteras ou o estigma, de acordo com o tipo de abordagem a flor. Por último, entre os horários de 07:00h e 10:00h, durante dois dias não consecutivos, registrou-se a frequência de visitação às flores, medida pelo número de visitas recebidas por uma flor durante cinco minutos, assim como o tempo cronometrado que essas abelhas permaneciam em cada flor.

3.2.5 Eficiência de polinização da abelha *Scaptotrigona* sp. nov.

A eficiência de polinização da abelha *Scaptotrigona* sp. nov. se deu por meio do cálculo do percentual de vingamento de frutos, em flores que receberam visitas irrestritas dessas abelhas (polinização Livre por Abelha - LA) ao longo de todo seu período de antese. Estes dados foram comparados ao tratamento de requerimento de polinização que obteve o melhor resultado com relação ao vingamento dos frutos, para cada uma das variedades (Capítulo II), assim como com o grupo controle (Polinização Restrita). Dessa forma o tratamento era realizado da seguinte maneira:

- Polinização por *Scaptotrigona* sp. nov. (LA): os botões florais pistilados, que se encontravam na fase de pré-antese, eram protegidos por sacos de filó às 15:00h. Na manhã seguinte, as flores pistiladas eram desensacadas assim que se abriam e deixadas livres até o término de sua fase de antese, assim permitindo que as flores recebessem inúmeras visitas de abelhas *Scaptotrigona* sp. nov.. Então, as flores eram reensacadas após suas pétalas se encontrarem totalmente cerradas, e permaneciam assim até a manhã

do dia seguinte, para que sofressem condições de estresse semelhante a das flores dos demais tratamentos de requerimentos de polinização (Capítulo II).

Também foram comparados os atributos qualitativos entre os frutos resultantes do tratamento LA e os frutos do tratamento, de requerimento de polinização, que obteve os melhores resultados com relação a taxa de vingamento de frutos, para cada variedade. Para tais comparações, as seguintes variáveis foram analisadas: massa (g), comprimento (cm) e largura (cm) e deformação do fruto, espessura da casca (cm), firmeza da polpa (N), sólidos solúveis totais (°Brix) e número de sementes por fruto. Todos os frutos foram colhidos de 30 a 35 dias após a polinização, e analisados no Laboratório de Melhoramento e Recursos Genéticos Vegetais da Embrapa Agroindústria Tropical.

3.2.6 Análise dos dados

Para os dados de fluxo de saída de campeiras das colmeias durante 10 minutos de cada hora foi aplicada análise de regressão com análise de variância da curva pelo teste F, utilizando o programa Table Curve 2D versão 5.01. Os dados referentes à eficiência de polinização com base no vingamento dos frutos, por possuírem um caráter binomial (vingou = 1 e não vingou = 0), foram submetidos diretamente ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e os resultados comparados por meio do teste de Mann-Whitney a 5% de significância. Para realização dessa análise foi utilizado o programa estatístico PAST (*Paleontological Statistics*).

Todos os dados das variáveis referentes à qualidade dos frutos foram submetidos a testes de normalidade e transformações de dados. Aquelas variáveis que apresentaram distribuição normal foram então submetidas à análise de variância utilizando-se o SAS versão 9.1 por meio da rotina PROC GLM (Modelos Lineares Generalizados), e suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de significância. Entretanto, quando não houve distribuição normal, mesmo após as transformações de dados, optou-se por testes não paramétricos para realização das análises estatísticas e comparação de médias. Desse modo, os dados referentes à firmeza da polpa foram submetidos ao teste de Wilcoxon utilizando-se o SAS versão 9.1 por meio da rotina PROC NPAR1WAY, e seus resultados comparados pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

Para os dados das demais variáveis analisadas foram calculadas as médias com seus respectivos desvios padrões.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Comportamento de adaptação ao ambiente protegido

Durante o primeiro dia de adaptação ao ambiente protegido ambas as espécies de abelha apresentaram um comportamento bastante similar. Muitas de suas campeiras saíram em voo, de suas colmeias, tão logo que os raios solares começaram a iluminar o interior da casa de vegetação. Porém, ao invés dessas campeiras se direcionarem às flores, elas se chocavam incessantemente contra o teto ou as laterais semitransparentes da casa de vegetação (Figura 9). O local de colisão das campeiras na casa de vegetação (lateral leste, oeste ou teto) dependia da hora do dia e, conseqüentemente, do movimento aparente do sol, já que elas costumavam se chocar por onde os raios solares penetravam. Algumas dessas abelhas também buscaram frestas nesses materiais na tentativa de alguma forma ultrapassar essa barreira física que limitava seus voos. A maioria das campeiras quando começava esse comportamento se mostrava desorientada, não conseguia mais retornar a colmeia, e continuava a colidir contra a estrutura plástica até morrer por exaustão.

Os primeiros dias após a introdução dos ninhos no interior da casa de vegetação correspondem ao período mais crítico para as abelhas (FREE, 1993; CRUZ *et al.*, 2004; ANTUNES, 2005). Segundo Fisher & Pomeroy (1989) e Guerra Sanz (2008), dentre as abelhas até hoje estudadas, as espécies pertencentes ao gênero *Bombus* parecem ser as que sentem menos o confinamento. As operárias de *Bombus* geralmente se adaptam rapidamente ao ambiente protegido, iniciando logo os serviços de polinização, chocando-se raramente contra paredes e tetos na tentativa de fuga. Por outro lado, para as colônias de *Apis mellifera* e algumas espécies de meliponíneos, é normal que nos primeiros dias após a introdução em um ambiente protegido as campeiras apresentem um comportamento de desorientação, tentativa de fuga e colidam contra a estrutura de revestimento da casa de vegetação (FREE, 1993; MALAGODI-BRAGA, 2002; CRUZ

et al., 2004; ANTUNES, 2005). Provavelmente, esse comportamento resultou na morte, principalmente, das abelhas mais experientes da colônia, sobre as quais recaía a tarefa de forrageamento. Assim, depois da morte de várias campeiras e alguns dias de aclimatação, percebeu-se uma grande diminuição do comportamento de fuga, choque e desorientação, de maneira semelhante ao comportamento descrito por Free (1993), Cauich *et al.* (2004) e Antunes (2005).



Figura 9. Campeiras de jandaíra (*Melipona subnitida*) e *Scaptotrigona* sp. nov. colidindo contra a lateral plástica da casa de vegetação, e outras abelhas já mortas por exaustão.

De acordo com Free (1993) e Slaa (2003), o ambiente da casa de vegetação tem tamanho limitado, o que impõe resistência física ao voo das forrageadoras. Portanto, é compreensível que as abelhas inicialmente colidam contra as paredes transparentes da casa de vegetação ou teto na tentativa de continuarem a atividade de forrageamento que faziam antes de sua introdução no ambiente protegido, principalmente as operárias mais velhas, as quais deixavam seus ninhos e voavam em direção ao sol para se orientarem em relação às suas antigas linhas de voo.

Após tentativas iniciais de escapar, as campeiras de jandaíra (*M. subnitida*) apresentaram pouco movimento de saída do ninho durante todo o período em que estiveram dentro da casa de vegetação (Figura 10 e 11). Dessa forma, suas atividades ao longo do período de antese das flores se restringiam, principalmente, a voos curtos para remoção de lixo de dentro das colmeia (pedaços de larvas, pupas e abelhas adultas mortas).

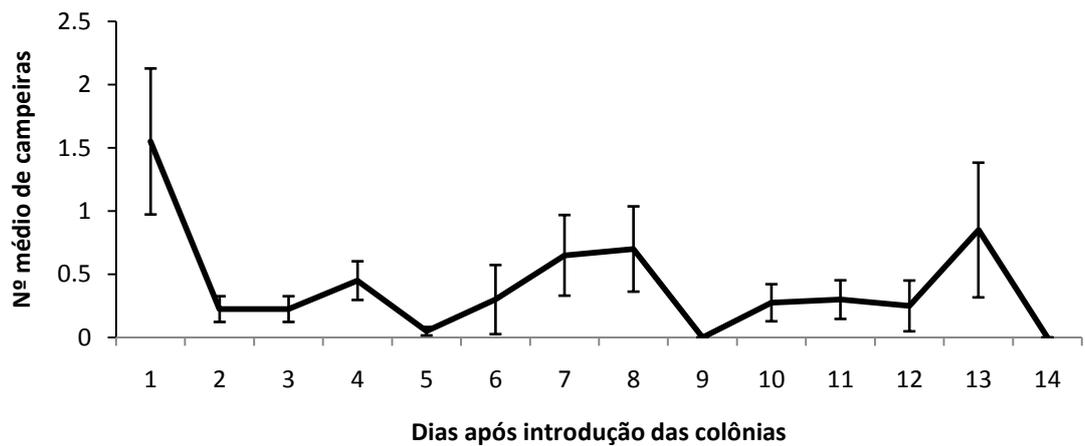


Figura 10. Número médio de campeiras de jandaíra (*Melipona subnitida*) saindo diariamente das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (*Citrullus lanatus*).

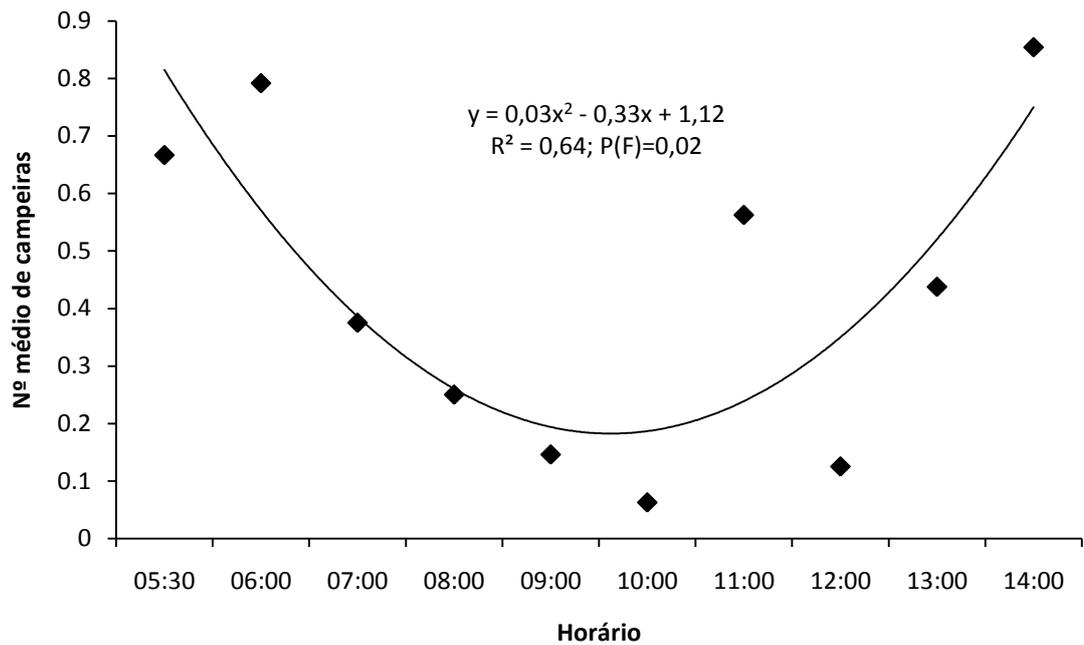


Figura 11. Número médio de campeiras de jandaíra (*Melipona subnitida*) saindo das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (*Citrullus lanatus*).

As colônias de *M. subnitida* tiveram que ser removidas da casa de vegetação 14 dias após sua introdução, pois elas além de não visitarem a cultura, já se encontravam com sua população inicial e condição de desenvolvimento da colônia fortemente reduzidas, como consequência da alta mortalidade das campeiras e crias, e interrupção da postura de ovos por parte da rainha (Figura 12A, B, C e D). Além do mais algumas colônias já haviam fechado totalmente a entrada do ninho com resina para impedir que fossem saqueadas por abelhas de outras colônias (Figura 13).

Embora os meliponíneos de uma forma geral aceitem bem a vida em ambientes fechados, algumas espécies podem não se adaptar às condições impostas por determinado tipo de casa de vegetação ou mesmo pela cultura agrícola em si. Malagodi-Braga (2002), por exemplo, observou que as espécies de abelhas sem ferrão *Schwarziana quadripunctata* e *Scaptotrigona bipunctata* não visitaram as flores da cultura do morango (*Fragaria x ananassa*), cultivado sob ambiente protegido, por falta de atratividade e interesse em seus recursos florais, ou por não serem capazes de se adaptar às condições impostas pelo tipo de casa de vegetação.

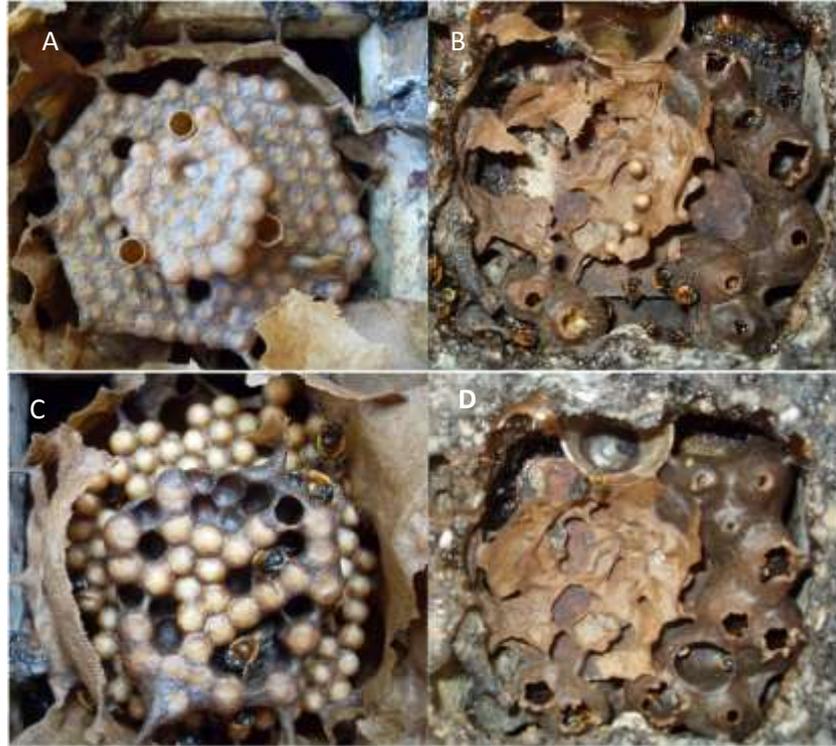


Figura 12. Estado do desenvolvimento de uma colônia de jandaíra (*Melipona subnitida*) ao longo do experimento: A) discos de cria no momento de sua introdução na casa de vegetação; B) potes de alimento no momento de sua introdução na casa de vegetação; C) discos de cria após 14 dias sob ambiente protegido; D) potes de alimento após 14 dias sob ambiente protegido.



Figura 13. Colmeia de jandaíra (*Melipona subnitida*) no interior da casa de vegetação experimental. Em detalhe a entrada da colmeia bloqueada com resina.

Diferentemente do presente experimento, Cruz *et al.* (2004) e Silva *et al.* (2005) obtiveram sucesso na utilização de colônias de jandaíra para polinização em cultivo protegido, sendo que a cultura agrícola era a do pimentão (*Capsicum annuum*), e a casa de vegetação possuía características diferentes como, teto de vidro e lateral revestida com tela antipraga, além de não possuir um sistema de arrefecimento.

Talvez, essa não adaptação da jandaíra às condições impostas pela casa de vegetação do presente experimento pode ter sido causada pelo material de revestimento da casa de vegetação, e não relacionada à atratividade da cultura da melancia para essas abelhas, já que o material plástico de revestimento da casa de vegetação experimental era tratado com anti-UV. De acordo com Guerra Sanz (2008) e van der Blom (2010), uma das medidas preventivas possíveis contra insetos pragas é o uso de coberturas para casas de vegetação que tenham a tecnologia de bloquear a entrada de luz ultravioleta (UV). Esses materiais são capazes de transmitir a faixa de luz que a planta necessita para realizar a fotossíntese, mas bloqueiam ou diminuem a entrada da luz UV, a cor visível mais importante para os insetos. Se por um lado esse tipo de cobertura plástica faz com que haja uma redução na necessidade do uso de pesticidas, o que é desejável para os consumidores dos frutos e para as abelhas que são introduzidas para fins de polinização, por outro lado a cobertura plástica que bloqueia a entrada de UV, com intuito de reduzir a incidência de pragas, também pode alterar a atividade dos polinizadores, podendo até impedir com que eles realizem a função para qual foram destinados dentro da casa de vegetação.

Outra possível causa da não adaptação das colônias de jandaíra à casa de vegetação experimental foi a interação entre a temperatura (média máxima de 33,4°C) e a alta umidade (média máxima de 97,4%) (Figura 14) imposta pelo ambiente experimental, que possuía um sistema de arrefecimento. Esse tipo de condição ambiental não é encontrada na Caatinga, região onde essa espécie evoluiu e se adaptou (MOURE *et al.*, 2007). Segundo Cauich *et al.* (2004), altas temperaturas e umidade relativa do ar prejudicam tanto no desenvolvimento de colônias quanto no comportamento de forrageamento de campeiras de abelhas sem ferrão.

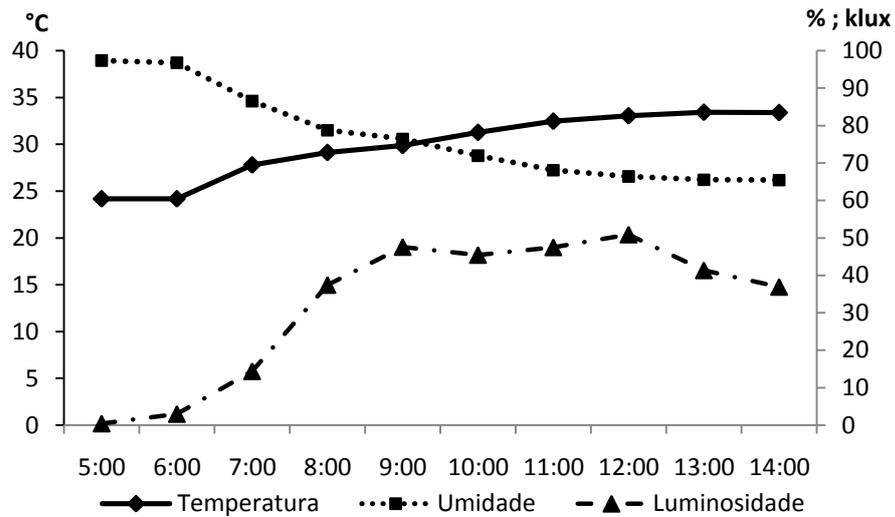


Figura 14. Temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e luminosidade (klux) ao longo do dia no interior da casa de vegetação.

Por outro lado, apesar das campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. apresentarem um comportamento bastante similar ao das campeiras de jandaíra no primeiro dia, como a grande mortalidade pelos choques incessantes contra as estruturas de revestimento da casa de vegetação, elas já iniciaram o forrageamento nas flores de minimelancia a partir do segundo dia após sua introdução. Esse contato inicial se deu por volta das 10:00h quando algumas poucas campeiras começaram a forragear em flores bem próximas a suas colmeias. Percebeu-se que quando essas poucas campeiras retornaram ao ninho após a visitação às flores, repentinamente houve grande aumento no fluxo de saída de campeiras das colmeias, com indivíduos de *Scaptotrigona* sp. nov. voando diretamente para as flores e, aos poucos, expandindo seu raio de ação dentro da casa de vegetação. A partir do terceiro dia até o final do experimento essas abelhas visitaram as flores de minimelancia durante todo seu período de antese.

Como as abelhas normalmente com mais idade têm a função de realizar a coleta dos recursos florais, elas já possuem certos hábitos e experiências previamente estabelecidas com relação ao ambiente anterior, então, é natural que elas apresentem uma maior dificuldade em se adaptar ao ambiente protegido (FREE, 1993; ANTUNES, 2005). Isso explica a alta mortalidade de campeiras no primeiro dia. Como conseqüência dos acontecimentos do primeiro dia após a introdução das colônias de *Scaptotrigona* sp. nov. houve uma mudança de comportamento já no segundo dia, que,

segundo Free (1993), Cauich *et al.* (2004); Cruz *et al.* (2004) e Antunes (2005), pode ser explicada pela renovação das abelhas campeiras, as quais antes da introdução das colônias no ambiente protegido, ainda não realizavam atividades de forrageamento e, portanto, não haviam ainda estabelecido suas linhas de voo e dessa forma não tiveram tanto problema em se adaptar às novas condições impostas pelo cultivo protegido. Após sua adaptação à casa de vegetação, que culminou com o início do forrageamento nas flores, observou-se que apenas uma fração bem pequena de campeiras continuou a colidir contra paredes e teto durante o restante do experimento, assim como também um número muito pequeno de abelhas saíam de seus ninhos em voos curtos para retirada de lixo. Principalmente a partir do terceiro dia após a introdução das colônias no ambiente protegido se percebeu que a grande maioria das campeiras que deixava suas colmeias voava diretamente para as flores em busca de seus recursos florais, e se manteve assim até o final do experimento (Figura 15).

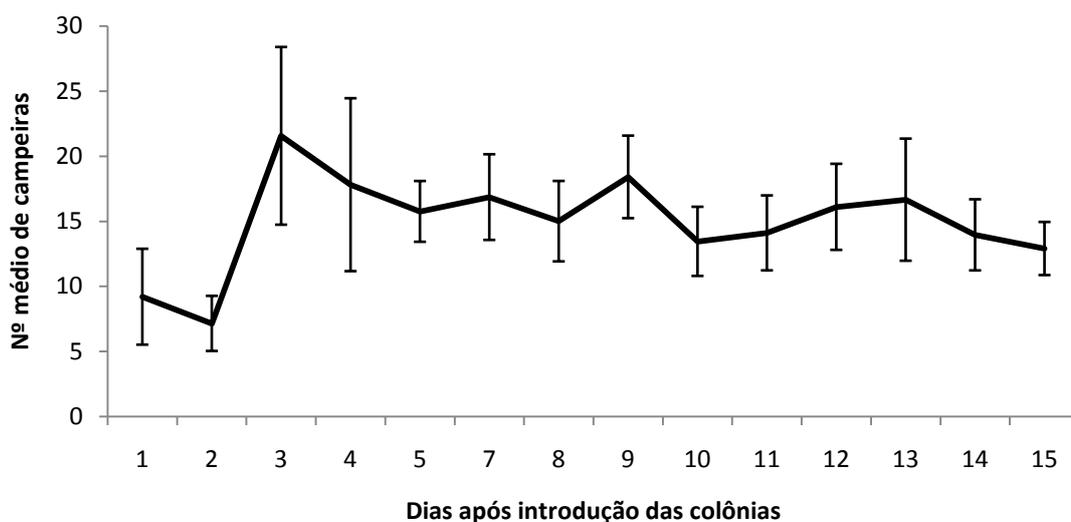


Figura 15. Número médio de campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. saindo diariamente das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antesedas flores de minimelancia (*Citrullus lanatus*).

O período de adaptação ao cultivo protegido pode variar muito, tanto entre espécies quanto entre colônias da mesma espécie de abelhas sem ferrão. Algumas espécies como, por exemplo, a *Nannotrigona perilampoides*, apresentou colônias que variaram de cinco dias até oito semanas para iniciar a visitação constante às flores do

tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivado em casa de vegetação (MACIAS *et al.*, 2001; CAUICH *et al.*, 2004). Outros meliponíneos como *Melipona quadrifasciata*, já no segundo dia após sua introdução, começaram a visitação às flores de pimenta (*Capsicum frutescens*) (CRUZ, 2009). Já Cruz *et al.* (2004) relataram que após sete dias de confinamento, as abelhas jandaíra deram início à coleta dos recursos florais e, conseqüentemente, à polinização do pimentão. Malagodi-Braga (2002), trabalhando com outras espécies de meliponíneos para polinização do morango sob ambiente protegido, observou que em colônias de *Tetragonisca angustula*, o tempo de aclimação variou de um dia a três semanas entre as colônias dessa espécie, enquanto que para *Nannotrigona testaceicornis* esse tempo foi de três dias. Surpreendentemente, ainda no mesmo experimento, um ninho natural de *Trigona spinipes*, que apresenta normalmente uma grande população que pode chegar a mais de 5.000 indivíduos, levou apenas quatro horas para iniciar a visitação de forma constante às flores do morangueiro. Entretanto, essas últimas abelhas demonstraram um grande inconveniente quando, após nove dias de polinização bem sucedida, passaram a buscar alimento não mais nas flores, e sim diretamente nos morangos maduros, o que levou a destruição diversos frutos.

Como relatado anteriormente, no presente experimento as campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. levaram apenas, aproximadamente, 30 horas para iniciar o forrageamento nas flores de minimelancia sob cultivo protegido. Além do mais, suas colônias mantiveram seu desenvolvimento interno (postura da rainha, nº de discos de cria e nº de potes de alimento) e nível populacional pouco afetado durante todo o período de confinamento (Figura 16A e B), mesmo diante de condições adversas impostas pelo ambiente protegido experimental, como altas temperaturas, elevada umidade do ar e ausência de luz ultravioleta (UV). Ainda, após o retorno ao meliponário, essas colônias recuperaram em menos de 30 dias suas condições de desenvolvimento interno a níveis similares aos encontrados no dia de sua introdução na casa de vegetação.

Esses resultados demonstram que as colônias de *Scaptotrigona* sp. nov. apresentam um excelente potencial para uso comercial na polinização em cultivo protegido, pois elas se adaptaram rapidamente à casa de vegetação, iniciaram em menos

de dois dias a visitação às flores, mantiveram as condições de suas estruturas internas satisfatórias durante todo o período de polinização, e tiveram curto período de recuperação quando de volta ao meliponário, o que possibilita a reutilização das mesmas colônias em novos serviços de polinização.



Figura 16. Estado do desenvolvimento de uma colônia de *Scaptotrigona* sp. n. ao longo do experimento: A) discos de cria e potes de alimento no momento de sua introdução na casa de vegetação; B) discos de cria e potes de alimento após 15 dias sob ambiente protegido.

3.3.2 Comportamento de forrageamento em flores de minimelancia

A atividade de forrageamento de *Scaptotrigona* sp. nov., após o curto período de adaptação ao ambiente protegido, iniciava às 05:30 h (Temperatura = 24,5°C; Umidade = 97% e Luminosidade = 1,79 klux) (Figura 14), logo após a entrada dos primeiros raios solares na casa de vegetação e, início da antese das flores de minimelancia. Percebeu-se que apesar dessa atividade começar com apenas uma média de 2,46 indivíduos saindo das colmeias, principalmente, para forragear, ela aumentava rapidamente, tendo um pico máximo logo às 08:00 h com 27,71 indivíduos. Após esse período foi notado que o número de campeiras que saiam de seus ninhos foi decrescendo vagarosamente até quase cessar após as 14:00 h, quando ainda se tinha uma média de 3,82 campeiras (Figura 17) em busca dos escassos recursos oferecidos pelas flores nesse horário, ao mesmo tempo em que essas já se encontravam com suas pétalas quase totalmente

cerradas. Portanto, esses indivíduos permaneceram ativos fora de seus ninhos somente enquanto as flores estiveram abertas. As abelhas *Scaptotrigona* sp. nov., no presente experimento, tiveram seu pico de visitação dentro do período ótimo de receptividade do estigma e viabilidade polínica, que acontece até cinco horas após a abertura floral (ADLERZ, 1966; KWON, *et al.*, 2005).

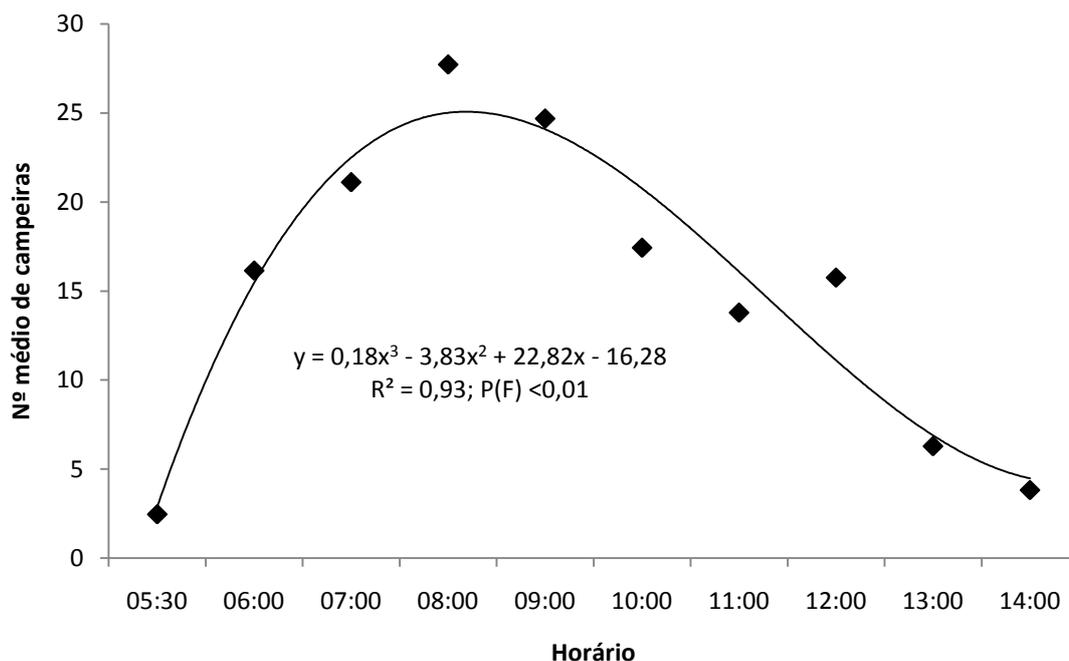


Figura 17. Número médio de campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. saindo das colmeias durante 10 minutos em cada hora do período de antese das flores de minimelancia (*Citrullus lanatus*).

Diferentemente das colônias de *A. mellifera* que, segundo Azo'o *et al.* (2010), apresentam certa quantidade de campeiras, pelo menos no início da manhã, em coleta direta de pólen nas flores da melancieira, não foi observado coleta desse recurso floral, na forma direta, pelas campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov.. Estas abelhas basicamente procuraram néctar tanto nas flores pistiladas como nas flores estaminadas, porém em visitas às flores estaminadas elas acabavam se contaminando com bastante pólen. Uma parte desses grãos de pólen espalhados pelo corpo era transferida para as corbículas e posteriormente levado ao ninho (Figura 18F). Ainda assim uma grande quantidade de grãos de pólen permanecia espalhada principalmente na região da cabeça,

pernas e parte ventral do tórax e do abdome, que eram os grãos de pólen que apresentavam o potencial para serem transferidos aos estigmas em visitas posteriores às flores pistiladas.

Com relação às formas de abordagem às flores, notou-se que as forrageadoras podiam utilizar as pétalas de ambos os tipos florais (estaminadas ou pistiladas) como plataforma de pouso e em seguida caminhar por essas na direção do nectário, que se encontrava no fundo da corola, e assim, de forma não intencional, contatar as partes reprodutivas com a cabeça e porção dorsal do tórax (Figura 18A e B). A outra forma de abordagem às flores era caracterizada pelo pouso desses indivíduos diretamente nas partes reprodutivas das flores (antras nas flores estaminadas e estigma nas flores pistiladas), onde também caminhavam em direção ao nectário para sorver o néctar com sua glossa (Figura 18C e D e Figura 19B e C). Nessa última forma de abordagem elas normalmente contatavam as partes reprodutivas das flores com praticamente toda a porção ventral de seu corpo (tórax, abdome e pernas).

Em ambas as formas de abordagem, observou-se transferência de grãos de pólen ao corpo da abelha, contudo visualmente percebia-se que uma porção maior do corpo desses indivíduos entrava em contato com as partes reprodutivas das flores quando esses abordavam as flores pousando diretamente em suas partes reprodutivas (Figura 18E). Ainda, era possível observar algumas campeiras realizando as duas formas de abordagem na mesma flor durante a mesma visita.

Quando as abelhas que visitavam uma flor pistilada a procura de néctar continham boa porção de pólen espalhadas pelo seu corpo, percebia-se, visualmente, grande transferência de grãos de pólen de seu corpo para a superfície estigmática da flor. Além do mais, algumas campeiras possuíam o hábito de caminhar sobre as pétalas e superfície estigmática para alcançar o outro lado do nectário, assim tocando e transferindo grãos de pólen em uma única visita para mais de um dos lóbulos do estigma (Figura 19A e D). De acordo com Mann (1943) e Delaplane & Mayer (2000) uma flor de melancia necessita ter grãos de pólen espalhados por todos os lóbulos do estigma para o desenvolvimento de frutos sem deformação.

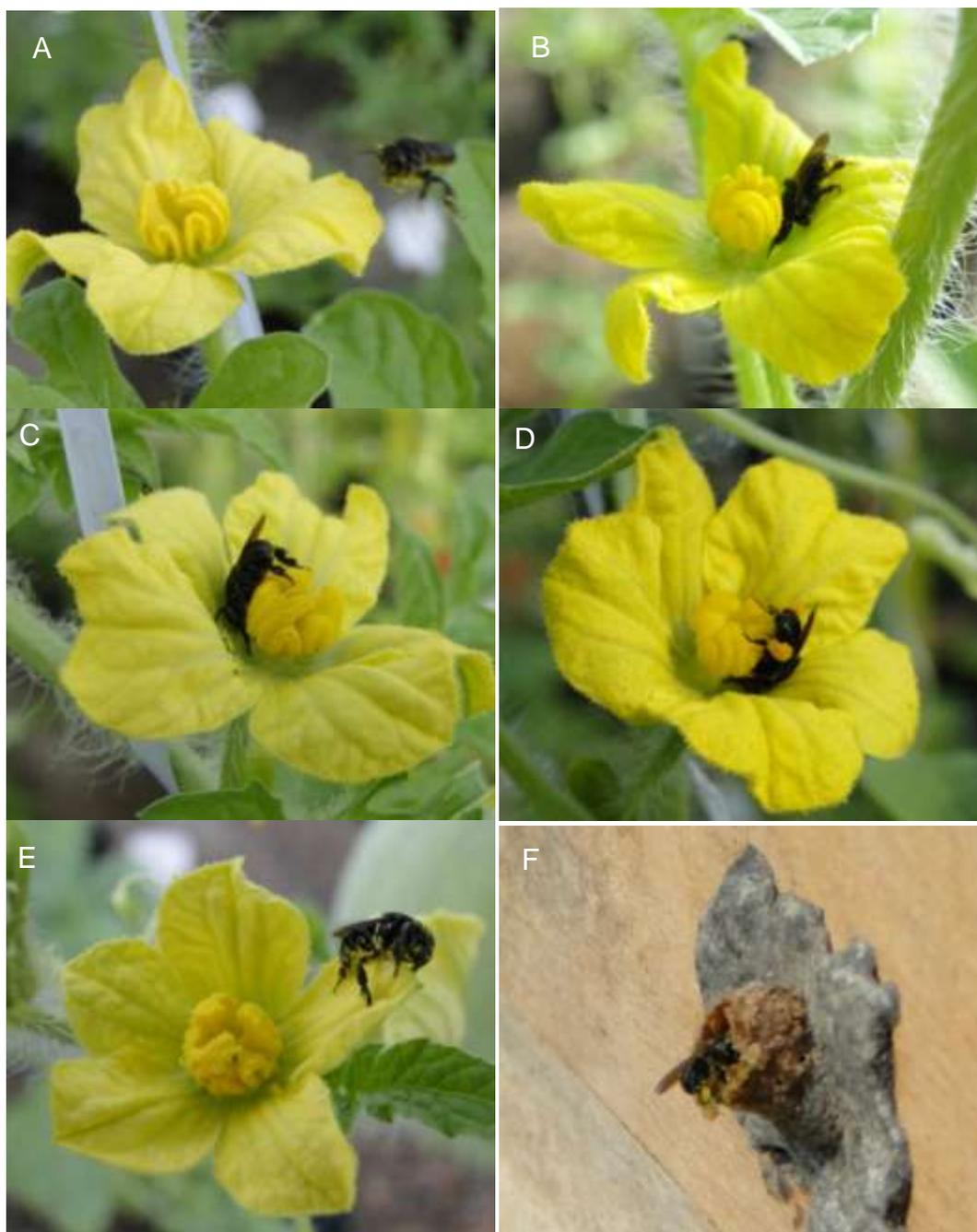


Figura 18. Formas de abordagem das campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. às flores estaminadas de minimelancia (*Citrullus lanatus*): A) abelha pousando sobre a flor; B) abelha pousada nas pétalas tocando a cabeça e parte dorsal do tórax nas anteras na tentativa de acessar o nectário floral, localizado na base da corola, com sua glossa; C) abelha pousada sobre as anteras, contaminando com pólen a porção ventral de seu tórax, abdome e pernas, buscando acessar o nectário floral na base da corola; D) abelha abordando a flor para coleta direta de néctar, porém com as corbículas cheias de pólen; E) Abelha pousada nas pétalas com uma grande quantidade de grãos de pólen espalhados principalmente sobre a região ventral do seu corpo; F) abelha retornando ao ninho carregando pólen nas corbículas.



Figura 19. Formas de abordagem das campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. às flores pistiladas de minimelancia (*Citrullus lanatus*): A) Campeira caminhando das pétalas para a superfície estigmática; B) Campeira, com pólen na corbícula, pousada diretamente sobre o estigma para acessar o nectário floral; C) Campeira caminhando sobre a superfície estigmática; D) Estigma repleto de grãos de pólen deixados pela campeira em busca de néctar.

Segundo Gross (2005), uma das maneiras de medir a eficiência de um polinizador é por meio de medidas indiretas de sua eficiência, como, por exemplo, o registro das formas de abordagem às flores, do tipo de recurso coletado, da duração da visita e da frequência de visitação às flores. Quanto mais informação desse tipo for coletada, maior a probabilidade de um visitante ser acreditado como polinizador.

A duração de cada visita de uma forrageadora de *Scaptotrigona* sp. nov. a uma flor de minimelancia, para coleta direta de néctar, variou de 2,27 a 43,95 segundos, com média de $13,10 \pm 8,86$ ($n = 68$). Assim, percebeu-se que as abelhas *Scaptotrigona* sp. nov. permaneceram muito mais tempo na visitação por flor de melancia do que as abelhas *A. mellifera*, as quais, segundo dados relatados por Adlerz (1966), Njoroge *et al.* (2004) e Azo'o Ela *et al.* (2010), permaneceram em média, na visitação também para

coleta de néctar, respectivamente, 6,85s, 1,03 s e 5,42s. Nesse sentido, pode-se sugerir que o longo tempo que essa espécie de meliponíneofica visitando uma flor, aliado ao seu comportamento de muitas vezes pousar e caminhar sobre as partes reprodutivas, parece maximizar a distribuição dos grãos de pólen sobre os três lóbulos do estigma, fator fundamental para formação de frutos sem deformações (MANN, 1943). Contudo, de acordo com Adlerz (1966) as campeiras de *A. mellifera* raramente mudam de posição após seu pouso na flor da melancieira, restringindo assim seu contato a apenas um dos lóbulos do estigma por visita. Logo, esse mesmo autor concluiu que a distribuição dos grãos de pólen, pelas abelhas *A. mellifera*, no estigma depende mais das múltiplas visitas recebidas do que do tempo que cada campeira permanece na flor, ou mesmo do movimento realizado por essas na flor após seu pouso. Requerimento esse, por múltiplas visitas, que também foi atendido pelas campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov., uma vez que cada flor de minimelancia recebeu em média $6,0 \pm 3,69$ ($n = 24$) visitas durante um intervalo de cinco minutos.

Após as campeiras deixarem uma flor, algumas vezes, elas se dirigiam em seguida à flor mais próxima, as quais normalmente eram as flores dentro da mesma planta ou em uma mesma linha, uma vez que o próprio sistema de condução vertical dos ramos das plantas e o pequeno espaçamento (40 cm) entre essas favoreciam a proximidade das flores da mesma planta e da mesma linha. Contudo, muitas vezes, observou-se campeiras realizando movimentações entre linhas e visitando apenas uma flor por planta antes de se dirigirem para a próxima. Então, de uma maneira geral, pode-se afirmar que não foi estabelecido um padrão bem definido para tal comportamento.

É normal que as abelhas procurem as flores mais próximas, pois assim elas maximizam o forrageamento, explorando mais flores por área e diminuindo o gasto energético com os voos, já que quando as flores são muito próximas elas podem apenas realizar voos curtos ou mesmo caminhar pelos ramos da planta até a flor mais próxima (WALTERS & SCHULTHEIS, 2009). Nesse sentido, como as campeiras de *Scaptotrigona* sp. nov. podiam explorar durante uma mesma viagem flores contidas na mesma planta, mesma linha ou mesmo entre linhas, sugere-se que esse comportamento tenha favorecido a transferência de grãos de pólen de plantas diplóides para as plantas triplóides que, pelo arranjo espacial experimental, encontravam-se em linhas distintas.

Tal comportamento é extremamente positivo quando se almeja a produção de frutos sem semente, já que esses, por serem triplóides, requerem grãos de pólen das variedades com semente ($2n$) para formação de frutos (SOUZA *et al.*, 1999).

Esses resultados demonstram que as colônias de *Scaptotrigona sp. nov.* possuem comportamento adequado para a polinização da cultura da minimelancia com e sem semente sob ambiente protegido, pois suas campeiras visitaram múltiplas vezes as flores de ambos os sexos e tipos (diplóide e triplóide) tocando suas partes reprodutivas, com consequente transferência de grãos de pólen das flores estaminadas ao corpo dessas abelhas, e do corpo dessas abelhas ao estigma das flores pistiladas.

3.3.3 Eficiência de polinização da abelha *Scaptotrigona sp. nov.*

A polinização realizada livremente durante todo o período de antese, pelas campeiras das duas colônias da abelha *Scaptotrigona sp. nov.* introduzidas na casa de vegetação experimental (tratamento LA), resultou em 83,33% e 77,78% de vingamento de frutos, respectivamente, para as variedades com semente ($2n$) Minipérola e Polimore. Esses resultados se mostraram estatisticamente iguais aos obtidos pelo tratamento de polinização MG (84,62% e 84,62% para ‘Minipérola’ e ‘Polimore’, respectivamente) (Tabela 4), o qual foi considerado, dentre os tratamentos de requerimentos de polinização, o tratamento de polinização manual que levou as flores pistiladas das variedades com semente ($2n$) ao percentual máximo de vingamento de frutos (Capítulo II). Considerando os genótipos diplóides (Minipérola e Polimore) em conjunto, obteve-se percentual de vingamento de frutos de 80,95% para o tratamento LA e de 84,62% para MG, sendo que não houve diferença significativa entre ambos os tratamentos ($P > 0,05$).

Para as variedades sem semente ($3n$), o tratamento LA levou 92,86%, 46,15% e 84,62% das flores pistiladas à formação de fruto em HA-5158, HA-5161 e HA-5106, respectivamente (Tabela 5). Resultados esses estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$) aos obtidos pelo tratamento MCM (95%, 60% e 88,24% para HA-5158, HA-5161 e HA-5106, respectivamente), o qual foi o tratamento de polinização manual que resultou no índice máximo de formação de frutos para variedades triplóides (Capítulo II). Considerando os genótipos triplóides em conjunto, obteve-se um percentual de

vingamento de frutos de 75% para o tratamento LA e de 82,69% para MCM, sendo que não houve diferença significativa entre ambos os tratamentos ($P > 0,05$).

Essa diferença numérica encontrada entre ambos os tratamentos dentro de cada tipo de minimelancia (2n ou 3n), provavelmente seja resultado da transferência inadequada de grãos de pólen estéreis, provenientes dos genótipos triplóides, pelas campeiras, uma vez que as mesmas visitam indiscriminadamente tanto flores estaminadas das variedades com semente quanto, sem semente. Esses grãos de pólen estéreis, por sua vez, podem atrapalhar o processo de polinização, pois eles provavelmente causam obstrução de parte da superfície estigmática, assim deixando menos espaço para o contato direto e consequente germinação dos grãos de pólen geneticamente viáveis (2n) na superfície estigmática das flores pistiladas de ambos os tipos de minimelancia (STANGHELLINI *et al.* 2002a; WALTERS, 2005).

Tabela 4. Eficiência de polinização da abelha *Scaptotrigona* sp. nov. na cultura de minimelancia (*Citrullus lanatus*) com semente (2n), sob ambiente protegido.

TIPO DE POLINIZAÇÃO	VARIEDADES COM SEMENTE (2n)						GERAL COM SEMENTE (2n)		
	MINIPÉROLA			POLIMORE			FLORES	VINGAMENTO	
	FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO			FRUTOS	%
		FRUTOS	%		FRUTOS	%	FRUTOS		
LA ¹	12	10	83,33a ²	9	7	77,78a	21	17	80,95a
MG	13	11	84,62a	13	11	84,62a	26	22	84,62a
RESTRITA	10	0	0,00b	10	0	0,00b	20	0	0,00b
TOTAL	35	21	-	32	18	-	66	39	-

^{1/} LA – Polinização livre por abelha *Scaptotrigona* sp. nov.; MG - Polinização manual geitonogâmica; RESTRITA - flor protegida para não receber polinização. ^{2/} Valores seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem significativamente entre si (Teste de Kruskal Wallis), P < 0,05.

Tabela 5. Eficiência de polinização da abelha *Scaptotrigona* sp. nov. na cultura de minimelancia (*Citrullus lanatus*) sem semente (3n), sob ambiente protegido.

TIPO DE POLINIZAÇÃO	VARIEDADES SEM SEMENTE (3n)									GERAL SEM SEMENTE (3n)		
	HA-5158			HA-5161			HA-5106			FLORES	VINGAMENTO	
	FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO		FLORES	VINGAMENTO			FRUTOS	%
		FRUTOS	%		FRUTOS	%		FRUTOS	%	FRUTOS		
LA ¹	14	13	92,86a ²	13	6	46,15a	13	11	84,62a	40	30	75,00a
MCM	20	19	95,00a	15	9	60,00a	17	15	88,24a	52	43	82,69a
RESTRITA	10	0	0,00b	10	0	0,00b	10	0	0,00b	30	0	0,00b
TOTAL	44	32	-	38	15	-	40	26	-	122	73	-

^{1/} LA – Polinização livre por abelha *Scaptotrigona* sp. nov.; MCM - polinização manual cruzada com pólen de 'Minipérola'; RESTRITA - flor protegida para não receber polinização. ^{2/} Valores seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem significativamente entre si (Teste de Kruskal Wallis), P < 0,05.

Com relação à qualidade dos frutos, os resultados revelaram que tanto os frutos dos genótipos diplóides resultantes do tratamento LA quanto do MG não apresentaram diferenças entre si ($P > 0,05$), para variáveis analisadas: massa, comprimento, largura e deformação do fruto, espessura da casca, firmeza da polpa, sólidos solúveis e nº de sementes por fruto. Do mesmo modo, os frutos dos genótipos triplóides resultantes do tratamento LA e MCM não diferiram entre si ($P > 0,05$) para as características qualitativas avaliadas (Figura 20).

Esses resultados demonstram que a polinização realizada pelas abelhas *Scaptotrigona* sp. nov. foi capaz de levar as flores pistiladas das variedades com semente ($2n$) e sem semente ($3n$) à quantidade e qualidade de frutos iguais aos obtidos pelo melhor tratamento de polinização manual. O que significa dizer que a introdução de duas colônias da abelha nativa sem ferrão *Scaptotrigona* sp. nov. tem a possibilidade de substituir perfeitamente os custos de mão de obra empregados nos serviços de polinização em uma casa de vegetação de 160 m². Portanto, o uso dessa espécie mostrou-se uma excelente alternativa para a polinização da cultura da melancia sob cultivo protegido, além das tradicionalmente escolhidas, como a polinização manual, ou a introdução de polinizadores exóticos como a espécie *Apis mellifera*, ou mesmo as espécies do gênero *Bombus*, que atualmente são as mais utilizadas em serviços de polinização ao redor do mundo (STANGHELLINI *et al.*, 2002b).

Vários outros trabalhos também foram capazes em demonstrar que algumas abelhas sem ferrão são capazes de substituir a mão de obra empregada na polinização manual dentro de casas de vegetação. Dentre eles, Del Sarto *et al.* (2005), trabalhando com colônias de *M. quadrifasciata* polinização de tomate, obtiveram frutos com atributos qualitativos similares aos obtidos pela polinização manual. Ainda na polinização do tomate em ambiente protegido, Cauich *et al.* (2004) demonstraram que a introdução de colônias da abelha sem ferrão *N. perilampoides* levou a um percentual de vingamento de frutos e características, como, massa e nº de sementes, a níveis similares aos obtidos com a polinização manual. Da mesma maneira, Cruz *et al.* (2005) obtiveram quantidade e qualidade de frutos de pimentão similares quando se comparou entre a polinização realizada por jandaíra e a polinização manual cruzada sob ambiente protegido.

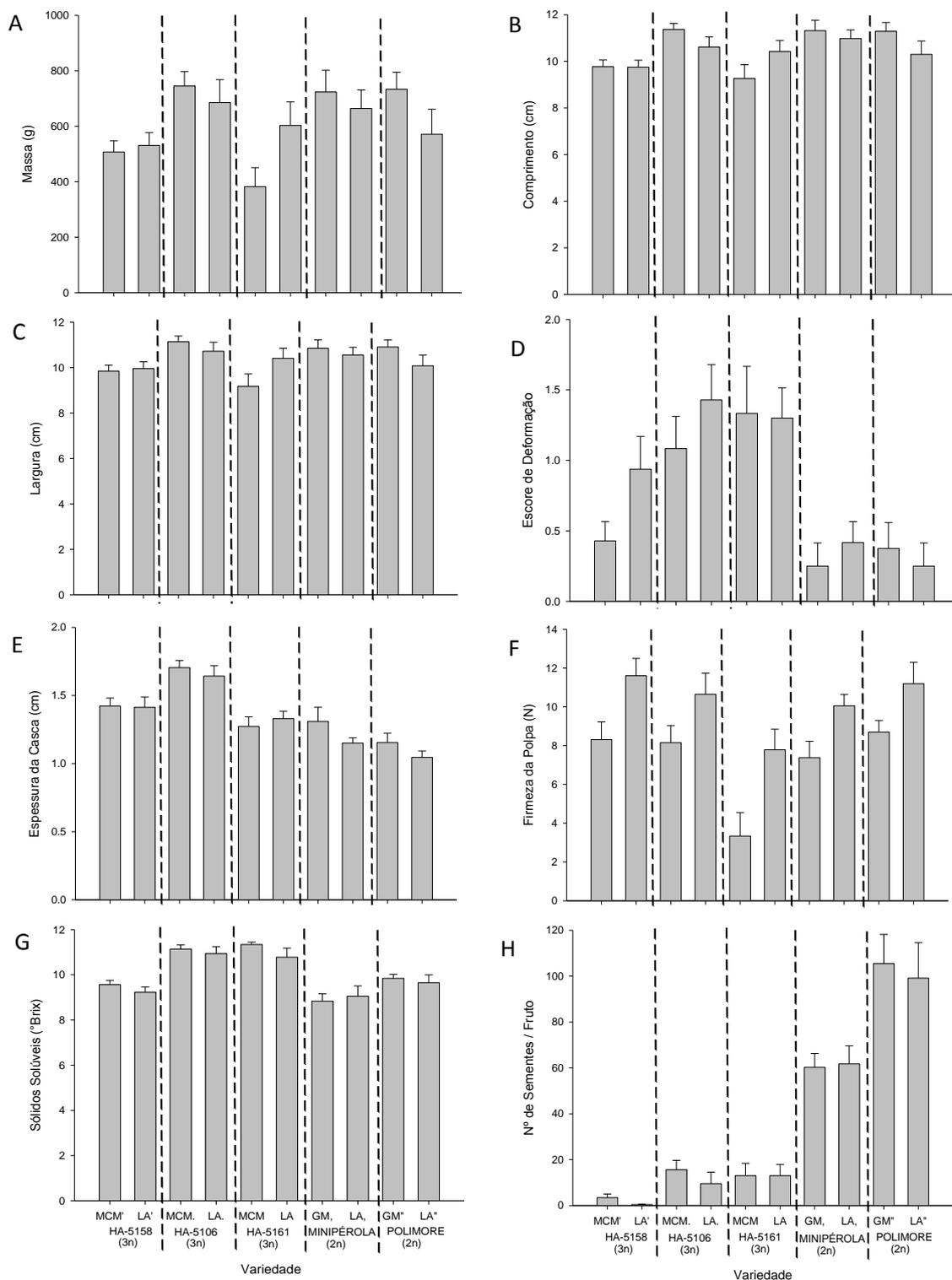


Figura 20. Médias e erros padrões das características qualitativas dos frutos de minimelancia polinizadas manualmente por geitonogamia (MG), cruzada com polên de ‘Minipérola’ (MCM) e livremente por *Scaptotrigona* sp. nov. (LA). A) Massa; B) Comprimento; C) Largura; D) Escore da Deformação; E) Espessura da casca; F) Firmeza da polpa; G) Sólidos Solúveis; H) Nº de sementes/fruto.

3.4 CONCLUSÕES

A espécie de abelha *M. subnitida* não se adapta ao cultivo de minimelancia em ambiente protegido com sistema de arrefecimento, nas condições testadas.

A espécie *Scaptotrigona* sp. nov. se adapta à casa de vegetação e explora os recursos florais da minimelancia com semente e sem semente, mantendo seu comportamento e nível populacional adequado à polinização requerida por essa cultura.

A introdução de colônias da abelha nativa sem ferrão *Scaptotrigona* sp. nov. para fins de polinização é viável na exploração comercial da minimelancia com e sem semente em ambiente protegido.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLERZ, W.C. Honey bee visit numbers and watermelon pollination. **Journal of Economic Entomology**, v. 59, n.1, p.28-30, 1966.

AL-ATTAL, Y.Z.; KASRAWI, M.A.; NAZER, I.K. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. **Agricultural and Marine Sciences**, v. 8, n. 1, p. 21-26, 2003.

ANTUNES, O.T. **Abelha jataí como agente polinizador de cultivares de morangueiro em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 129pp., 2005.

AZO'O ELA, M.; MESSI, J.; TCHUENGUEM FOHOOU, F.N.; TAMESSE, J.L.; KEKEUNOU, S.; PANDO, J.B. Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* and its impact on pollination, fruit and seed yields of *Citrullus lanatus* at Nkolbisson (Yaoundé, Cameroon). **Cameroon Journal of Experimental Biology**, v. 6, n. 1, p. 41-48, 2010.

BANDA, H.J.; PAXTON, R.J. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. In: **VI International Symposium on Pollination**. Acta Horticulturae (ISHS) 288, p. 194-198, 1991.

BISPO DOS SANTOS, S.A.; 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**, v. 8, n. 2, p. 751-757, 2009.

CAMPAGNOL, R.; NOVOTNY, I.P.; MATSUZAKI, R.T.; MATTAR, G.K.; DONEGA, M.A.; MELLO, S.C. Sistemas de condução e espaçamento entre plantas no

rendimento de minimelancia em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. S336-S342, 2010.

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

CRUZ, D.O. **Biologia flora e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (CAMPO ABERTO) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (AMBIENTE PROTEGIDO) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais, Brasil.** Tese (Doutorado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 83 pp., 2009.

CRUZ, D.O.; CAMPOS, L.A.O. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 1-4, p. 5-10, 2009.

CRUZ, D.O.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S.; BOMFIM, I.G.A. Adaptação e comportamento de pastejo da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 293-298, 2004.

CRUZ, D.O.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S.; BOMFIM, I.G.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1197-1201, 2005.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop pollination by bees.** Cambridge: CABI, 344 pp., 2000.

DEL SARTO, M.C.L.; PERUQUETTI, 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**, v.98, p. 260-266, 2005.

DITTMAR, P.J.; DAVID W. MONKS, D.W.; SCHULTHEIS, J.R. Maximum potential vegetative and floral production and fruit characteristics of watermelon pollenizers. **HortScience**, v.44, n.1, p.59-63, 2009.

FISHER, R.M.; POMEROY, N. Pollination of greenhouse muskmelons by bumble bees (Hymenoptera: Apidae). **Entomological Society of America**, v. 82, n. 4, p. 1061-1066, 1989.

FREE, J.B. **Insect pollination of crops**. 2^a ed. London: Academic Press, 684 pp., 1993.

GROSS, C.L. Pollination efficiency and pollinator effectiveness. In: **Practical pollination biology**. DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. (eds.), Enviroquest, Cambridge (Ontario, Canada), cap. 6, p. 354–363, 2005.

GUERRA SANZ, J.M.. Crop pollination in greenhouses. In: **Bee pollination in agricultural ecosystems**. JAMES, R.R.; PITTS-SINGER, T.L. (eds.). New York: Oxford University Press, Inc., cap. 3, p. 27-47, 2008.

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

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal**. Fortaleza, 2010. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/index_perfil_basico.htm. Acesso em: 04 jun. 2012.

KARASAWA, M.; SILVA, N.C.; PIRES, M.M.M.L.; BATISTA, P.F.; PIMENTA, R.M.B.; DIAS, R.C.S.; ARAGÃO, C.A. Características produtivas de melancias “icebox” submetidos a diferentes coberturas do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S5710-S5716, 2008.

KWON, S.W.; JASKANI, M.J.; KO, B.R.; CHO, J.L. Collection, germination and storage of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) pollen for pollination under temperature conditions. **Asian Journal of Plant Science**, v. 4, n. 1, p. 44-49, 2005.

MACIAS, M.J.O.; QUEZADA-EUAN, J.J.G; PARRA-TABLA, V. Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, Mexico, In: **II Seminario Mexicano Sobre Abejas sin aguijón, Memorias**. QUEZADA-EUÁN, J. J.G.; MEDINA-MEDINA, L.; MOO-VALLE, H. (eds.), Mérida: Universidade Autónoma de Yucatán – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, p.119-124, 2001.

MALAGODI-BRAGA, K.S. **Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duch. – Rosaceae)**. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 102pp., 2002.

MALAGODI-BRAGA, K.S; KLEINERT, A.M.P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Abelhas sem ferrão e polinização. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v.10, p.59-70, 2004.

MANN, L.K. Fruit shape of watermelons as affected by placement of pollen on the stigma. **Botanical Gazette**, v.105, p. 257-262, 1943.

MOHR H.C. Watermelon Breeding. In: **Breeding Vegetable Crops**. BASSETT, M.J. (ed.), Connecticut: AVI Publishing Co., cap. 2, p. 37-66, 1986.

MOURE J.M.; URBAN D.; MELO G.A.R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1058 pp., 2007.

NJOROGE, G.N.; GEMMILL, B.; BUSSMANN, R.; NEWTON L.E.; NGUMI, V.W. Pollination ecology of *Citrullus lanatus* at Yatta, Kenya. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 24, p. 73-77, 2004.

PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; MELÉNDEZ-RAMIREZ, V.; IRIGOYEN, J.; VALDOVINOS-NUÑEZ, G.R.; REJÓN, M. Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 1, p. 132-138, 2008a.

PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; REYES-OREGEL, V.; MELÉNDEZ, V.; MOO-VALLE, H. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea) **Journal of Applied Entomology**, v.132, p. 79–85, 2008b.

ROSELINO, A.C.; BISPO DOS SANTOS, S.A.; BEGO, L.R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepelletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010.

SLAA, E.J. **Foraging ecology of stingless bees: from individual behaviour to community ecology**. Ph.D. thesis, Department of Behavioural Biology, Utrecht University, Utrecht, 181pp., 2003.

SLAA, E.J.; SÁNCHEZ CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDÉ, F.E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006.

SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; CRUZ, D.O.; BOMFIM, I.G.A. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 3, p. 386-390, 2005.

SOUZA, V.S. **Avaliação da concentração da solução nutritiva no cultivo de tomate, pepino, pimentão, berinjela em pó de coco.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 100pp., 2004.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of cucumber and watermelon. **American Bee Journal**, v. 137, p. 386-391, 1997.

STANGHELLINI, M.S.; AMBROSE, J.T.; SCHULTHEIS, J.R. Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumble bees on field-grown cucumber and watermelon. **Journal of Apicultural Research**, v. 41, n. 1-2, p. 27-34, 2002b.

STANGHELLINI, M.S.; SCHULTHEIS, J.R.; AMBROSE, J.T. Pollen mobilization in selected cucurbitaceae and the putative effects on pollinator abundance on pollen depletion rates. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 5, p. 729-736, 2002a.

VAN DER BLOM, J. Applied entomology in Spanish greenhouse Horticulture. In: **Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting**, v. 21, p. 9-17, 2010.

VENTURIERI, G.C.; ALVES, D.A.; VILLAS-BÔAS, K.; CARVALHO, C.A.L.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A. CONTRERA, F.A.L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (eds.), São Paulo: Edusp, cap. 11, p. 213-236, 2012.

VILELA, N.J.; AVILA, A.C.; VIEIRA, J.V. **Dinâmica do agronegócio brasileiro da melancia: produção, consumo e comercialização**. Embrapa Hortaliças, Circular Técnica, n. 42, 12 pp., 2006.

WALTERS, S.A. Honeybee pollination requirements for triploid watermelon. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1268–1270, 2005.

WALTERS, S.A.; SCHULTHEIS, J.R. Directionality of pollinator movements in watermelon plantings. **HortScience**, v. 44, n. 1, p. 49-52, 2009.

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

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A melancieira é uma cultura agrícola de grande interesse econômico no Brasil, tendo a região Nordeste como um dos seus principais produtores e exportadores. A cada ano vem se expandindo seu cultivo também em ambiente protegido, que visa promover um maior retorno ao produtor do que o obtido com o cultivo convencional em campo aberto. Além da melancia convencional com semente, cresce no Brasil e no mundo a demanda por frutos sem sementes e de tamanho individual. Porém, essa cultura necessita de intermediários para realização da polinização de suas flores. Sendo assim, as abelhas estão intimamente ligadas ao sucesso dessa atividade, haja vista que na sua ausência o vingamento de frutos é inexistente, sob condições naturais.

Os resultados gerados a partir da investigação da biologia floral e dos requerimentos de polinização, de variedades de minimelancia (*C. lanatus*) com e sem semente estudadas nessa tese, são de grande valia para guiar a escolha de novos polinizadores a serem testados na polinização desta cultura em ambiente protegido. Além do mais, a partir desses resultados é possível escolher o momento ideal para se introduzir e retirar colônias usadas na polinização, e assim evitar com que essas permaneçam mais tempo do que o necessário dentro de um ambiente que pode vir a afetar negativamente o seu desenvolvimento. Não menos importante, é a contribuição deste trabalho na escolha de variedades promissoras com ou sem semente, bem como que possam ser cultivadas em conjunto, sob condições de cultivo protegido.

A introdução de abelhas para polinização da cultura melancieira não é nenhuma novidade, porém basicamente se utiliza, em escala global, apenas dois tipos de abelhas, as abelhas melíferas (*A. mellifera*) e as *Bombus* spp, provenientes do hemisfério norte. Até então não se havia testado a introdução de colônias de espécies de abelhas locais para polinização da melancia em terras brasileiras. Portanto, essa tese foi pioneira não só em demonstrar o potencial da utilização de uma espécie alternativa às abelhas melíferas e *Bombus* spp., bem como em testar abelhas sem ferrão locais, para polinização de cinco variedades de minimelancia com e sem semente. Além do mais, a abelha que obteve êxito é uma espécie local que ainda nem foi descrita por

taxonomistas. Assim, essa nova espécie de abelha já surge com um propósito a mais para sua conservação pela humanidade.

Apesar da abelha *Scaptotrigona* sp nov. ter sido capaz de substituir por completo a polinização manual, sem que houvesse perda na quantidade e qualidade dos frutos produzidos em ambiente protegido, várias questões ainda precisam ser resolvidas antes de se iniciar o seu uso para polinização da melancia em escala comercial. Questões essas como, o aperfeiçoamento de técnicas específicas para a propagação em massa e manutenção das colônias durante todo o ano. Assim, a utilização dessa espécie antes da compreensão de conhecimentos básicos de sua biologia reprodutiva, por exemplo, poderia, ao invés de contribuir para sua conservação, acelerar seu processo de extinção.

Por fim, é importante que antes de se descartar a abelha jandaíra (*M. subnitida*) como um polinizador com potencial para uso em cultivo protegido na polinização da melancieira, sejam investigadas em pesquisas futuras, as causas da não adaptação dessas colônias às condições impostas pela casa de vegetação experimental e/ou a cultura da melancieira, pois essa mesma espécie de abelha já obteve sucesso na polinização do pimentão (*C. annum*) cultivado em outras condições de ambiente protegido.