

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Polinização por abelhas e a qualidade dos frutos em cultivos de berinjela (*Solanum melongena*, Solanaceae)

THAINÃ RESENDE MONTEIRO

Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira
Prof. Dr. Bruno Ferreira Bartelli
Instituto de Biologia – INBIO

UBERLÂNDIA – MG

JULHO 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Polinização por abelhas e a qualidade dos frutos em cultivos de berinjela (*Solanum melongena*, Solanaceae)

THAINÃ RESENDE MONTEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora
Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira

Coorientador
Prof. Dr. Bruno Ferreira Bartelli

Uberlândia - MG

Julho - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Polinização por abelhas e a qualidade dos frutos em cultivos de berinjela (*Solanum melongena*, Solanaceae)

THAINÃ RESENDE MONTEIRO

Profª. Dra. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira

Homologado pela coordenação do Curso
de Ciências Biológicas em __/__/__

Coordenador do Curso:

Profª. Dra. Celine de Melo

Uberlândia – MG

Julho - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

THAINÃ RESENDE MONTEIRO

Polinização por abelhas e a qualidade dos frutos em cultivos de berinjela (*Solanum melongena*, Solanaceae)

Aprovada pela banca em: / / Nota: _____

Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira

Orientadora

Prof. Dr. Bruno Ferreira Bartelli

Coorientador

Uberlândia, 12 de julho de 2018

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo à minha família, principalmente meus pais, por terem me apoiado esse tempo todo. Obrigada por todo o incentivo e investimento que permitiu que eu chegasse onde estou hoje.

À minha orientadora Fernanda, que me ajudou a realizar esse trabalho com muito amor e paciência. Muito obrigada por todos os ensinamentos, apoio e confiança! Obrigada por ser esse exemplo de ser humano que realiza tudo com tanta vontade e carinho. Ao meu coorientador Bruno, por todo o auxílio e por ter me acompanhado durante essa trajetória.

Aos meus amigos do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA) que também participaram desse trabalho, principalmente a Bárbara, Nicole, Arthur, Thayane e Ciça. Aos meus amigos de coração por me ajudarem a esporecer quando preciso. Ao Luis Pedro por todas as revisões e sugestões.

Ao Wellington, produtor da berinjela, que nos recebeu tão bem no cultivo dando a atenção necessária para a concretização do estudo.

À professora Solange e à Meire por aceitarem o convite para a banca.

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de realizar um estudo tão importante com pessoas maravilhosas!

RESUMO

A polinização é um serviço prestado por animais e também por agentes abióticos que podem levar à melhoria da qualidade e da produtividade em cultivos agrícolas, provendo muitos benefícios para a população. O cultivo de berinjela é extremamente valorizado e hoje encontra-se em expansão. Este trabalho teve o intuito de comprovar a eficiência das abelhas como polinizadores em cultivos de berinjela, observar o comportamento de cada espécie de abelha nas flores e avaliar a qualidade dos frutos formados. O estudo foi realizado em duas etapas em uma área de cultivo aberto de berinjela em Araguari-MG. Foram registrados 99 indivíduos de 6 espécies, *Exomalopsis analis*, *Paratrigona lineata*, *Apis mellifera*, *Bombus* sp., *Trigona spinipes* e uma espécie não identificada da família Halictidae. Foi possível verificar que tanto o *buzz pollination* quanto o *milking* são comportamentos eficazes para que os frutos sejam formados. As flores ensacadas para o tratamento de autopolinização resultaram em pouquíssimos frutos comparados aos tratamentos controle e visitação restrita. Foi comprovado que apenas uma visita por abelha é suficiente para que ocorra a frutificação. Os frutos submetidos ao tratamento de visitação restrita apresentaram maior diâmetro e massa. A partir dos resultados, conclui-se que as abelhas como visitantes florais contribuem de uma forma positiva para o cultivo, melhorando a qualidade dos frutos produzidos.

Palavras-chave: frutificação, abelhas nativas, polinizadores, comportamento, áreas naturais.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	04
3. MATERIAIS E MÉTODOS	04
3.1. Área de Estudo	04
3.2. Experimentos de polinização e taxa de visitação de abelhas	05
3.3. Avaliação da quantidade e qualidade dos frutos formados	06
3.4. Análises estatísticas	07
4. RESULTADOS	07
4.1. Amostragem e comportamento dos visitantes florais	07
4.2. Taxa de frutificação e avaliação dos frutos produzidos	09
4.2.1. Primeira etapa do estudo	09
4.2.2. Segunda etapa do estudo	11
5. DISCUSSÃO	12
6. CONCLUSÃO	14
7. REFERÊNCIAS	15

1. INTRODUÇÃO

Serviços ecossistêmicos são benefícios fornecidos por organismos que interagem entre si para o bem-estar do ser humano (DAILY, 1997). Dentre esses serviços, a polinização é um dos mais conhecidos por assegurar a variabilidade genética da maior parte das espécies vegetais, além de prover diversos benefícios para a população (BREEZE et al. 2011). Sendo assim, é um fator de extrema importância para a conservação da diversidade biológica e também é indispensável para fins científicos e pesquisas. Recentemente, a relação entre os serviços de polinização e produtividade de culturas agrícolas tem sido bastante estudada, mostrando sua importância na economia e principalmente na qualidade de vida dos polinizadores e da população humana. Sabe-se que 75% das culturas agrícolas no mundo dependem de polinização por animais, não só por aumentar a produção, mas também por melhorar a quantidade e qualidade de frutos e sementes (WITTER et al. 2014).

Infelizmente, estudos em áreas naturais e em culturas agrícolas apontam um declínio de polinizadores no mundo todo, principalmente abelhas (POTTS et al., 2010). Perda de cobertura vegetal por desmatamento, fragmentação de habitats, adoção de práticas agrícolas pouco conservacionistas, poluição e mudanças climáticas, são algumas das causas atribuídas ao declínio (PINHEIRO e FREITAS, 2010; POTTS et al., 2010). Agrotóxicos também influenciam drasticamente na diversidade das espécies de abelhas nativas e em seus serviços de polinização (MORON et al. 2011). Seu uso exagerado pode acarretar a morte desses insetos, pois contêm metais pesados em sua composição que podem se acumular nos grãos de pólen que são utilizados para a alimentação larval das abelhas (MORON et al., 2011).

A despeito dessa perda de áreas naturais, remanescentes florestais têm sido vistos como fontes de polinizadores para culturas agrícolas em seu entorno. Estudos feitos por Ricketts et al. (2004) mostraram que em cultivos de café, por exemplo, os fragmentos naturais promoveram maior diversidade de polinizadores e aumento da produtividade em cerca de 20%.

No Brasil, muitas são as culturas agrícolas de extrema importância econômica e que são dependentes dos polinizadores para um melhor desenvolvimento da produção (D'ÁVILA e MARCHINI, 2005). Relatos na literatura mostram que a diversidade de comunidades de polinizadores, principalmente abelhas, está associada ao aumento da produtividade em diferentes cultivos como tomate (BARTELLI et al., 2014; SANTOS et al., 2014; SILVA-NETO et al., 2017; VINICIUS-SILVA et al., 2017), acerola (SAZAN et al.,

2014; VILHENA et al., 2012), canola (WITTER et al., 2014), maracujá-amarelo (GAGLIANONE et al., 2010; YAMAMOTO et al., 2012), morango (CALVETE et al., 2010; MAETA et al., 1992, WITTER et al., 2012) e pimentão (CRUZ et al., 2004).

Por serem dependentes de recursos florais (néctar e pólen) como alimento e também por apresentarem constância floral durante o forrageamento, as abelhas destacam-se como o principal grupo de polinizadores. Elas possuem o corpo coberto por pelos que facilitam a aderência do pólen, e estruturas especializadas para o transporte do mesmo (WITTER et al. 2014). Em 2004, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), estimou que dentre as espécies florais cultivadas no mundo, aproximadamente 73% eram polinizadas por alguma espécie de abelha.

Em vista disso, a polinização pode ser considerada como um serviço imprescindível no cultivo de muitas espécies vegetais, contribuindo de forma bastante significativa na qualidade e quantidade dos frutos, bem como no número de sementes e no valor proteico dos mesmos, além de beneficiar os produtores diminuindo os custos do cultivo (D'ÁVILA e MARCHINI, 2005; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

A família Solanaceae possui cerca de 106 gêneros e 2300 espécies (STEHMANN et al., 2010) e compreende alguns outros cultivos de grande importância alimentícia e econômica como a batata, a pimenta, o jiló e o tomate. A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma solanácea oriunda de regiões orientais e vem sendo cultivada por chineses e árabes por muitos anos (ANTONINI et al., 2002). A berinjela foi introduzida no Brasil no século XVI e hoje se encontra em fase de expansão, sendo muito procurada por consumidores, visto que se destaca por algumas propriedades medicinais, como por exemplo reduzir o colesterol e a pressão arterial (FILGUEIRA, 2000). Sua produção no Brasil é mais presente na região Sudeste, sendo São Paulo o maior estado produtor desta cultura (ANEFALOS et al., 2008). Mesmo sendo uma espécie termófila, ou seja, que necessita alta temperatura para o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, apresenta oferta e preço relativamente estável ao longo do ano (SOUSA et al., 1997). Por se tratar de uma espécie cultivada, possui diversos híbridos, cultivares e variedades locais nos países onde é produzida, o que também pode resultar em uma ampla diversidade de genótipos (ARAMENDIZ-TATIS et al., 2011).

O mercado consumidor brasileiro tem se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade do produto e preço, o que tem levado os produtores de plantas olerícolas à

utilização de cultivares de alta produtividade e qualidade de frutos. A berinjela apresenta oferta e preço relativamente estável ao longo do ano, mesmo sendo uma espécie termófila, que necessita alta temperatura para o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (SOUSA et al., 1997).

É uma planta de porte arbustivo, perene e pode atingir cerca de 1 a 3 metros de altura (ANTONINI et al., 2002). Apresenta flores perfeitas de coloração lilás podendo ser solitárias ou distribuídas em inflorescências. É uma espécie autofértil, não produz néctar e possui anteras poricidas. As flores de *S. melongena* apresentam um polimorfismo floral caracterizado por uma diferença gradativa no tamanho do pistilo, que pode se apresentar abaixo, no mesmo nível (condição rara) ou acima do nível das anteras (KOWALSKA, 2008). Além disso, a morfologia também difere no tamanho das anteras e corolas, sendo que a característica de pistilo curto (brevestilo) apresenta função apenas masculina e a de pistilo acima das anteras (longestilo) apresenta função hermafrodita (ZAMBON & AGOSTINI, 2017). Estudos feitos por Zambon (2017) mostraram que as flores brevestilos não resultam na formação de frutos, o que indica uma condição de andromonoiccia para *S. melongena*. A andromonoiccia se caracteriza pela apresentação de flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas na mesma planta, sugerindo que a ocorrência de polimorfismo floral é uma característica necessária para que haja a reprodução (ANDERSON & SYMON, 1989). Mesmo que seja uma planta autocompatível, estudos mostraram que a qualidade e a quantidade dos frutos produzidos podem aumentar expressivamente com a polinização biótica, principalmente quando este serviço for prestado por abelhas com comportamento vibratório (*buzz-pollination*) (ABAK et al., 2000; GUIMARÃES, 2018).

O pólen pode ser liberado e transportado pelo vento, pela chuva ou por visitantes florais. O agente dispersor de pólen dependerá da estrutura floral da planta em questão. No caso das Solanacea, família cujas plantas possuem anteras poricidas, para que o pólen seja liberado é necessário que ocorra a vibração das anteras. Algumas espécies de abelhas são capazes de realizar o *buzz-pollination*, comportamento capaz de emitir vibrações por meio da contração dos músculos torácicos durante a visita às flores, liberando, assim, o pólen (BUCHMANN e HURLEY, 1978; HEARD, 1999). A introdução de abelhas que apresentam tal comportamento tem sido uma opção viável e muito difundida para auxiliar na polinização em cultivos fechados. Já em áreas de cultivo aberto, a liberação do pólen é feita pelo vento ou por polinizadores naturais, principalmente abelhas (MCGREGOR, 1976; FREE, 1993).

Considerando a importância dos polinizadores para a formação de frutos e a relevância dos cultivos de berinjela, é de extrema importância pesquisar e ampliar o conhecimento referente ao comportamento das abelhas, além de conhecer e identificar as espécies capazes de polinizar as flores da berinjela.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivos: (1) identificar e analisar o comportamento das abelhas visitantes florais em cultivo de berinjela, (2) observar a taxa de visitação de abelhas, (3) avaliar a capacidade de cada visitante floral em efetivamente realizar a polinização e, (4) verificar a qualidade dos frutos produzidos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma área de cultivo aberto de berinjela (18°42'21.68''S, 48°11'18.45''O) localizada na região de Araguari-MG, que se configura como um polo de produção de alimentos no estado de Minas Gerais. O clima da região se caracteriza como tropical e é marcado por duas estações bem definidas, uma seca, que compreende os meses de abril a setembro e uma chuvosa, de outubro a março (ROSA *et. al.* 1991).

3.2. Experimentos de polinização

As observações dos visitantes florais e os experimentos de polinização foram realizados em duas etapas, das 08 às 13 horas, durante períodos de floração do plantio. A primeira etapa do estudo foi realizada em outubro de 2017, quando o cultivo estava na fase inicial de desenvolvimento, totalizando 30 horas de trabalho. A segunda etapa ocorreu em janeiro e fevereiro de 2018, com 25 horas de estudo, quando o cultivo já apresentava uma quantidade reduzida de flores (fase final de desenvolvimento).

Na primeira etapa, 160 botões florais em pré-antese foram selecionados em quatro linhas adjacentes do cultivo. Foram marcados os botões que eram maiores, pois esses geralmente originam flores longestilo, ou seja, flores que apresentam o pistilo acima do

tamanho das anteras (Figura 1). Caso as flores fossem brevestilo, estas eram desprezadas e um novo botão era marcado. Foram realizados os seguintes experimentos:

- Controle (C): neste grupo foram utilizados 60 botões florais, os quais foram marcados com uma fita colorida. As flores assim marcadas podiam receber livremente a visitação por abelhas, podendo também sofrer naturalmente a ação do vento para a liberação e dispersão do pólen.

- Autopolinização (A): neste grupo experimental 60 botões florais foram ensacados, utilizando sacos de organza, que eram retirados após o início do desenvolvimento do fruto.

- Tratamento de visitação restrita (M): neste grupo experimental 40 botões florais foram ensacados. O saco de organza foi retirado no início da antese, sendo permitida a visita por apenas uma abelha, que teve seu comportamento observado. Em seguida, a flor foi reensacada, e assim permanecia até o desenvolvimento do fruto.

Na segunda etapa do estudo, devido ao cultivo se encontrar em fase final de desenvolvimento, foram escolhidos 110 botões florais, sendo: 50 marcados para o grupo controle (grupo C), 30 ensacados para o grupo autopolinização (grupo A) e 30 para o tratamento de visitação restrita (grupo M). Visando verificar a qualidade dos frutos formados relacionados ao número de visitantes florais, no tratamento M, foi permitida a visita de mais de uma abelha por flor. Nesses casos, o saco de organza era retirado e, por 15 minutos, permitida a visita de abelhas que tinham seu comportamento observado. Após esse período de tempo, a flor era reensacada e assim permanecia até o desenvolvimento do fruto.



Figura 1. Flor de *Solanum melongena* com o pistilo longestilo, no cultivo estudado, em Araguari (MG).

3.3. Avaliação da quantidade e qualidade dos frutos formados

Os frutos formados foram colhidos cerca de um mês após os experimentos de polinização, tempo médio necessário para a maturação do fruto. A porcentagem de frutificação foi calculada por:

$$\frac{n^{\circ} \text{ frutos formados}}{n^{\circ} \text{ flores marcadas}} \times 100$$

A qualidade dos frutos foi avaliada utilizando os seguintes parâmetros:

- Comprimento: medição da maior distância longitudinal do fruto, utilizando um paquímetro digital;
- Diâmetro: medida da maior distância equatorial do fruto, utilizando um paquímetro digital;
- Massa: medida através de uma balança digital;
- Número de sementes: para a contagem do número de sementes os frutos foram cortados verticalmente e horizontalmente. O primeiro corte foi realizado na vertical, seguindo a linha imaginária traçada para a medida do comprimento e apenas as sementes observadas na superfície do corte foram contadas. Em seguida, o fruto foi cortado horizontalmente, considerando a parte mais grossa da berinjela, e todas as sementes visíveis foram contadas. O número total de sementes para cada fruto analisado foi calculado realizando-se a somatória das sementes contadas nos dois cortes.

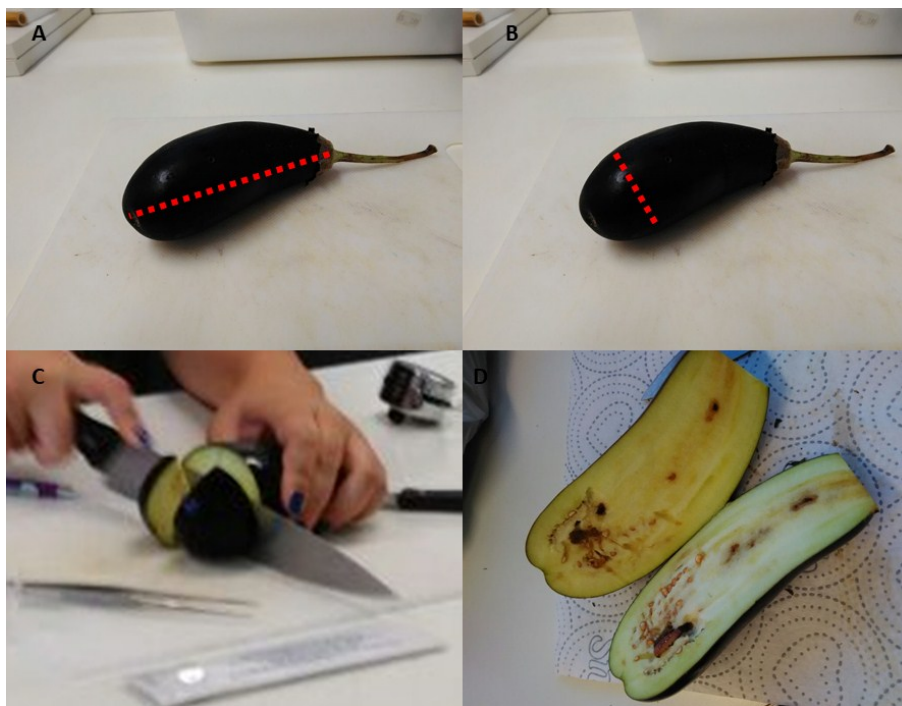


Figura 2. Mensuração dos frutos de berinjela. A. Linha onde foi realizada a medida do comprimento e o corte para a contagem de sementes. B. Linha onde foi realizada a medida do diâmetro e o segundo corte para a contagem de sementes. C. Segundo corte sendo realizado para contagem do número de sementes. D. Corte vertical de um fruto realizado para contagem do número de sementes (presença de uma larva não identificada).

3.4. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas no programa Systat. Para verificar se a qualidade dos frutos analisados diferiu entre os tratamentos de visitação restrita e controle, foi realizado um teste t para duas amostras utilizando uma significância de 0,05.

4. RESULTADOS

4.1. Amostragem e comportamento dos visitantes florais

Foram registrados 99 indivíduos de 6 espécies diferentes, sendo 50 desses indivíduos observados e/ou coletados na primeira etapa do estudo e 49 na segunda etapa (Tabela 1). *Exomalopsis analis* Spinola, 1853 foi a espécie mais abundante em outubro de 2017 com 33 registros, seguida de *Paratrigona lineata* Lepeletier, 1836 com 15 registros. Já em janeiro e fevereiro de 2018, a espécie mais representativa foi *Paratrigona lineata* apresentando 29 registros.

As abelhas registradas apresentam diferentes tipos de comportamento de coleta. Para a obtenção de pólen nas flores de berinjela, as espécies *E. analis*, sp1 (Halictidae) e *Bombus* sp. realizaram o comportamento de vibração denominado *buzz pollination*, no qual a abelha agarra o ápice do cone com as pernas e vibra músculos do tórax fazendo com que o pólen seja liberado e aderido ao mesmo. Já as espécies *A. mellifera* e *P. lineata* apresentaram o comportamento *milking*, onde os grãos de pólen foram retirados do ápice do cone das anteras com a inserção e remoção da glossa.

Tabela 1. Espécies de abelhas visitantes florais de berinjela, número de indivíduos, abundância e comportamento de visita em outubro de 2017 (1ª etapa do estudo) e em janeiro e fevereiro de 2018 (2ª etapa do estudo), em Araguari-MG.

Família	Espécie	Indivíduos Observados		Abundância		Comportamento
		1ª	2ª	1ª	2ª	
	<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853	33	9	66%	18,37%	<i>Buzz pollination</i>
	<i>Paratrigona lineata</i> Lepeletier, 1836	15	29	30%	59,19%	<i>Milking</i>
Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	0	7	0	14,29%	<i>Milking</i>
	<i>Bombus</i> sp. (Latreille, 1802)	0	3	0	6,12%	<i>Buzz pollination</i>
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	0	1	0	2,04%	Pilhagem
Halictidae	sp1	2	0	4%	0	<i>Buzz pollination</i>
Total		50	49	100%	100%	



Figura 3. A. *Apis mellifera* realizando milking no ápice das anteras. (Thainã Resende) B. *Trigona spinipes* apresentando comportamento pilhador. (Bruno Bartelli) C. *Exomalopsis* sp. realizando buzz pollination. (Arthur Bonfá) D. Dois indivíduos de *Paratrigona lineata* realizando milking na mesma flor. (Arthur Bonfá).

4.2. Taxa de frutificação e avaliação dos frutos produzidos

4.2.1. Primeira etapa do estudo

De 160 flores marcadas no experimento, 85 frutificaram, ou seja, 53,12%. Com base nesses dados e considerando o número de flores marcadas em cada tratamento, a porcentagem de frutificação foi de 73,33% no grupo C (n=44), 35% no grupo A (n=21) e 50% no grupo M (n=20). Dos 20 frutos resultantes do grupo M, 90% foram obtidos a partir da visitação de *E. analis* (n=18), sendo os outros 10% a partir de *P. lineata* (n=2).

Dos 85 frutos formados, puderam ser avaliados 34, sendo 26 do grupo C, 1 do A e 7 do grupo M. O restante dos frutos caíram ou não puderam ser analisados por terem sido colhidos pelo produtor. Por ter sido colhido apenas um fruto resultante do tratamento de autopolinização este não foi considerado nas análises estatísticas. As berinjelas submetidas ao tratamento M (visitação restrita) originaram frutos de maior massa ($p = 0,010$; g.l. = 29; t

= 2,755) e diâmetro ($p = 0,039$; g.l. = 31; $t = 2,157$) do que os frutos do grupo controle (Figura 3). Não houve diferença significativa no número de sementes ($p = 0,214$; g.l. = 28; $t = 1,271$) e no comprimento ($p = 0,946$; g.l. = 31; $t = -0,068$) dos frutos dos tratamentos C e M (Figura 3).

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) dos parâmetros avaliados relacionados à qualidade dos frutos nos tratamentos realizados.

Avaliação dos frutos	Autopolinização*	Visitação restrita	Controle
Comprimento (mm)	116,47	170,964 ($\pm 20,20$)	171,443 ($\pm 15,59$)
Diâmetro (mm)	52,17	78,001 ($\pm 5,22$)	74,19 ($\pm 3,84$)
Massa (g)	124	436,8 ($\pm 91,26$)	352,558 ($\pm 56,70$)
Número de sementes	43	384,8 ($\pm 83,51$)	329,84 ($\pm 89,04$)

*o desvio padrão não é apresentado, pois o tamanho amostral neste grupo foi 1.

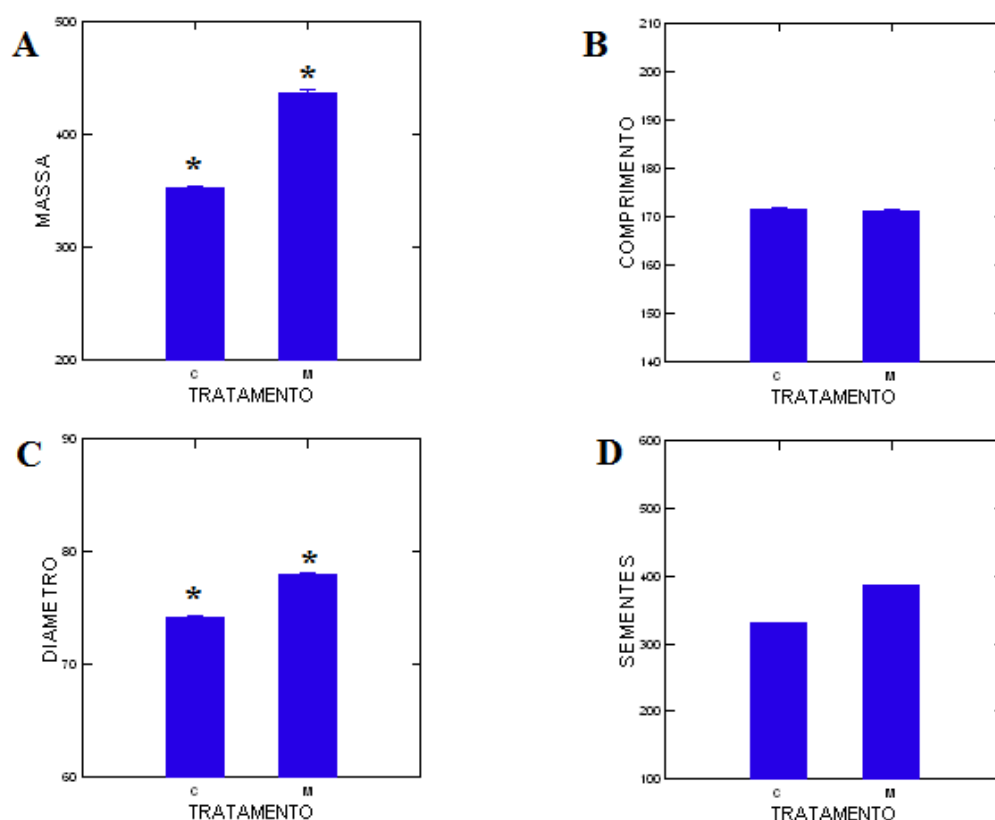


Figura 4. Parâmetros analisados nos frutos de berinjela nos tratamentos: controle (C) e visitação restrita (M). A: massa; B: comprimento; C: diâmetro; D: número de sementes. Os traços indicam o erro padrão. (*) tratamentos que apresentaram diferença estatística.

4.2.2. Segunda etapa do estudo

Nessa etapa, dos 110 botões florais marcados, 55 deles frutificaram. A taxa de frutificação para cada tratamento foi: de 62% no grupo C (n=31), 23,33% no grupo A (n=7) e 60% no grupo M (n=17). Entre os 55 frutos formados, apenas 9 foram colhidos e analisados, pois a maioria se perdeu no decorrer do experimento e alguns foram equivocadamente colhidos pelos trabalhadores do cultivo. Devido à baixa quantidade de frutos, as análises estatísticas não foram realizadas.

Tabela 3. Botões florais marcados, número visitas por abelhas nas flores, espécies visitantes, comportamento e resultado das visitas por abelhas, na segunda etapa do estudo (Fr=fruto formado; De= desenvolvimento não pode ser acompanhado; Ab= Aborto ou não formação de fruto).

Botões florais	Número total de visitantes florais	Espécie visitante (número de visitas)	Comportamento	Resultado da(s) visita(s)
A	3	<i>Exomalopsis</i> sp (1)	<i>Buzz pollination</i>	Fr
		<i>Paratrigona lineata</i> (1)	<i>Milking</i>	
		<i>Trigona</i> sp (1)	Pilhadora	
B	4	<i>Paratrigona lineata</i> (3)	<i>Milking</i>	Fr
		<i>Exomalopsis</i> sp. (1)	<i>Buzz pollination</i>	
C	5	<i>Paratrigona lineata</i> (3)	<i>Milking</i>	Fr
		<i>Bombus</i> sp. (2)	<i>Buzz pollination</i>	
D	3	<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	Fr
		<i>Exomalopsis</i> sp. (1)	<i>Buzz pollination</i>	
E	4	<i>Paratrigona lineata</i> (4)	<i>Milking</i>	Fr
F	4	<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	Fr
G	2	<i>Exomalopsis</i> sp. (2)	<i>Buzz pollination</i>	Fr
		<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	
H	1	<i>Paratrigona lineata</i> (1)	<i>Milking</i>	Fr
I	2	<i>Exomalopsis</i> sp. (2)	<i>Buzz pollination</i>	Fr
J	1	<i>Paratrigona lineata</i> (1)	<i>Milking</i>	Fr
K	1	<i>Bombus</i> sp. (1)	<i>Buzz pollination</i>	Fr
L	2	<i>Paratrigona lineata</i> (1)	<i>Milking</i>	Fr
		<i>Exomalopsis</i> sp. (1)	<i>Buzz pollination</i>	
M	1	<i>Paratrigona lineata</i> (1)	<i>Milking</i>	Fr
N	2	<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	Fr
O	2	<i>Apis mellifera</i> (2)	<i>Milking</i>	Fr
P	2	<i>Apis mellifera</i> (2)	<i>Milking</i>	Fr
Q	1	<i>Apis mellifera</i> (1)	<i>Milking</i>	Fr
R	1	<i>Apis mellifera</i> (1)	<i>Milking</i>	De
S	1	<i>Apis mellifera</i> (1)	<i>Milking</i>	De

T	2	<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	De
U	2	<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	Ab
V	2	<i>Paratrigona lineata</i> (2)	<i>Milking</i>	Ab
W	1	<i>Exomalopsis</i> sp. (1)	<i>Buzz pollination</i>	Ab

5. DISCUSSÃO

O cultivo de berinjela estudado foi visitado por 6 diferentes espécies de abelhas, sendo *P. lineata* a mais abundante com 44 registros, seguida de *E. analis* com 42 registros. Mediante as observações feitas nas duas etapas do estudo, foi possível concluir o potencial dessas espécies como polinizadoras, apesar de realizarem comportamentos para coleta de pólen distintos.

Na primeira etapa, foram registradas 3 espécies de abelhas, porém uma delas, a espécie da família Halictidae, não mostrou eficiência de polinização, visto que não foram formados frutos a partir da visitação. *E. analis* foi a espécie mais observada, sendo responsável por 90% dos frutos formados no tratamento de visitação restrita (M), comprovando a eficiência de abelhas que realizam o *buzz pollination* para a formação de frutos em cultivos de berinjela. No tomateiro, que também é uma planta pertencente à família Solanaceae, *E. analis* também foi considerada polinizadora efetiva, visto que a quantidade de frutos e o número de sementes foram maiores no tratamento de polinização realizado pela espécie (SANTOS et al., 2014).

Em relação à porcentagem de frutificação, os tratamentos de visitação restrita (M) e controle (C) originaram mais frutos (73,33% e 50%, respectivamente, de acordo com a quantidade de flores marcadas em cada experimento) comparados com autopolinização, que obteve uma taxa de frutificação de 35%. Os frutos de M apresentaram diâmetro e peso maiores que os frutos que ficaram desensacados para livre visitação (C). Já as flores mantidas ensacadas (A) apresentaram apenas 35% de frutificação, mostrando que apesar de *Solanum melongena* L. ser uma espécie autofértil, a presença de abelhas é essencial para a formação de frutos de boa qualidade, corroborando com outros estudos realizados anteriormente (MONTEMOR & SOUZA, 2009; NUNES-SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2016). Esses resultados demonstram a importância da presença de abelhas como polinizadoras, podendo aumentar em mais de 50% a produção de frutos da berinjela. Desta maneira, foi comprovado que a visita por uma única abelha é suficiente para que a frutificação ocorra, principalmente se esta apresentar o comportamento de polinização por vibração. Entretanto, mesmo que apenas uma visita possa originar frutos maiores e mais

pesados, visitas múltiplas podem levar à formação de frutos mais compridos e com mais sementes, demonstrando a importância da manutenção da diversidade de polinizadores nas áreas de cultivos.

Zambon & Agostini (2017) sugerem a introdução de ninhos de abelhas que apresentam comportamento de vibração na área do cultivo para que o número de visitantes florais seja maior. Esta estratégia se faz muito importante e deve ser incentivada, pois gera a necessidade de desenvolvimento de técnicas de manejo mais eficientes, colaborando de forma indireta com a preservação das espécies de abelhas. Além disso, a introdução e manutenção de ninhos de abelhas próximas aos cultivos pode gerar uma nova fonte de renda aos agricultores, que poderão atuar também no comércio de produtos apícolas, incrementando sua renda mensal.

Além da introdução de ninhos, devemos lembrar da importância da manutenção dos remanescentes de vegetação natural para que possibilitem o aumento da diversidade de polinizadores nos cultivos. Como já mencionado anteriormente, as abelhas se destacam como agentes polinizadores por dependerem de pólen e néctar não só para a alimentação, mas também para o provisionamento dos ninhos (MCGREGOR, 1976). As flores de berinjela oferecem o pólen como único recurso aos polinizadores, portanto a conservação desses remanescentes se faz extremamente importante, visto que essas áreas fornecem outros recursos para nidificação e alimentação de várias espécies de polinizadores.

Na segunda etapa do estudo, houve uma maior diversidade de abelhas, totalizando 5 espécies. 69,23% dos frutos formados em M foram visitados por abelhas que realizaram *milking*, mostrando que apesar de não apresentarem comportamento vibratório, essas espécies também tem potencial comportamental para polinizar a berinjela. O comportamento da abelha ao depositar pólen no estigma em cultivos de berinjela é mais eficiente que a deposição realizada pelo vento ou pela autopolinização, mecanismos que não colaboram para o aumento do potencial reprodutivo da planta (ZAMBON & AGOSTINI, 2017). Nos experimentos em que foi permitida a visita de mais de uma abelha na flor, foi possível comprovar que apenas uma visita realizada por *P. lineata* resulta na formação de fruto, mostrando a eficiência desse comportamento para a polinização. Nesses casos e em todos os outros em que a polinização por abelhas foi comprovada, não podemos deixar de lembrar que a influência do vento pode estar colaborando e funcionando como um fator à visita da abelha, para a liberação do pólen e deposição no estigma.

Como dito anteriormente, a maioria das visitas às flores de berinjela foi realizada por *P. lineata* (56,41%). Esta espécie, por ser uma abelha sem ferrão apresenta vantagens de

manejo sobre as outras espécies, como a facilidade de domesticação, ninhos populosos e perenes, estratégias de recrutamento de operárias e forrageamento contínuo (HEARD 1999). Além disso, esse meliponíneo apresenta o potencial de realizar polinização cruzada, conforme comprovado nesse estudo.

Também é válido ressaltar que *A. mellifera* foi responsável pela formação de frutos originados por *milking*. Apesar de discussões sobre a sua capacidade polinizadora e sobre os impactos negativos da introdução dessa espécie nos ecossistemas brasileiros (KUNZMANN et al., 1995, ZANELLA, 1999), sugerimos que *A. mellifera* pode ser considerada um polinizador efetivo da berinjela. Várias pesquisas já demonstraram sua eficiência como agente polinizador de diversas culturas, como café (MALERBO-SOUZA et al., 1994), girassol (PAIVA et al., 2000) e tomate (CARVALHO, 2017).

6. CONCLUSÃO

Embora a berinjela seja uma planta autofértil, é possível concluir que a ação das abelhas como polinizadores é de extrema importância para sua reprodução e polinização, uma vez que o tratamento de autopolinização resultou em uma baixa taxa de frutos formados comparado aos outros tratamentos. A presença de abelhas polinizadoras é essencial para que os frutos tenham maior peso, massa, diâmetro e número de sementes. Esse estudo também permitiu concluir a eficiência na polinização, tanto de abelhas que apresentam comportamento de *buzz pollination* quanto de *milking*.

REFERÊNCIAS

- ABAK, K.; OZDOGAN, A. O.; DASGAN, H. Y.; DERIN, K.; KAFTANOGLU, O. Effectiveness of bumble bees as pollinators for eggplants grown in unheated greenhouses. *Acta Horticulturae* 514:197-203, 2000.
- ANDERSON, G. J.; SYMON D. E. Functional dioecy and Andromonoecy in *Solanum*. *Evolution* 43: 204-219, 1989.
- ANEFALOS, L.C.; MOREIRA, S.R.; CIPOLLI, K.M.V.A.B.; TURCO, P.H.N.; TAVARES, P.E.D.R. Sazonalidade da oferta de produtos hortícolas: O mercado de Berinjela. 17p., 2008.
- ANTONINI, A. C. C.; ROBLES, W. G. R.; TESSARIOLI NETO, J.; KLUGE, R. A. Yield potential of eggplant cultivars. *Horticultura brasileira*, 20 (4) 646-648. 2002.
- ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; SUDRÉ, C.P.; GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R. Potencial agrônômico e divergência genética entre genótipos de berinjela nas condições do Caribe Colombiano. *Horticultura Brasileira* 29: 174-180, 2011.
- BARTELLI, B. F.; SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Colony Performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *Sociobiology*, v. 61, p. 60-67, 2014.
- BREEZE, T. D.; BAILEY, A. P.; BALCOMBE, K. G.; POTTS, S. G. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 142, p. 137-143, 2011.
- BUCHMANN, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Eds.). *Handbook of Experimental Pollination Biology*. New York: Scientific and Academic Editions. p. 558, 1983.
- BUCHMANN, S. L.; HURLEY, J. P. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. *Journal of Theoretical Biology*, v. 72, p. 639-657, 1978.
- CARVALHO, R. S. T. B. A polinização por *Apis mellifera* e a qualidade de frutos em *Solanum lycopersicum* (Solanaceae). Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Uberlândia, p. 1-31, 2017.

CALVETE, E.O.; ROCHA, H.C.; TESSARO, F.; CECCHETTI, D.; NIENOW, A.; LOSS, J.T. Polinização de morangueiro por *Apis mellifera* em ambiente protegido. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 181-188, 2010.

CRUZ, D. O.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; SILVA, E. M. S.; BONFIM, I. G. A. Use of the stingless bee *Melipona subnitida* to pollinate sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in greenhouse. Proceedings of the 8th IBRA International Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas, p.661, 2004.

D'ÁVILA, M. and MARCHINI, LC., 2005. Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, vol. 62, no. 1, p. 79-90. 2005.

DAILY, G. C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, DC: Island Press, 1997.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Vicosa UFV, 2000.

FREE, J.B. Insect pollination of crops. Universidade de Michigan. Academic Press, 1993.

GAGLIANONE, M. C.; ROCHA, H.H.S.; BENEVIDES, C.R.; JUNQUEIRA, C.N.; AUGUSTO, S.C. Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. *Oecologia Australis*, 14(1): 152-164, 2010.

GUIMARÃES, B. M. C. Polinização por abelhas em cultivo convencional e agroflorestal. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

HEARD, T. A. The Role of Stingless Bees in Crop Pollination. *Annual Review of Entomology* 44: 183-206, 1999.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CONTRERA, F.A.L.; KLEINERT, A.M.P. A meliponicultura e a iniciativa brasileira dos polinizadores, 2004.

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

JUNQUEIRA, C. N. Manejo de abelhas do gênero *Xylocopa* (Apidae, Xylocopini) para incremento da frutificação do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

KERR, W.E.; CARVALHO, G.A.; SILVA, A.C.; ASSIS, M.G.P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Mensagem doce*. n.80, 2005.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, v.8, p. 468–79, 2005.

KOWALSKA, G. Flowering biology of eggplant and procedures intensifying fruit set - review. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortum Cultus* 7: 63-76, 2008.

LOPES M.; FERREIRA J.B.; SANTOS G. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível. *Agriculturas* 2(4), 2005.

MAETA, Y; TEZUKA, T; NADANO, H; SUZUKI, K. Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis*, as a pollinator of strawberries. *Honeybee Sci.* 13: 71-78, 1992.

MCGREGOR, S.E. Insect pollination of cultivated crop plants. USDA. 1976.

MONTEMOR, K.A.; SOUZA, D.T.M. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). *Zootecnia Tropical*, Vol. 27, No. 1, pp. 97-103, 2009.

MORON, D; GRZES, I.M; SKORKA, P; SZENTGYORGYI, H.; POTTS; WOYCIECHOWSKI, M. Abundance and diversity of wild bees along Gradients of heavy metal pollution. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02079.x, 2011.

PINHEIRO, J.N.; FREITAS, B.M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis* 14(1): 266-281, 2010.

POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, n. 25, p.345-353, 2010.

RICKETTS, T. H.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; MICHENER, C. D. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, p. 12579-12582, 2004.

ROSA, R.; LIMA, S. C. C.; ASSUNÇÃO, W.L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *S & N*. n.3, p.91-108, 1991.

SANTOS, A.O.R.; BARTELLI, B. F; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Potential Pollinators of Tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in Open Crops and the Effect of a Solitary Bee in Fruit Set and Quality. *Journal of Economic Entomology*, 107(3):987-994, 2014.

SAZAN, M. S.; QUEIROZ, E. P.; FERREIRA-CALIMAN, M. J.; PARRA-HINOJOSA, A.; SILVA, C. I.; FONSECA, V. L.; GARÓFALO, C. A. Manejo de polinizadores da aceroleira, 54 p., 2014.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, F. A.; HRNCIR, M. Efeito de diferentes tratamentos de polinização em berinjela em casa de vegetação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 11, n. 1, p. 30-36, 2016.

SILVA-NETO, C. M.; BERGAMIN, L. L.; ELIAS, M. A. S.; MOREIRA, G. L.; MORAIS, J. M.; BERGAMIN, B. A. R.; FRANCESCHINELLIA, E. V. High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops. *Braz. J. Biol.*, 2017, vol. 77, no. 3, pp. 506-513, 2017.

SOUSA, J.A.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de polinização aberta e híbridos F1 de berinjela (*Solanum melongena* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 21, p. 334-342, 1997.

VILHENA, A. M. G. F.; RABELO, L. S.; BASTOS, E. M. A; AUGUSTO S. C. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie*, v. 43, p. 51-62, 2012.

VINÍCIUS-SILVA, R.; PARMA, D. F.; TOSTES, R. B.; ARRUDA, V. M.; WERNECK, M. V. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea* 44(3): 349-360, 2017.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. Abelhas na Polinização da Canola: benefícios ambientais e econômicos, Porto Alegre, 71 p., 2014.

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

YAMAMOTO, M.; SILVA, C. I.; AUGUSTO, S. C.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. Apidologie (Celle), v.1, p. 10.1007/s13592--1, 2012.

ZAMBON, V.; AGOSTINI, K. Polimorfismo floral e suas implicações em sistemas sexuais: o caso de *Solanum melongena* (Solanaceae). Rodriguésia, v. 68, n. 4, p. 1187-1199, 2017.