

CAMILA FOLLY BAPTISTA

POLINIZAÇÃO DE *Cucurbita pepo* (CUCURBITACEAE) POR *Melipona quadrifasciata* (HYMENOPTERA: APIDAE: MELIPONINI) EM CULTIVO PROTEGIDO

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

B222p
2016

Baptista, Camila Folly, 1983-
Polinização de *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em cultivo protegido / Camila Folly Baptista. - Viçosa, MG, 2016.
vii, 32f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

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

1. *Melipona quadrifasciata*. 2. *Melipona*. 3. *Cucurbita pepo*.
4. Polinização por inseto. 5. Fertilização de plantas por inseto.
6. Relação inseto-planta. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Entomologia. Programa de Pós-graduação em
Entomologia. II. Título.

CDD 22. ed. 595.799

CAMILA FOLLY BAPTISTA

POLINIZAÇÃO DE *Cucurbita pepo* (CUCURBITACEAE) POR *Melipona quadrifasciata* (HYMENOPTERA: APIDAE: MELIPONINI) EM CULTIVO PROTEGIDO

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

APROVADA: 29/02/2016

Riudo de Paiva Ferreira

Weyder Cristiano Santana

Lucio Antônio de Oliveira Campos
(Orientador)

Dedico este trabalho à minha mãe, que sempre me ensinou a seguir meus sonhos com amor e coragem.

Com licença poética

Quando nasci um anjo esbelto,
desses que tocam trombeta, anunciou:
vai carregar bandeira.

Cargo muito pesado pra mulher,
esta espécie ainda envergonhada.
Aceito os subterfúgios que me cabem,
sem precisar mentir.

Não sou tão feia que não possa casar,
acho o Rio de Janeiro uma beleza e
ora sim, ora não, creio em parto sem dor.
Mas o que sinto escrevo. Cumpro a sina.

Inauguro linhagens, fundo reinos
-- dor não é amargura.

Minha tristeza não tem pedigree,
já a minha vontade de alegria,
sua raiz vai ao meu mil avô.

Vai ser coxo na vida é maldição pra homem.

Mulher é desdobrável.

Eu sou.

(Adélia Prado)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Lucio Campos por acreditar no meu trabalho, por me acolher em sua equipe, pela amizade e pelos preciosos ensinamentos na academia e na vida.

Aos membros da banca por dedicarem parte do seu tempo a ler e avaliar essa dissertação. Agradeço a contribuição.

À Maria Helena e Thaís, mãe e irmã queridas, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram e incentivaram com grande amor em todos os momentos da minha vida.

À minha família pelo carinho que recebo, mesmo estando longe.

Ao Ítalo pelo amor, carinho e companheirismo em todos os momentos, deixando-os mais serenos e alegres.

Aos amigos “Abelhudos” e “agregados”, Werneck, Lucas, Paula, Denise, Maira, Evelyn, Crislayne, Geisyane, Jaqueline e Larissa. Em especial, aqueles que contribuíram com este trabalho, Fernando “Sagarana”, Riudo, André, Ana, Mayla e Priscila. Agradeço pela troca de saberes, pela amizade e por tornarem meus dias mais agradáveis!

Ao Dr. Weyder Santana, coordenador do Apiário e aos técnicos – em especial ao Íris pela ajuda na condução deste trabalho – pelo convívio diário e pelos ensinamentos.

Ao Dr. Derly José pelos ensinamentos e pela parceria, importantíssimos na condução deste trabalho.

Ao Victor, Natália e Diego, pela ajuda imensa, pelo conhecimento e vivência compartilhados.

A todos os técnicos e estagiários da Horta de Pesquisa que, de muitas maneiras contribuíram na condução deste experimento.

À equipe da Agristar®, em especial ao Eduardo Cleto, pela excelente assistência sempre que as dúvidas surgiam.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida durante o mestrado.

A todos deixo o meu reconhecimento e carinhoso agradecimento.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Polinização	1
1.1.1. Polinização por abelhas em ambiente protegido	2
1.2. <i>Melipona quadrifasciata</i>	3
1.3. O gênero <i>Cucurbita</i>	4
1.3.1. Morfologia geral das flores de abóbora	5
1.3.2. Reprodução artificial das aboboreira	5
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Área de estudo	8
3.2. Condução da cultura	8
3.3. Comportamento de forrageio das abelhas nas flores da aboboreira	9
3.4. Efeito da polinização sobre a formação dos frutos	10
4. RESULTADOS	13
4.1. Comportamento de forrageio das abelhas nas flores da aboboreira	13
4.2. Efeito da polinização sobre a formação e a qualidade dos frutos	16
5. DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

RESUMO

BAPTISTA, Camila Folly, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Polinização de *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em cultivo protegido.** Orientador: Lucio Antônio de Oliveira Campos.

A polinização contribui com o aumento da qualidade dos frutos e reduz as perdas na colheita. Muitos animais são conhecidos agentes polinizadores, no entanto, as abelhas são os mais importantes polinizadores de culturas agrícolas. A implantação de colônias de abelhas entre as culturas têm sido adotada para melhorar, ou até mesmo garantir, a produção agrícola em áreas onde elas são escassas; além do plantio em casas de vegetação, que também reduzem o ataque de pragas e a necessidade do uso de defensivos químicos. Os Meliponini desempenham um importante papel como polinizadores de diversas culturas e a criação racional dessas abelhas representa uma alternativa promissora para a polinização. A abóbora é uma hortaliça importante na dieta da população brasileira e na agricultura tradicional, sendo cultivada em todo país. Como são plantas monóicas, dependem de um agente biológico para garantir sua reprodução, no entanto, devido a escassez de abelhas – seus polinizadores naturais – em ambientes perturbados, muitos produtores utilizam técnicas artificiais de frutificação que resultam em altos custos de produção. O objetivo, neste trabalho, foi avaliar a eficiência de *Melipona quadrifasciata* na polinização das flores de *Cucurbita pepo* em cultivo protegido e seu efeito na qualidade dos frutos, comparando com os métodos artificiais de frutificação. *M. quadrifasciata* mostrou-se um polinizador eficiente da abóbora. É atraída pelas flores, possui tamanho e comportamento adequados para transportar seu pólen e as visita no período reprodutivo. O comportamento desta abelha foi responsável pela deposição uniforme de pólen nas flores, dando origem a frutos mais bem formados e altos índices de frutificação, comparado aos demais tratamentos. A produção de frutos de alta qualidade e sem uso de indutores químicos de frutificação, alcançada com a polinização por *M. quadrifasciata*, além de valorizar o produto no mercado, possibilita o cultivo da abóbora em ambiente protegido.

ABSTRACT

BAPTISTA, Camila Folly, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Pollination of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in greenhouses.**
Advisor: Lucio Antônio de Oliveira Campos

The pollination contributes to increasing fruit quality and reduces crop losses. Many animals are recognized as pollinators, however, bees are the most important pollinators of agricultural crops. The implementation of bee colonies between cultures have been adopted to improve, or even assure agricultural production in areas where they are scarce; in addition, cultivation in greenhouses which also reduces the attack of pests and the need to use chemical pesticides. Meliponini has an important role as pollinators of different cultures and the beekeeping with these bees is a promising alternative for pollination. Squash is an important vegetable crop in the Brazilian population diet and traditional agriculture, being cultivated throughout the country. As a monoecious plant, depends on a biological agent to assure reproduction, however, due to shortage of bees – its natural pollinators – in disturbed environments many growers use artificial fruiting techniques that results in high production costs. The aim in this work was to evaluate the *Melipona quadrifasciata* efficiency in the pollination of *Cucurbita pepo* flowers in greenhouse and the effects on fruit quality compared to artificial fruiting methods. *M. quadrifasciata* showed up an efficient pollinator of squash plants. It's attracted by the flowers, has adequate size and behavior to transport its pollen and visit them during the reproductive period. The behavior of this bee was responsible for uniform deposition of pollen on flowers, giving rise to well-formed fruits and high levels of fruiting, compared to other treatments. The production of high quality fruit and without the use of chemical inducers of fruiting, achieved with pollination by *M. quadrifasciata*, besides valuing the product on the market, enables the cultivation of pumpkin in greenhouses.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Polinização

A polinização é uma etapa fundamental para a reprodução de espécies vegetais e essencial para que ocorra a reprodução cruzada entre plantas, sendo responsável por boa parte da variabilidade genética das suas populações. Além disso, contribui para o aumento do tamanho, qualidade e teor de nutrientes dos frutos, reduz os índices de malformações e o ciclo de algumas culturas, bem como contribui para a uniformização do amadurecimento dos frutos, atenuando as perdas na colheita (Williams *et al.*, 1991).

A diminuição da diversidade e das populações de polinizadores é um fato que tem ganhado espaço na literatura, nos debates sobre conservação da biodiversidade (Matheson *et al.*, 1996; Buchman & Nabhan, 1996 a-b). Ainda assim, informações precisas sobre o déficit de polinização em culturas nos países em desenvolvimento, como o Brasil, são escassas.

Muitos insetos e alguns vertebrados são conhecidos como agentes polinizadores, no entanto, as abelhas são os mais importantes agentes polinizadores de diversas culturas agrícolas (Corbet *et al.*, 1991; Shipp *et al.*, 1994; Heard, 1999) e ecossistemas (Bawa, 1990; Neff & Simpson, 1993).

Nos países em desenvolvimento, a dependência dos serviços de polinização agrícola aumentou cerca de 50%. Considerando que tais países detêm mais de dois terços da agricultura mundial (Aizen *et al.*, 2008) e que cerca de 30% da alimentação humana é proveniente de plantas dependentes da polinização realizada por abelhas (McGregor, 1976), tais perdas poderiam afetar a produção agrícola em escala internacional (O'Toole, 1993).

Segundo Allen-Wardell *et al.* (1998) e Kevan (1999), o efeito dos agrotóxicos na fauna de polinizadores dos agroecossistemas afeta, diretamente, as populações de abelhas e, indiretamente, as culturas agrícolas, causando perdas econômicas decorrentes do declínio das populações desses polinizadores. Medidas alternativas, como a implantação de colônias de

abelhas nas culturas, têm sido adotadas a fim de aumentar ou mesmo garantir a produção (Vianna *et al.*, 2007).

Além do aporte econômico propiciado por esses, a maioria das culturas dependentes da polinização por animais estão entre as mais ricas em nutrientes essenciais para a saúde humana (Chaplin-Kramer *et al.*, 2014).

1.1.1. Polinização por abelhas em ambiente protegido

O cultivo agrícola em ambientes protegidos tem sido utilizado em diversas partes do mundo (Jovivich *et al.*, 2004), possibilitando a produção de frutos de alta qualidade durante o ano todo; além de de reduzir o ataque de pragas e, conseqüentemente, a redução do uso de defensivos (Eklund *et al.*, 2005). O uso desse sistema de cultivo na agricultura é recente no Brasil, e vem crescendo desde os anos 80. Estima-se que 10.000 hectares destinados à produção agrícola estejam em cultivos protegidos (Darezzo *et al.*, 2004).

Um entrave no uso de casas de vegetação é a polinização insuficiente de algumas espécies devido às condições de confinamento, resultando em perda de produtividade (Kwon & Saeed, 2003). O cultivo protegido impede o acesso de polinizadores externos às flores, desta forma, a introdução de espécies adequadas à cultura na casa de vegetação pode solucionar o problema da polinização deficiente (Cruz & Campos, 2009).

As abelhas melíferas (*Apis mellifera*) são amplamente utilizadas como incremento na polinização, no entanto, além de seu comportamento agressivo, ela não é considerada o melhor polinizador para muitas culturas (Cruz & Campos, 2009). Além disso, o uso de espécies exóticas pode levar a conseqüências desastrosas e, inclusive, estar associado ao aumento de doenças parasitárias (Silveira *et al.*, 2006), sendo preferível o uso de abelhas nativas como polinizadores das culturas (Hogendoorn, 2004).

Cruz & Campos (2009) e Freitas (2002) apontam os meliponíneos como os prováveis insetos sociais mais promissores entre os polinizadores comerciais. Esse potencial é reforçado pela sociabilidade e baixa defensabilidade dessas abelhas (Malagodi-Braga *et al.*, 2004) e pela possibilidade de transferência das colônias em ninhos racionais. Essas

colmeias podem ser propagadas, transportadas e abertas para extração de mel, inspeção, alimentação e tratamento contra inimigos naturais (Heard, 1999).

Segundo Roselino (2005) e Del Sarto *et al.* (2005), *M. quadrifasciata* se adapta bem ao confinamento. Essa abelha tem sido utilizada para polinização de tomate em casas de vegetação, resultando em frutos de melhor qualidade e diminuindo as injúrias causadas pela polinização mecânica (Del Sarto *et al.*, 2005).

1.2. *Melipona quadrifasciata*

Os meliponíneos – ou “abelhas sem ferrão” – possuem hábito eussocial e são encontrados tipicamente nas regiões tropical e sub-tropicais do mundo (Nogueira-Neto *et al.*, 1986; Michener, 2000). Devido à diversidade e abundância na América tropical, somadas à sua complexidade comportamental, os Meliponini desempenham um importante papel na polinização (Michener, 2000).

O gênero *Melipona*, de distribuição Neotropical, engloba mais de 40 espécies conhecidas (Michener, 1979; Camargo, 1994; Aidar, 1996).

Melipona quadrifasciata Lep. é encontrada em muitas regiões do Brasil. Popularmente conhecida como mandaçaia, essa espécie se destaca-se pela atividade intensa, mesmo antes das 6 horas da manhã e em baixas temperaturas (Imperatriz-Fonseca & Kleinert-Giovannini, 1983; Aidar, 1995b). São conhecidas duas subespécies: *M. q. quadrifasciata* Lep. – encontrada do Rio Grande do Sul até São Paulo e regiões mais frias e em altitudes acima de 1.500m – e *M. q. anthidiodes* Lep. – que ocorre em Minas Gerais, Rio de Janeiro e nos estados mais ao Norte do país, em locais com a temperatura mais elevada (Melo & Campos, 1987).

A eficiência na polinização, bem como o alto valor do mel das abelhas sem-ferrão, têm impulsionado a meliponicultura no Brasil (Keer, 1994a). A domesticação e o manejo dessas abelhas podem alcançar resultados melhores se forem respeitados seus atributos ecológicos – visto que há espécies adaptadas às condições diferentes em cada região do país (Aidar, 1996).

1.3. O gênero *Cucurbita*

A abóbora é uma hortaliça importante como fonte de carotenóides fundamentais na dieta da população brasileira (Edwards *et al.*, 2003; Rodriguez-Amaya *et al.*, 2008). Além disso, é rica em ferro, cálcio, magnésio, potássio, fibras, vitaminas B e C e licopeno (Edwards *et al.*, 2003).

Aboboreiras são cultivadas nas Américas há, aproximadamente, 10.000 anos. Pertencem à família Cucurbitaceae e ao gênero *Cucurbita* (Ferreira, 2008). Na América do Sul ocorrem cinco espécies cultivadas: *C. ficifolia*, *C. argyrosperma*, *C. máxima*, *C. moschata* e *C. pepo* (Hurd *et al.* 1971). No Brasil, as diversas espécies de abóboras são cultivadas em todas as regiões, tendo sua produção mais concentrada na Região Sudeste (Serra & Campos, 2010).

Além de ocuparem uma posição de destaque em termos de valor nutricional, as abóboras ainda são social e economicamente importantes para a agricultura brasileira, principalmente a agricultura tradicional e familiar (Edwards *et al.*, 2003), em cujas comunidades ocorrem frequentemente trocas de sementes, levando à hibridização e recombinação, que favorecem a variabilidade genética (Ferreira, 2008).

Espécies do gênero *Cucurbita* são monóicas, portanto, é fundamental um vetor para assegurar sua polinização (Nepi & Paccini, 1993). Segundo Free (1993), insetos da ordem Coleoptera, Diptera e outros Hymenoptera são visitantes frequentes nas flores de cucurbitáceas, no entanto, as abelhas são as responsáveis pela polinização deste grupo de plantas.

Nesse contexto, a falta de polinizadores, em especial das abelhas nativas, tem sido um dos fatores restritivos para a produção de abóboras (Cane & Tepedino, 2001). Estudos sobre a melissofauna associada ao gênero *Cucurbita* são de importância econômica e alimentar, podendo auxiliar na busca de uma solução para o déficit de polinização de diversas espécies cultiváveis. Tais estudos são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias específicas que envolvem a proteção e restauração de habitats e criação racional de polinizadores para introdução em áreas agrícolas, a fim de garantir a polinização da cultura em questão (Shuler *et al.*, 2005).

1.3.1. Morfologia geral das flores de abóbora

As flores são unissexuais, actinomórficas, pentâmeras e de coloração geralmente amarela. As flores masculinas, ao contrário das femininas, possuem pedúnculo longo.

As flores masculinas possuem cinco anteras tubulares que se unem a partir do filete, formando uma coluna. Cada antera possui duas aberturas e uma fissura longitudinal e todas produzem pólen viável. O estigma consiste, geralmente, em três lóbulos apoiados em três colunas de estiletes espessos e um ovário ínfero bem desenvolvido. Além da estrutura reprodutiva, a posição e a acessibilidade dos nectários para os polinizadores diferem nas flores pistiladas e estaminadas. Nas flores masculinas, o nectário está em uma cavidade formada na base dos filetes unidos e só pode ser acessado através de três poros – de 1,5 a 2,5mm de diâmetro – entre esses filetes. Nas flores femininas, o nectário consiste em um canal ininterrupto na base do estilete, delimitado por uma coroa circular (Free, 1993; Nepi & Pacini, 1993). O nectário em *Cucurbita* possui uma cutícula permeável, por onde o néctar não coletado pelos visitantes florais é reabsorvido (Nepi, 1996a).

1.3.2. Reprodução artificial no gênero *Cucurbita*

Comercialmente, o processo de frutificação em abóboras pode ser feito de forma sexuada, pela polinização, ou assexuada, pela frutificação quimicamente induzida.

No gênero *Cucurbita*, a produção e qualidade dos frutos é severamente comprometida quando a polinização é ineficiente (Stanghellini *et al.*, 1998), causando perdas de até 90% na ausência de abelhas polinizadoras (Gill, 1989).

Devido à escassez de abelhas nativas em ambientes perturbados (Freitas & Alves, 2009), muitos produtores fazem uso de técnicas artificiais, como a polinização mecânica, que consiste na transferência manual de pólen das anteras de flores masculinas para o estigma de flores femininas (Pereira, 1999). A fecundação dos óvulos e, conseqüentemente, a formação de sementes, só ocorre através dessa transferência de pólen (Proctor *et al*, 1996).

Outro recurso amplamente utilizado pelos produtores é a reprodução partenocárpica, em que a frutificação é quimicamente induzida através de fitorreguladores do grupo das auxinas que, pulverizados sobre o estigma, garantem a formação do fruto (Pereira, 1999; Amarante & Macedo, 2000) – sem fecundação e, conseqüentemente, sem a formação de sementes..

O ácido diclorofenoxiacético (2,4-D) é um dos herbicidas mais utilizados no mundo no controle seletivo de ervas daninhas. Ele é descrito como um produto hormonal por afetar o crescimento das plantas, atuando como um mimetizador de auxinas (Vidal, 1997; Miranda, 2012). Quando aplicado em baixas concentrações nas flores de abóbora, o 2,4-D promove a frutificação (Pereira, 1999; Miranda 2012). No entanto, altas doses de 2,4-D podem atuar de maneira inversa à auxina natural (ácido indol-acético – AIA), afetando os processos metabólicos da planta, que exhibe sintomas de fitotoxicidade (Pereira, 1999). Além dos métodos artificiais de frutificação resultarem em elevados custos de produção (Westerkamp & Gottsberger, 2000), o processo pode causar injúrias na flor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo neste trabalho é observar o comportamento de forrageio de *Melipona quadrifasciata* nas flores da *Cucurbita pepo* e se ele corresponde ao ciclo reprodutivo da flor, além de avaliar a eficiência dessa abelha na polinização das flores da abóboreira e seu efeito na qualidade dos frutos provenientes desse tipo de polinização.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar polinização realizada por *M. quadrifasciata* com tratamentos usualmente utilizados – polinização manual e frutificação quimicamente induzida – e polinização manual de apenas um dos lóbulos estigmáticos (deficiente);
- Determinar de que maneira o comportamento de visita e padrão de atividade das abelhas nas flores de abóbora pode influenciar na qualidade dos frutos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado de junho a setembro de 2015, em cultivo protegido, na Horta experimental da Universidade Federal de Viçosa (20°45'27,7" S, 42°50'44,5" W), Viçosa, Minas Gerais. A casa de vegetação possuía 6x30m e 4m de altura, coberta com filme plástico 150micras.

O bioma que circunda a área é caracterizado como Mata Atlântica (Rizzini 1992). O clima da região é classificado como subtropical úmido (Köppen-Geiger), com temperatura média anual de 19,4°C, índice pluviométrico médio de 1.221,4mm ao ano.

3.2. Condução da cultura

Para o desenvolvimento desse estudo foi utilizada a abóbora *Cucurbita pepo*, híbrido Ballsquash One Ball®, da Agristar do Brasil Ltda. (Petrópolis - RJ). A planta apresenta crescimento vertical do tipo moita e seus frutos são arredondados, lisos e de coloração amarela intensa.

As mudas foram produzidas em bandejas plásticas contendo 162 células de 50ml preenchidas com substrato comercial. Passados 14 dias de semeadura, 96 mudas foram transplantadas para a casa de vegetação em vasos individualizados. As fertirrigações foram realizadas manualmente, três vezes por semana, com uma mistura de Calcinit™ (nitrato de cálcio), Krista-K™ (nitrato de potássio), MAP (mono-amônio-fosfato) e sulfato de magnésio, diluída em água, além das irrigações diárias.

Os vasos de plantas foram distribuídos em 4 bancadas de 1 x 6m, com espaçamento de 0,5m entre plantas e entre linhas. O delineamento foi em blocos casualizados com 8 repetições, sendo cada bloco constituído por uma linha com 4 parcelas de duas plantas.

3.3. Comportamento de forrageio das abelhas nas flores da aboboreira

Para avaliar o comportamento de forrageio das abelhas foi utilizada uma caixa de *Melipona quadrifasciata*, do Apiário Central da Universidade Federal de Viçosa. As abelhas foram colocadas na casa de vegetação no primeiro dia de florescimento da aboboreira à distância de 1m das bancadas de plantas e na mesma altura – 80cm do solo.

Foram realizadas filmagens, seguindo uma abelha focal, do momento em que ela era avistada em uma flor até perdê-la de vista, para descrever o comportamento de forrageio das abelhas nas flores de abóbora. O tempo de forrageio em cada flor foi registrado a partir das imagens em vídeo (Nepi & Pacini, 1993). Durante seu tempo de permanência na flor, seu comportamento era descrito verbalmente seguindo um roteiro estabelecido de acordo com os atos comportamentais previamente observados. Posteriormente, o repertório comportamental foi tabelado a partir dos vídeos. As filmagens foram realizadas entre 7:30 e 10:30hs da manhã, quando as flores estavam abertas em vigor e as abelhas em atividade.

Para estudar o ciclo da flor foram feitas observações a fim de estabelecer seu tempo de duração desde o momento de sua abertura até a senescência (período de antese).

O período de receptividade estigmática foi testado de acordo com Dafni *et al.* (2005), utilizando solução de peróxido de hidrogênio a 3% sobre o estigma e verificando a formação de bolhas de oxigênio. O teste foi realizado em cinco flores em pré-antese (ao entardecer) e na manhã e tarde do período de antese, totalizando 15 flores.

A viabilidade polínica foi realizada segundo Radford *et al.* (1974), coletando pólen diretamente da antera de cinco flores masculinas recém abertas e cinco no início da tarde, totalizando 10 flores. As lâminas foram preparadas colocando os grãos de pólen de cada flor sobre uma gota de carmim acético, de modo que os grãos viáveis tinham o citoplasma corado de vermelho. Em cada lâmina foram contados, aleatoriamente, 100 grãos de pólen.

Foram medidas a secreção e concentração de açúcares no néctar de flores masculinas (n=10) e femininas (n=10) nos dias de filmagem. Para medir a secreção, as flores foram amarradas na pré-antese ao entardecer (quando é possível perceber as flores que abrirão no dia seguinte) evitando, desta forma, a visitação das abelhas. Na antese – dia da filmagem – foram desamarradas e o total de néctar secretado foi extraído com tubo microcapilar de 100 µl, acondicionado em tubos Eppendorf individualizados. Posteriormente o volume foi medido através de micropipeta (Nepi *et al.*, 2001). Para determinar a concentração de néctar foi utilizado Refratômetro de ABBE - Modelo RMI/RMT com escala de brix 0~95%.

Foram registradas a temperatura e a umidade relativa dentro da estufa por meio de termo-higrômetro digital Incoterm®.

3.4. Efeito da polinização sobre a formação e a qualidade dos frutos

Em cada linha foram estabelecidos 4 tratamentos: (i) frutificação induzida, (ii) polinização manual completa, (iii) polinização manual incompleta e (iv) polinização por abelhas. Nas 2 linhas de bordadura foram selecionadas, aleatoriamente, 16 plantas usadas como controle (v).

i) No tratamento de frutificação induzida (FI), as flores femininas foram amarradas na pré-antese para evitar a visitação por abelhas. Na antese, as flores foram desamarradas e seus estigmas foram borrifados com 2ml de uma solução de 5ml de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) diluído em 10l de água, segundo Pereira (1999). Após a aplicação do 2,4-D as flores foram novamente amarradas.

ii) Na polinização manual completa (MC), as flores femininas foram isoladas na pré-antese. Na antese foram desamarradas e uma mistura de pólen das flores masculinas foi depositado homogeneamente em todos os lóbulos estigmáticos das flores femininas. Após a deposição de pólen, as flores foram novamente amarradas. Este tratamento foi utilizado como base para determinar os resultados de uma polinização eficiente e compará-los com aqueles obtidos por *M. quadrifasciata*.

iii) A polinização manual incompleta (MI) seguiu os mesmos passos do tratamento MC, no entanto, a deposição de pólen foi feita em apenas um lóbulo estigmático das flores femininas. Este tratamento foi incluído para simular os resultados de uma polinização menos eficiente – ou ineficiente – e compará-los com aqueles obtidos por *M. quadrifasciata*.

iv) No tratamento de polinização por abelhas (AB), as flores foram apenas marcadas na pré-antese, mas permaneceram abertas à visitação no período de antese. Porém, foram amarradas depois do período de maior atividade das abelhas, quando começaram a fenecer.

v) No tratamento controle (C), as flores femininas foram isoladas na pré-antese e assim permaneceram, sem nenhum contato com agentes polinizadores ou indutores de frutificação. Este tratamento foi usado apenas como testemunha para determinar a ocorrência ou não de partenocarpia.

No período entre a manipulação reprodutiva das flores e a colheita dos frutos, foram registradas a temperatura e a umidade relativa dentro da estufa através de termo-higrômetro digital e calculadas as médias dessas variáveis no período de desenvolvimento dos frutos. As abóboras foram colhidas 12 dias após a polinização ou frutificação das flores. Em seguida foram pesadas e medidas com paquímetro digital Mitutoyo Absolute Digimatic®.

Foram avaliados: peso, diâmetro, altura média, taxa de pegamento, deformidade dos frutos – através de quatro medidas de altura – e percentual de frutos viáveis. A deformidade dos frutos foi determinada de acordo com a maior e a menor altura. A partir dessas medidas, os frutos foram divididos em 6 classes (figura 1) – 3 de frutos aceitos pelo mercado e 3 de frutos rejeitados por causa da deformidade – de acordo com as informações fornecidas pelo representante da empresa que desenvolveu o híbrido utilizado.

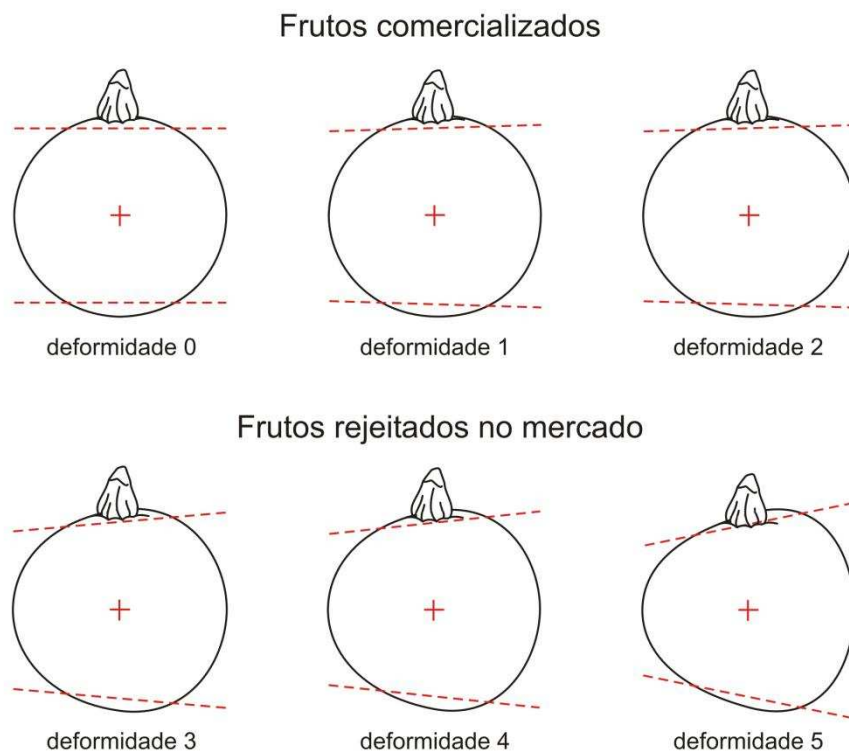


Figura 1 – Classificação da deformidade dos frutos proposta neste trabalho, de acordo com as medidas – maior e menor – de altura .

Os dados dos frutos obtidos a partir dos tratamentos FI, MC, MI e AB foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. Em seguida, ANOVA ao nível de 5% de significância. Para comparação dos tratamentos com relação às variáveis pegamento, deformidade e percentual de frutos viáveis, utilizou-se o teste Tukey ou Friedman com 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS

4.1. Comportamento de forrageio das abelhas nas flores da abóboreira

Foram registradas 152 visitas das *M. quadrifasciata* às flores. De modo geral, as abelhas se dirigiam ao nectário caminhando sobre a corola.

Nas flores masculinas, as abelhas inseriam a glossa – ou mesmo parte da cabeça – nos orifícios entre os filetes, que dão acesso ao nectário. Com o dorso voltado para o eixo floral, encostavam a face dorsal do tórax nas anteras e o pólen aderiria ao seu corpo (figura 3a). Por vezes, elas se prendiam às anteras utilizando as pernas e inseriam a glossa – ou toda a cabeça – no orifício entre os filetes; dessa forma, o pólen das anteras ficava aderido às pernas e toda face ventral do corpo (figura 3b). Nenhuma abelha foi vista coletando pólen nas flores de abóbora, nem limpando-o do corpo. O tempo médio de interação entre as abelhas e as flores estaminadas foi de 32 segundos, variando de 5 a 70 segundos (N=87); 85 (97%) delas saíram da flor com pólen no corpo.

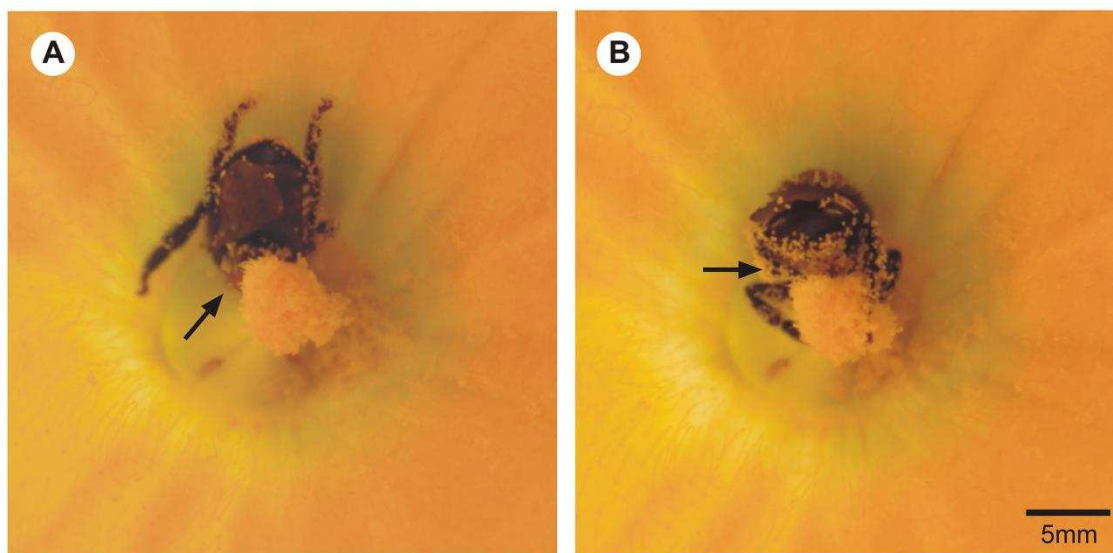


Figura 2 – Comportamento de forrageio de *Melipona quadrifasciata* na flor masculina de abóbora (*Cucurbita pepo*). As setas indicam o pólen aderido às faces dorsal (A) e ventral (B) do corpo da abelha, conforme sua movimentação na flor.

Nas flores femininas, para alcançar o nectário em forma de prato, as abelhas encostavam a face dorsal do tórax no estigma (figura 4a).

Frequentemente percorriam toda a circunferência do nectário sugando néctar, tocando todos os lóbulos estigmáticos da flor com o dorso do tórax e, deste modo, distribuindo o pólen aderido ao corpo em torno do estigma (figura 4abc). Outras vezes andavam sobre o estigma para alcançar outra parte do nectário e, com isso, deixavam o pólen aderido à parte ventral do corpo sobre o estigma da flor (figura 4de). O tempo médio de interação entre as abelhas e as flores femininas foi de 48 segundos, variando de 6 a 162 segundos (N=65); 59 (90%) delas chegaram a flor com pólen no corpo.

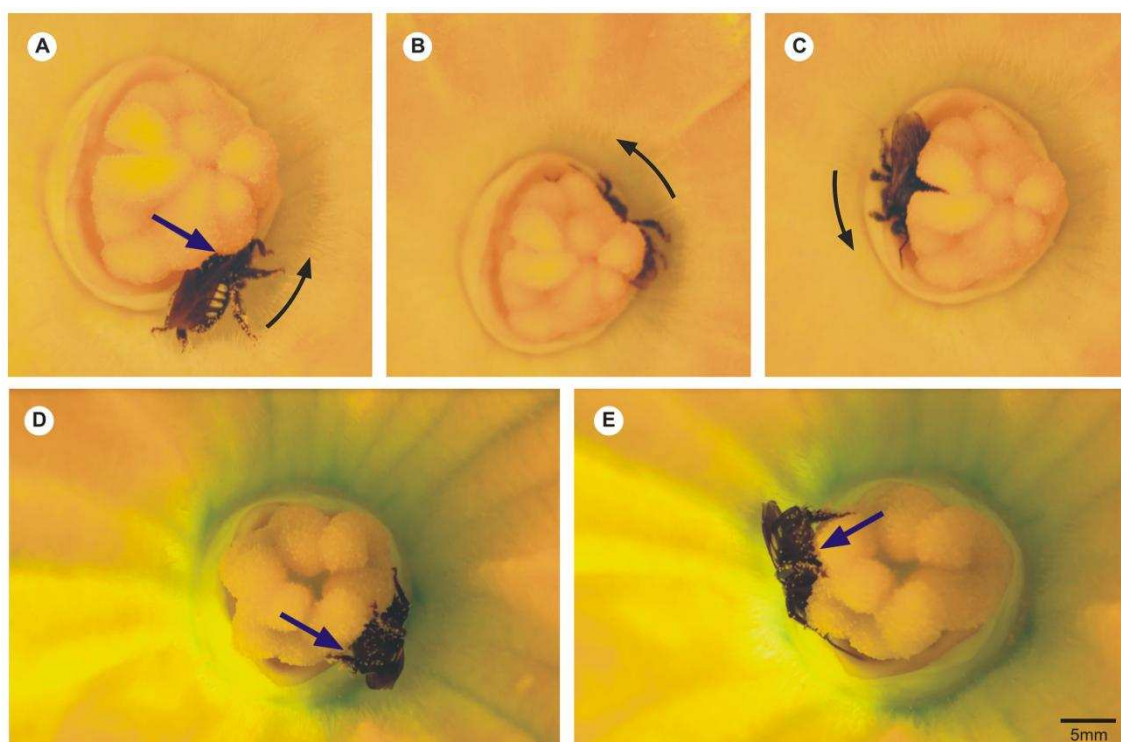


Figura 3 – Comportamento de forrageio de *Melipona quadrifasciata* na flor feminina de abóbora (*Cucurbita pepo*). Em **A**, **B** e **C**, as setas pretas indicam o movimento da abelha ao redor do nectário. Em **A**, **D** e **E**, as setas azuis indicam o pólen aderido às faces dorsal (**A**) e ventral (**D** e **E**) do corpo da abelha tocando o estigma, conforme sua movimentação na flor.

As visitas das abelhas às flores – tanto masculinas quanto femininas – foram mais intensas na primeira meia hora de observação e a frequência foi diminuindo ao longo de 2 horas de observação. Primeiramente foram vistas forrageando nas flores masculinas, que estavam mais acessíveis, depois dirigiam-se para as flores femininas. Nenhuma visita foi registrada depois das 9:30hs.

As flores se abriam entre 6:00 e 7:00hs da manhã e começavam a fenecer por volta das 11:00hs da manhã do mesmo dia, de modo que às 12:00hs já estavam com a parte apical da corola torcidas em espiral. Não houve diferença nos horários de abertura e fechamento entre flores masculinas e femininas.

As flores femininas estavam receptivas durante todo o tempo em que o teste foi realizado. A viabilidade polínica foi 98,2%, em média, no início da manhã, reduzindo para cerca de 79%, no início da tarde.

O volume néctar secretado pelas flores masculinas (n=10) foi de 23,9 μ l e 85,5 μ l nas flores femininas (n=10), em média (figura 4a). A concentração de açúcares totais no néctar foi, em média, de 32,4% nas flores masculinas e 37,4% nas flores femininas (figura 4b).

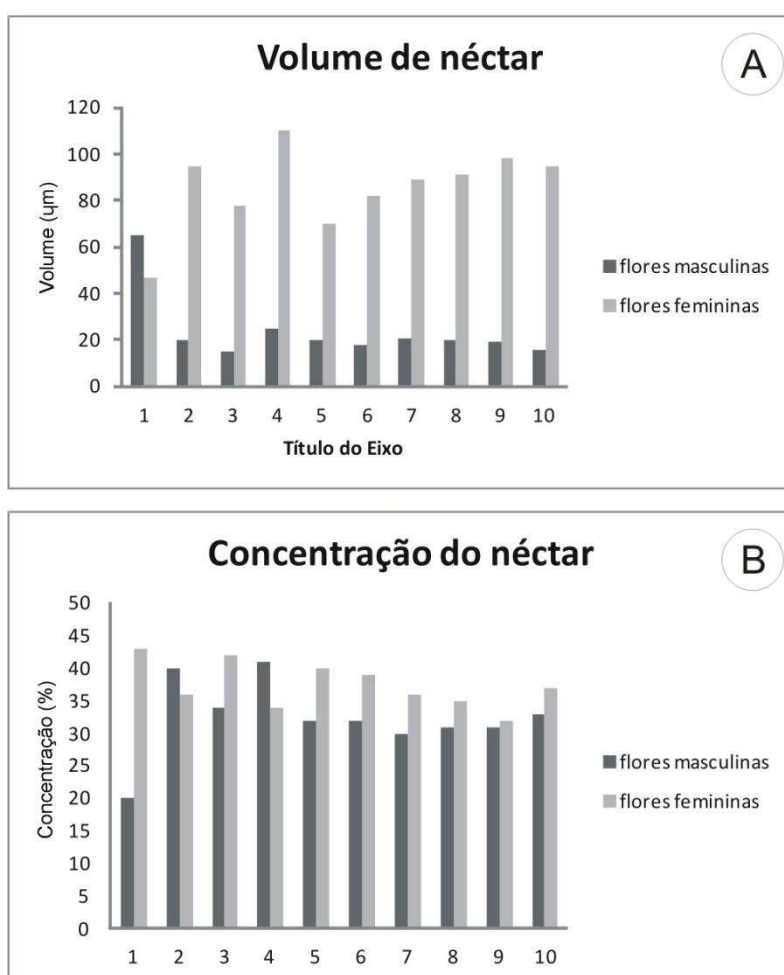


Figura 4 – Volume (A) e concentração de açúcares totais (B) do néctar em flores masculinas e femininas de abóbora (*Cucurbita pepo*).

4.2. Efeito da polinização sobre a formação e a qualidade dos frutos

A formação de frutos ocorreu em todos os tratamentos, exceto no controle (figura 5). Os frutos do tratamento C não se desenvolviam e abortavam entre o 5º e 7º dia após a antese floral.

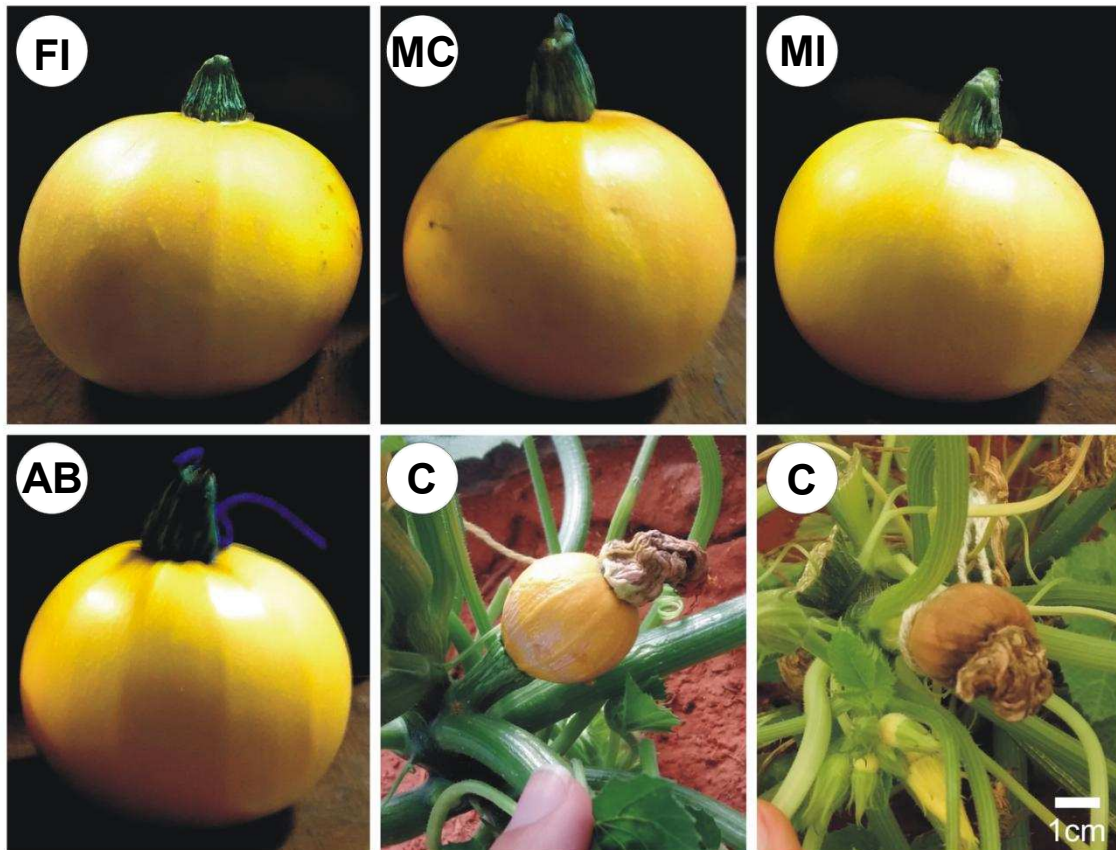


Figura 5 – Frutos de *Cucurbita pepo*, híbrido Ballsquash One Ball®, formados a partir dos tratamentos: **(FI)** frutificação quimicamente induzida; **(MC)** polinização manual completa; **(MI)** polinização manual deficiente e **(AB)** polinização por *Melipona quadrifasciata*. **(C)** Frutos abortados no tratamento controle.

As variáveis peso ($p=0,71$), diâmetro ($p=0,4$) e altura média ($p=0,62$) do fruto não foram significativamente diferentes em relação ao tipo de tratamento (tabela 1).

Tabela 1 – Médias de peso, diâmetro, altura, deformidade, pegamento e frutos viáveis nos tratamentos: (FI) frutificação induzida com 2,4-D; (MC) polinização mecânica completa; (MI) polinização mecânica deficiente e (AB) polinização por *M. quadrifasciata*. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey(1) e Friedman(2), a 5% de probabilidade.

Tratamento	Peso (g)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Deformidade ⁽¹⁾ (mm)	Pegamento ⁽²⁾ (%)	Frutos viáveis ⁽²⁾ (%)
FI	262,33a	85,87a	68,65a	3,66a	0,72c	0,49b
MC	280,78a	88,02a	68,52a	1,27b	0,93ab	0,89a
MI	293,59a	85,64a	69,5a	5,26a	0,82bc	0,43b
AB	296,53a	89,62a	70,96a	0,65b	0,98a	0,98a
Valor de p	0,71	0,4	0,62	0,00	0,03	0,00

Embora as flores polinizadas por abelha tenham apresentado maior índice de frutificação (98,1%) neste trabalho, seguido de polinização mecânica completa (92,8%), polinização mecânica incompleta (82, 7%) e frutificação quimicamente induzida (72%) (figura 6). De modo não houve diferença significativa entre AB e MC, nem entre MI e FI.

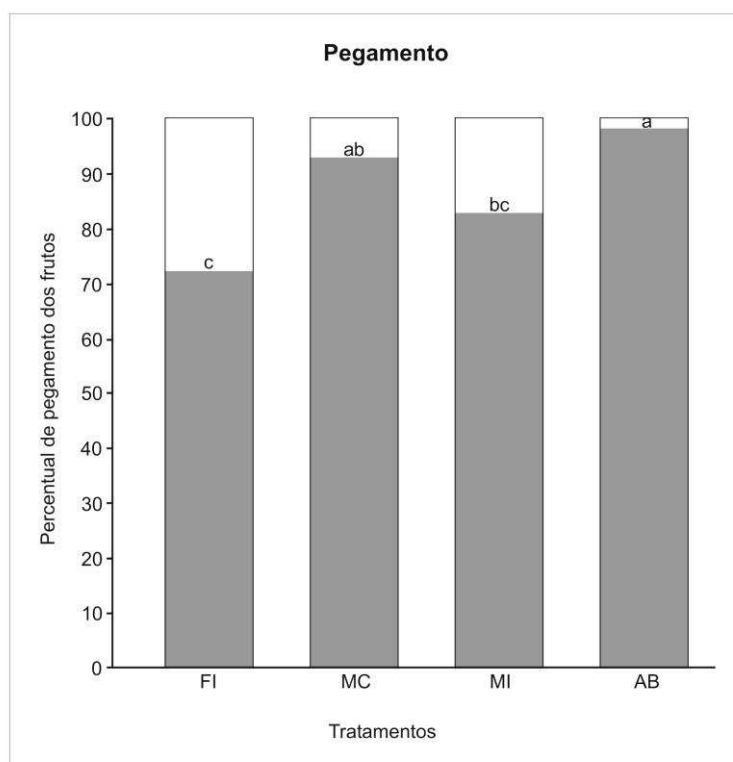


Figura 6 – Comparação dos percentuais de pegamento dos frutos de *Cucurbita pepo* nos tratamentos: **FI** (frutificação quimicamente induzida); **MC** (polinização manual completa); **MI** (polinização manual deficiente) e **AB** (polinização por *Melipona quadrifasciata*). Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Friedman, a 5% de probabilidade.

Em relação à deformidade, os frutos mais bem formados foram oriundos da polinização por abelhas (0% de deformidade), seguido de polinização mecânica completa (3,8%), frutificação quimicamente induzida (23,8%) e polinização mecânica incompleta (45,8%) (figura 7). Não houve diferença significativa entre AB e MC, nem entre FI e MI.

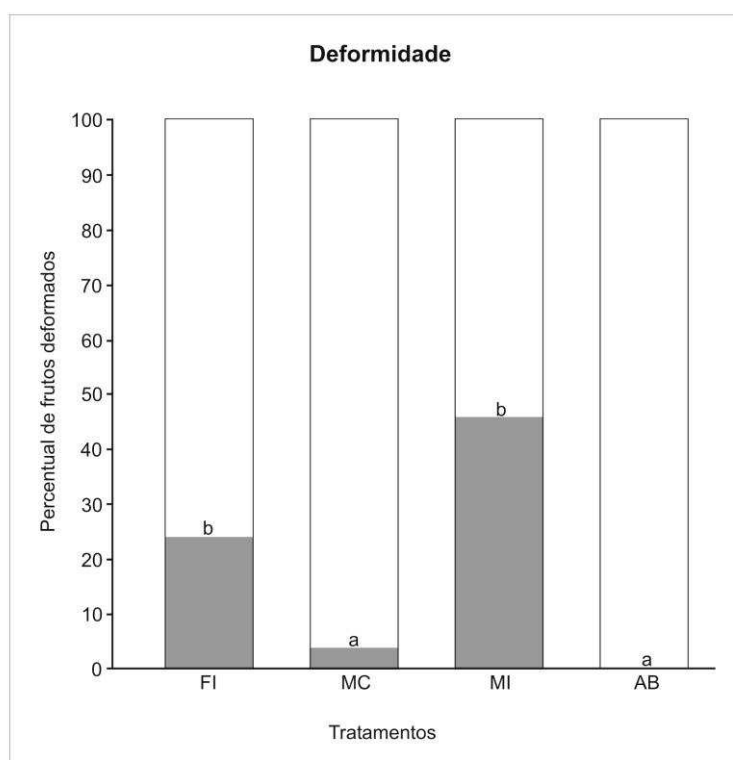


Figura 7 – Comparação do número de frutos deformados de *Cucurbita pepo* nos tratamentos: **FI** (frutificação quimicamente induzida); **MC** (polinização manual completa); **MI** (polinização manual deficiente) e **AB** (polinização por *Melipona quadrifasciata*). Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Somados os dados de perda de frutos, tanto pelo número de abortos quanto pela deformidade, o aproveitamento da produção foi maior na polinização por abelhas (98,2%), seguido de polinização mecânica completa (89,3%), frutificação induzida (49,8%) e polinização mecânica incompleta (43,6%) (figura 8).

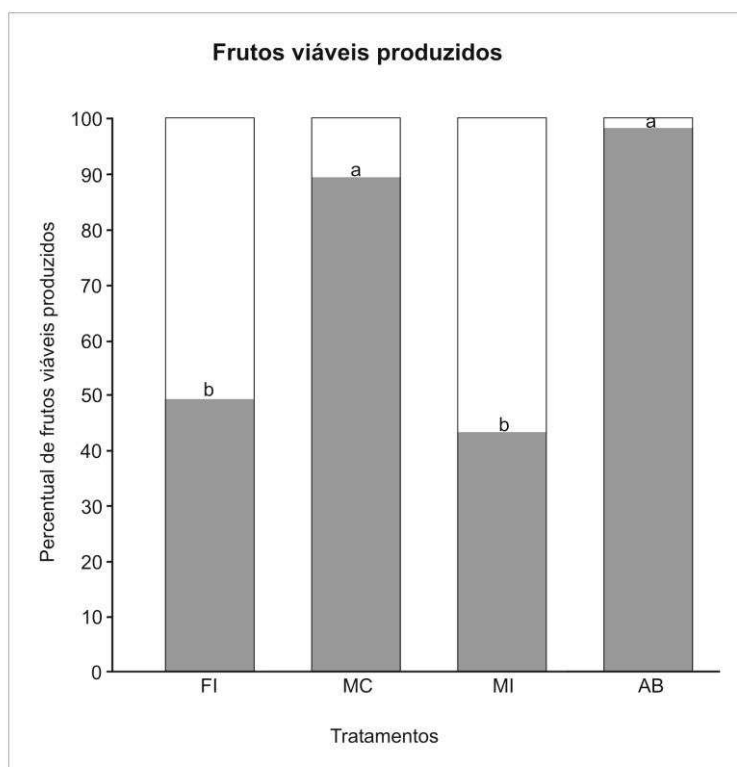


Figura 8 – Comparação dos percentuais de frutos viáveis de *Cucurbita pepo* nos tratamentos: **FI** (frutificação quimicamente induzida); **MC** (polinização manual completa); **MI** (polinização manual deficiente) e **AB** (polinização por *Melipona quadrifasciata*). Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Friedman, a 5% de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

As diferenças comportamento de forrageio de néctar por *M. quadrifasciata* nas flores pistiladas e estaminadas de abóbora podem ser atribuídas às diferenças nas características morfológicas do nectário e na quantidade de néctar nessas flores.

O acesso ao nectário por meio de pequenos orifícios nas flores masculinas força a abelha a se posicionar de maneira que o pólen fique aderido ao seu corpo. Enquanto nas flores femininas, o nectário em forma de canal, permite que a abelha percorra sua circunferência, porém, ela inevitavelmente toca o estigma da flor durante o forrageio.

O volume de néctar secretado pelas flores femininas é de três a quatro vezes maior que nas flores masculinas; deste modo, uma abelha precisaria visitar três a quatro flores masculinas para obter a mesma quantidade de alimento que em uma flor feminina. De acordo com Heard (1999), abelhas sociais precisam coletar alimento além de suas necessidades imediatas para manter as reservas estocadas no ninho, o que resulta em uma intensa visitação às flores.

Ainda que o tempo de interação das abelhas tenha sido menor com as flores masculinas, foi suficiente para que deixassem a flor com pólen no corpo em 97,7% das visitas registradas nesse experimento. Quase 91% das abelhas que chegaram nas flores femininas tinham pólen no corpo.

A visitação das abelhas primeiro às flores estaminadas pode estar relacionada ao fato delas serem mais acessíveis devido ao pedúnculo longo, ao contrário das flores pistiladas, que ficam escondidas sob as folhas. Essa dinâmica, também observada por Free (1993), favorece a polinização da abóbora visto que, à medida que o néctar se esgota nas flores masculinas – mais acessíveis – as abelhas forrageiam nas flores femininas, transferindo o pólen.

Além disso, a atividade mais intensa das mandacaias nas flores ocorreu entre 7:30 e 8:00hs da manhã, coincidindo com o período de alta receptividade estigmática e com os maiores percentuais de viabilidade polínica.

Os resultados obtidos a partir da formação dos frutos neste trabalho confirmam que não há partenocarpia natural em *Cucurbita pepo*, dependendo totalmente de um agente polinizador biológico para produzir frutos naturalmente. Seus grãos de pólen não podem ser levados pelo vento, mesmo em cultivo aberto, devido a seu peso, tamanho e viscosidade.

Amaral & Mitidieri (1966), realizaram um experimento isolando as plantas de *Cucurbita pepo* da visitação por insetos no interior de gaiolas e também notaram a ausência de frutificação, que diferiram dos resultados obtidos na presença de insetos, onde houve 76,9% de frutificação. Um trabalho realizado com pepino (*Cucumis sativus*) e melancia (*Citrullus lanatus*), por Stangheliini et al. (1997), também verificou o aborto de todas as flores que não foram visitadas por insetos. Trabalhos realizados Nogueira-Couto e Peraro (2000) com *Cucurbita mixta*, Nicodemo & Nogueira Couto (2002) com *Cucurbita maxima*, Serra & Campos (2010) com *Cucurbita moschata*, também concluíram que a produção de frutos nessas espécies depende da polinização por insetos.

A diferença não significativa de peso e tamanho (diâmetro e altura) com o tratamento neste trabalho, mostra que essas variáveis não dependem do tipo de polinização (manual ou por abelhas) e que esses resultados não são comprometidos quando a frutificação quimicamente induzida é usada para produzir frutos.

Neste estudo, as flores polinizadas por *M. quadrifasciata* obtiveram os maiores índices de frutificação (98,1%), mostrando que esta abelha é um polinizador eficiente de *C. pepo*, devido ao tamanho corporal e comportamento nas flores.

O tamanho corporal desta abelha confere a ela capacidade de ocupar o espaço entre o nectário e as estruturas sexuais das flores de modo eficaz, em se tratando da remoção e deposição de pólen. Fatores comportamentais como o horário de visitação coincidente com o período de antese das flores, o comportamento de forrageio de néctar e o fato delas não limparem o pólen do corpo também demonstram sua eficiência na polinização da abóbora.

Serra & Campos (2010) também destacaram *M. quadrifasciata* como um polinizador eficiente de *C. moschata* em cultivo aberto, com resultados

similares aos de *Bombus morio*, em termos de frutificação. Apesar de terem sido vistas retirando o pólen do corpo algumas vezes, assim como *Apis mellifera*.

Trabalhos de Lattaro & Malerbo-Souza (2006) apontam a *Apis mellifera* como um polinizador eficiente das culturas de cucurbitáceas a julgar pelo seu tamanho corporal. Discordando de Serra & Campos (2010) que mostraram que, em *C. moschata*, a produção de frutos a partir de flores visitadas por *A. mellifera*, era menor que de flores visitadas por *M. quadrifasciata*, possivelmente devido ao fato das *A. mellifera* removerem o pólen do corpo após as visitas às flores masculinas.

Tais observações corroboram a ideia de que apenas o tamanho corporal adequado não é capaz de caracterizar uma abelha como polinizador efetivo. No entanto, *M. quadrifasciata* apresentou características necessárias para ser classificada como polinizador de *C. pepo*, segundo os critérios apresentados por Freitas & Paxton (1996) – ser atraída pelas flores da cultura, apresentar fidelidade à espécie, possuir tamanho e comportamento adequados à transferência de pólen, transportar no corpo quantidade suficiente de pólen viável e visitar as flores quando elas estiverem receptivas.

A quantidade insuficiente de pólen no corpo das abelhas – simulada no tratamento MI – resultou em baixa taxa de frutificação. Flores que receberam o tratamento FI, neste estudo, apresentaram os menores percentuais de frutificação (72%). A auxina – assim como seus mimetizadores sintéticos – promove o alongamento das células da parede do ovário, formando frutos a partir de partenocarpia induzida.

Segundo Pereira (1999), estudos de indução de frutificação com abóbora híbrida Tetsukabuto na Embrapa Hortaliças, apontam que a aplicação do 2,4-D nas flores aumentou a produtividade com maiores índices de pegamento dos frutos. Neste trabalho, apesar de ter havido formação de frutos, o percentual de frutos formados foi menor, comparado aos demais tratamentos. Sugerindo que o uso de indutores hormonais pode representar uma alternativa no caso da ausência de abelhas, mas não substitui, em termos de frutificação, a eficiência delas nem mesmo a da polinização manual.

Apesar de a indução química assegurar a frutificação na ausência de abelhas, ela não garante a qualidade dos frutos. Segundo Miranda (2012), o 2,4-D é acumulado na planta e degrada mais lentamente que a auxina natural (AIA), podendo induzir mudanças metabólicas que afetam a divisão celular e levam a um crescimento desordenado.

De acordo com Lattaro & Malerbo-Souza (2006), o serviço de polinização prestado pelas abelhas pode ser observado além da produção quantitativa e seu valor pode ser demonstrado também pela produção qualitativa de frutos. A eficiência da polinização pode ser observada quando os frutos estão completamente desenvolvidos, simétricos e com peso satisfatório (Nogueira, 1984).

Frutos oriundos da polinização por mandaçaia não apresentaram deformidade – de acordo com a escala proposta neste trabalho e corroborada pela empresa que desenvolveu o híbrido – e não diferiram significativamente daqueles produzidos a partir da polinização mecânica completa (3,8% de deformidade).

Estes resultados mostram que a deposição de pólen por *M. quadrifasciata* nos lóbulos estigmáticos da flor foi suficientemente uniforme para produzir frutos simétricos e com maior valor de mercado.

Abelhas de pequeno porte, mesmo forrageando em bando, como *Trigona spinipes*, muitas vezes não tocam o estigma da flor de modo que o pólen se distribua de maneira uniforme sobre ele ou carregam no corpo uma quantidade insuficiente de pólen.

Neste trabalho, os frutos deformados – que seriam descartados pelo mercado – e os abortados, somam mais de 50% nos tratamentos de frutificação induzida e polinização deficiente, representando uma considerável perda na produção. Frutos com menor número de sementes têm maior probabilidade de serem abortados (Stepheson 1981), e a quantidade pólen depositado no estigma da flor leva à variação no número de sementes formadas, evidenciando a importância de polinizadores eficientes na produção agrícola.

Os serviços de polinização têm sido pouco valorizados no Brasil e ainda são escassos os estudos sobre seu valor econômico. É importante o conhecimento e a criação dessas abelhas para assegurar a produção em culturas cuja polinização é dependente de um agente biológico.

Outro ponto que merece destaque, é a crescente busca pela otimização do uso dos recursos naturais e integridade das comunidades rurais e do meio ambiente por meio do cultivo, fiscalização e comercialização de produtos orgânicos. O cultivo protegido diminui a necessidade de utilização de defensivos químicos e a polinização de abóboras por abelhas, elimina a necessidade do uso do 2,4-D. O uso deste produto estaria em desacordo com a lei nº 10.831, de 2003, sobre agricultura orgânica, que contrapõe ao uso de materiais sintéticos em qualquer fase do processo de produção à comercialização de produto agrícola (MAPA, 2003).

6. CONCLUSÃO

- Os resultados desse trabalho mostram que *M. quadrifasciata* é um polinizador eficiente de *Cucurbita pepo* e se adaptou bem ao confinamento. Sua abundância e criação racional na região podem favorecer a produção de abóboras em ambiente protegido e em cultivo aberto.

- O comportamento de forrageio de *M. quadrifasciata* é responsável pela transferência e distribuição uniforme de pólen no período reprodutivo das flores.

- De modo geral, a polinização realizada por *M. quadrifasciata*, neste trabalho, mostra-se mais eficaz em relação à polinização manual e frutificação quimicamente induzida.

- A polinização por *M. quadrifasciata* é responsável pela formação de frutos de melhor qualidade e pela redução de perdas na cultura, além de valorizar o produto no mercado, possibilitando o cultivo orgânico da abóbora em ambiente protegido.

REFERÊNCIAS

AIDAR, D. S. (1995b). **Multiplicação artificial e manejo de colônias de *Melipona quadrifascia* Lep.(Hymenoptera, Apidae, Meliponinae)**. (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado. Universidade Federal de Vicosa).

AIDAR, D. S. (1996). **A mandaçaia: Biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.(Hymenoptera, Apidae, Meliponinae)**. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 103p.

AIZEN, M. A., GARIBALDI, L. A., CUNNINGHAM, S. A., & KLEIN, A. M. (2008). Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. **Current Biology**, 18(20): 1572-1575.

ALLEN-WARDELL, G.; BERNHARDT, P.; BITNER, R.; BURQUEZ, A.; BUCHMANN, S.; CANE, J.; COX, P. A.; DALTON, V.; FEINSINGER, P.; INGRAN, M.; INOUE, D.; JONES, C. E.; KENNEDY, K.; KEVAN, P.; KOOPOWITZ, H.; MEDELLIN, R.; MEDELLIN-MORALES, S. & NABHAN, G. P. (1998) "The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields." **Conservation Biology**. 12(1): 8-17.

AMARAL, E., & MITIDIARI, J. (1966). Polinização da aboboreira. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 23: 121-128.

AMARANTE, C. D., MACEDO, A. D., & Arruda, A. E. (2000). Frutificação e crescimento de frutos em abóbora híbrida 'Tetsukabuto' tratada com alfa-naftalenoacetato de sódio. **Horticultura Brasileira**, 18(3), 212-214.

BAWA, K. S. (1990). Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Annual review of Ecology and Systematics**, 399-422.

BUCHMANN, S. L., & NABHAN, G. P. (1996a). **The forgotten pollinators**. Island Press/Shearwater Books.

BUCHMANN, S. L., & NABHAN, G. P. (1996b). The pollination crisis. **The Sciences**, 36(4), 22-27.

CAMARGO, J. M. F. (1994). Biogeografia de Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae): a fauna amazônica. In **1º Encontro Sobre Abelhas**, 1, 46-59.

CANE, J. H., & TEPEDINO, V. J. (2001). Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. **Conservation Ecology**, 5(1), 1.

CHAPLIN-KRAMER, R.; DOMBECK, E.; GERBER, J.; KNUTH, K. A.; MUELLER, N. D.; MUELLER, M; ZIV, G. & KLEIN, A. M. (2014). Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, 281(1794), 20141799.

CORBET, S. A., WILLIAMS, I. H., & OSBORNE, J. L. (1991). Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee world**, 72(2), 47-59.

CRUZ, D. O.; CAMPOS, L. A. O. (2009). Polinização por abelhas em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Agrociência**, 15(1-4): 5-10.

DAFNI, A.,; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C. (2005). **Practical Pollination Biology**. Enviroquest, Ltd. Cambridge. 590 p.

DAREZZO, R. J., ROZANE, D. E., AGUILERA, G. A. H., & DA SILVA, D. J. H. (Eds.). (2004). **Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologia e perspectivas**. UFV.

DEL SARTO, M. C. L., PERUQUETTI, R. C., & CAMPOS, L. A. O. (2005). Evaluation of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. **Journal of economic entomology**. 98(2): 260-266.

EDWARDS, A. J.; VINYARD, B. T.; WILEY, E. R.; BROWN, E. D.; COLLINS, J. K.; PERKINS-VEAZIE, P.; BAKER, R. A. & CLEVIDENCE, B. A. (2003). Consumption of watermelon juice increases plasma concentrations of lycopene and β -carotene in humans. The **Journal of nutrition**, 133(4), 1043-1050.

EKLUND, C. R. B., CAETANO, L. C. S., SHIMOYA, A., FERREIRA, J. M., & GOMES, J. M. (2005). Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, 23(4), 1015-1017.

FERREIRA, M. A. J. F. (2008). Abóboras e morangas: das Américas para o mundo. Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, pp. 59-88.

FREE, B. M. (1993). **Insect pollination of crops**. Londres: Academic Press, 684p.

FREITAS, B. M. (2002). A polinização com abelhas: quando usar Apis ou meliponíneos. In **XIV Congresso Brasileiro de Apicultura**. Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura. pp. 247- 250.

FREITAS, B., & ALVES, J. (2009). Importância da disponibilidade de locais para nidificação de abelhas na polinização agrícola: o caso das mamangavas de toco. **Mensagem Doce**, (100), 4-14.

FREITAS, B. M., & PAXTON, R. J. (1996). The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. **The Journal of Agricultural Science**. 126(03): 319-326.

GILL, R. A. (1989). The value of pollination services in Australia. **Australasian Beekeeper**, 91(5), 256-275.

HEARD, T. A. (1999). The role of stingless bees in crop pollination. **Annual review of Entomology**, 44(1), 183-206.

HOGENDOORN, K. (2004). On promoting solitary bee species for use as crop pollinators in greenhouses. In **Solitary Bees: Conservation, rearing and management for pollination**, pp. 213-221.

HURD, P. D., LINSLEY, E. G., & WHITAKER, T. W. (1971). Squash and gourd bees (*Peponapis*, *Xenoglossa*) and the origin of the cultivated Cucurbita. **Evolution**, 25(1), 218-234.

ILBI, H., & BOZTOK, K. (1993). The effects of different truss-vibration durations on pollination and fruit set of greenhouse grown tomatoes. In **II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates** 366. pp. 73-78.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & KLEINERT-GIOVANNINI, A. (1983). Visita das abelhas sociais às flores. In **I Encontro Paulista de Etologia. Jaboticabal**. pp.187-194.

JOVICICH, E., CANTLIFFE, D. J., SARGENT, S. A., & OSBORNE, L. S. (2004). Production of greenhouse-grown peppers in Florida. Document HS979. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida.

KERR, W. E., NASCIMENTO, V. A., & CARVALHO, G. A. (1994a). Há salvação para os meliponíneos? In **II Encontro sobre abelhas**, pp. 60-65.

KEVAN, P. G. (1999) Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 74: 373-393.

KWON, Y. J., & SAEED, S. (2003). Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.). **Applied Entomology and Zoology**, 38(3), 275-280.

LATTARO, L. H., & MALERBO-SOUZA, D. T. (2006). Polinização entomófila em abóbora caipira, *Cucurbita mixta* (Cucurbitaceae). **Acta Scientiarum: Agronomy**, 28(4): 563-568.

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

MATHESON, A., BUCHMANN, S. L., O'TOOLE, C., WESTRICH, P., & WILLIAMS, I. H. (1996). **The conservation of bees**. Academic Press for the Linnean Society of London and the International Bee Research Association. 254 p.

McGREGOR, S. E. (1976). **Insect pollination of cultivated crop plants**. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture. v. 496.

MELO, G. A. R., & CAMPOS, L. A. O. (1987). Variação do padrão de faixas na população de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1936, no Estado de Minas Gerais (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). In **XIV Congresso Brasileiro de Zoologia**, p. 76.

MICHENER, C. D. (1979). Biogeography of the bees. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 277-347.

MICHENER, C. D. (2000) **The bees of the world**. Johns Hopkins University Press. 913pp.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>> Último acesso em: 29/II/2016.

MIRANDA, F. (2012). **Efeito da frutificação induzida por 2, 4-D em características agrônômicas dos frutos de abóbora 'Tetsukabuto'**. Dissertação, Mestrado em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins, Tocantins. 62p.

NEFF, J. L., & SIMPSON, B. B. (1993). Bees, pollination systems and plant diversity. **International Journal of Plant Sciences**. 162 (2): 353-358.

NEPI, M., PACINI, E., & WILLEMSE, M. T. M. (1996a). Nectary biology of *Cucurbita pepo*: ecophysiological aspects. **Acta Botanica Neerlandica**, 45(1): 41-54.

NEPI, M. & PACCINI, E. (1993) Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. **Annals of Botany**, 72: 527-536.

NEPI, M.; GUARNIERI, M. & PACCINI, E. (2001) Nectar secretion, reabsorption and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. **International Journal of Plant Sciences**, 162(2): 353-358.

NICODEMO, D. & NOGUEIRA-COUTO, R. H. N. (2002). Biologia floral, insetos visitantes e o efeito das visitas das abelhas *Apis mellifera* nas flores de moranga (*Cucurbita máxima* Duch.) quanto a produção de frutos. In **XIV Congresso Brasileiro de Apicultura**. pp 4.

NOGUEIRA, R.H. (1984). Polinização. In **I Simpósio de Apicultura**. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP, Fundação Cargill, pp. 112.

NOGUEIRA-COUTO, R. H. & PERARO, D. T. (2000). Polinização entomófila em abóbora menina brasileira precoce (*Cucurbita mixta* Pang.). In **XIII Congresso Brasileiro de Apicultura**, Florianópolis.

NOGUEIRA-NETO, P; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT-GIOVANNINI, A & VIANA, B. F. (1986). **Biologia e manejo das abelhas sem ferrão**. Tecnapis, São Paulo, SP, 54p.

O'TOOLE, C. (1993). Diversity of native bees and agroecosystems. In **Hymenoptera and biodiversity**. CAB International, Wallingford. pp.169-196

PEREIRA, W. 1999. Recomendações para a frutificação da abóbora híbrida tipo Tetsukabuto: uso de polinizadores e reguladores de crescimento de plantas. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 8p.

PROCTOR, M., YEO, P., & LACK, A. (1996). **The natural history of pollination**. HarperCollins Publishers.

RADFORD, A. E.; DICKINSON, W. C.; MASSEY, J. R.; BELL, C. R. (1974). **Vascular plant systematics**. New York: Harper & Row. 891 p.

RIZZINI, C. T. (1992). **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. São Paulo: Âmbito Cultural, 189p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (2001). **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: ILSI press. 65p.

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

SERRA, B. D. V. & CAMPOS, L. A. O. (2010). Polinização Entomófila de Abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, 39(2): 153-159.

SHIPP, J. L.; WHITFIELD, G. H. & PAPADOPOULOS, A. P. (1994). Effectiveness of the bumblebee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. **Scientia Horticulturae**, 57: 29-39.

SHULER, R. E.; ROULSTON, T. H. & FARRIS, G. E. (2005). Foraging practices influence wild pollinator populations on squash and pumpkin. **Journal of Economic Entomology**, 98: 790-795.

SILVEIRA, F. A.; PINHEIRO-MACHADO, C.; ALVES DOS SANTOS, I.; KLEINERT, A. M. P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2002. Taxonomic constraints for the conservation and sustainable use of wild pollinators - the Brazilian wild bees. In **Pollinating bees - The conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministry of Environment. p. 41-50.

STANGHELLINI, M. S.; AMBROSE, J. T. & SCHULTHEIS, J. R. (1997) The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of Cucumber and Watermelon. **American Bee Journal**, pp. 386-391.

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

STEPHESON, A.G. (1981) Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 12: 253-279.

VIANNA, M. R.; DE MARCO, P. J. & CAMPOS, L. A. O. (2007). Manejo de polinizadores e o incremento da produtividade Agrícola: uma abordagem sustentável dos serviços do ecossistema. **Rev. Bras. Agroecologia**, 2(1).

VIDAL, R. A. (1997). **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre. p.47 – 54.

WESTERKAMP, C., & GOTTSBERGER, G. (2000). Diversity pays in crop pollination. **Crop science**, 40(5), 1209-1222.

WILLIAMS, I. H., CORBET, S. A., & OSBORNE, J. L. (1991). Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World**, 72(4), 170-180.