



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFERSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

MARÍLIA ARAÚJO DA SILVA

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO EM
TOMATE CEREJA (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) E BERINJELA
(*Solanum melongena*) EM CASA DE VEGETAÇÃO**

MOSSORÓ – RN

2015

MARÍLIA ARAÚJO DA SILVA

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO EM
TOMATE CEREJA (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) E BERINJELA
(*Solanum melongena*) EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ecologia e Conservação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Orientador: Prof. Dr. Michael Hrcir

Mossoró – RN

2015

Catálogo na Fonte
Catálogo de Publicação na Fonte. UFRSA - BIBLIOTECA CENTRAL
ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Silva, Marília Araújo da.

Efeito de diferentes tratamentos de polinização em tomate cereja *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* e berinjela *Solanum melongena* em casa de vegetação / Marília Araújo da Silva. - Mossoró, 2015.

48f: il.

1. Abelhas. 2. Tomate cereja - qualidade. 3. Beringela - qualidade. 4. Polinização. 5. Universidade Federal Rural do Semiárido - Mossoró/RN. I. Título

RN/UFRSA/BCOT/458

CDD 638.1 S586e

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza Borba
CRB-15/452

MARÍLIA ARAÚJO DA SILVA

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO EM
TOMATE CEREJA (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) E BERINJELA
(*Solanum melongena*) EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ecologia e Conservação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

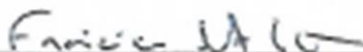
Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Defendida em: 13/04/2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Michael Hrcir (UFERSA)
Orientador



Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira (UFERSA)
Examinador Interno



Prof. Dr. Ailton Torres Carvalho
Examinador Externo

Mossoró – RN

2015

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARÍLIA ARAÚJO DA SILVA nasceu em 09 de dezembro de 1991, na cidade de Carnaubais no Estado do Rio Grande do Norte. Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (2013). Durante a graduação foi Bolsista de Iniciação Científica, atuando em projetos de pesquisa na área de Microbiologia e Educação Ambiental. Atuou como monitora no Projeto “Divulgando a Educação Ambiental na Construção de Saberes e Exercício de Cidadania na Escola Pública em Mossoró-RN” do Programa Novos Talentos da CAPES/DEB. Atualmente é aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, onde desenvolve trabalhos relacionados à Ecologia Comportamental de Abelhas sem ferrão, com ênfase em polinização por abelhas sem ferrão em ambiente protegido.

A Deus, por ser minha rocha, minha fortaleza e escudo.

Aos meus pais, pelo amor e apoio.

A minha irmã e meu irmão, pela presença constante.

Às minhas sobrinhas, pela alegria e inocência.

Ao meu amor, Francielio, pelo apoio e companheirismo.

Dedico.

"Se as abelhas desaparecerem da face da terra, a humanidade terá apenas mais quatro anos de existência. Sem abelhas não há polinização, não há reprodução da flora, sem flora não há animais, sem animais não haverá raça humana."

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelo dom da vida e por ser a minha rocha, fortaleza e escudo. Por me dá forças para superar cada desafio, crer que tudo é possível e nada acontece por acaso.

Ao CNPq pela bolsa concedida durante o desenvolvimento do projeto.

Ao meu orientador, Michael Hrcir, por todas as orientações, as quais foram imprescindíveis para a realização deste trabalho, todos os momentos vividos e por toda a tranquilidade que me passou quando tudo parecia estar errado.

Ao prof. Francisco, que apesar de não ter sido o co-orientador, desempenhou muito bem este papel. Obrigada por ter cedido a estufa onde o trabalho foi desenvolvido e as mudas nele utilizadas e por todas as orientações sem as quais este trabalho não teria sido possível.

Aos membros da banca por aceitarem o convite para participar da banca de defesa e por suas contribuições para o trabalho.

A todos do BeeLab pela amizade, pela ajuda e por todos os momentos vividos, especialmente à Fabiano, Noeide, Vinicio e Maicon por toda a ajuda e apoio, pelas conversas no Beelab e pelos conselhos.

A todos do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UFERSA por todos os momentos vividos e amizades feitas, em especial, a Amanda, Catarina e Erivanir, pelo carinho e amizade. Adoro vocês!

Aos meus pais, Marli Vieira e Edmilson Moreno, que sempre me deram forças e estiverem ao meu lado em todos os momentos. A eles devo tudo o que sou. Amo muito vocês!

Ao meu amor, Francielio, por sempre estar ao meu lado me dando forças, por acreditar em mim quando nem eu mesma acreditava e por ser um amigo e companheiro para todas as horas. Te amo muito!

À minha família por compreenderem os momentos de minha ausência e me darem forças para não desistir no meio da caminhada.

À minha irmã Maria da Conceição e meu irmão Mario Cesar pelo companheirismo e apoio.

Às minhas sobrinhas Monik Gabriely e Maiara Camily, que são minha vida, pelo sorriso inocente e contagiante que só as crianças podem oferecer.

Aos meus cunhados, Alex Dantas e Josiquele Oliveira, por todo o apoio.

As minhas colegas de apê Daiane, Samara, Tamires e Wellyda pela amizade, por todos os momentos, pelo apoio, por tornarem suportáveis os dias longe da minha família. Vocês foram como uma família para mim e jamais esquecerei vocês. Adoro vocês!

À Sergio, funcionário da UFERSA, por toda a ajuda durante o desenvolvimento da pesquisa e pelas conversas que tornaram os dias na casa de vegetação mais divertidos.

A Cassiana Felipe e Franciezer, doutorandos em Fitotecnia pela UFERSA por toda a ajuda na casa de vegetação e pelas conversas e conselhos.

Aos orientandos do Prof. Francisco que ajudaram na montagem do experimento.

À Lília, por toda a ajuda, pela companhia e por ter se tornado uma amiga muito querida.

A todos que diretamente e indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. **Meu muito obrigada!**

RESUMO

SILVA, Marília Araújo da. **EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO EM TOMATE CEREJA** (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) **E BERINJELA** (*Solanum melongena*) **EM CASA DE VEGETAÇÃO** 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró – RN, 2015

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos de polinização na quantidade e qualidade de tomate cereja e berinjela cultivado em casa de vegetação, bem como o comportamento de *Scaptotrigona* sp. e *Melipona subnitida* em casa de vegetação. A pesquisa foi realizada em uma casa de vegetação localizada no campus da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), município de Mossoró/RN. Foram realizados dois experimentos, sendo que para o estudo com tomate cereja foram utilizadas três colônias de *M. subnitida* no interior da casa de vegetação e para a cultura da berinjela foram transferidas duas colônias de *Scaptotrigona* sp., sendo que uma das colônias foi disposta entre as fileiras de plantas (colônia 1) e a outra foi colocada no exterior da casa de vegetação (colônia 2) com um tubo que permitia o livre acesso das forrageiras ao interior da casa de vegetação. No segundo experimento, foi verificado o padrão de atividade diária de *Scaptotrigona* sp e o número de abelhas entrando e saindo das colônias. A medição da temperatura foi realizada em ambos os experimentos. Para verificar os requerimentos de polinização em ambas as culturas, foram realizados quatro tratamentos: polinização livre, autopolinização, polinização manual por vibração e polinização cruzada manual, comparando a quantidade e qualidade dos frutos obtidos de cada tratamento, como peso, comprimento e circunferência e número de sementes produzidas. Os resultados obtidos mostram que a saída das abelhas (*Scaptotrigona* sp.) da colônia 1 começa às 08:00h e termina às 18:00h, entretanto a atividade foi mais intensa no período da tarde com pico as 15:00hs. Já as forrageiras da colônia 2 iniciaram as atividades as 07:00hs e cessaram as 18:00hs, com pico de atividade as 10:00hs, sendo que as atividades duraram todo o dia. Tanto a *Scaptotrigona* sp. como a *M. subnitida* não visitaram as flores durante o período em que foram mantidas na casa de vegetação. Para a cultura do tomate o tratamento que apresentou a maior quantidade de frutos e os maiores, mais pesados e com maior número de sementes foi a Polinização por vibração manual (PVM). Para a berinjela o tratamento de polinização cruzada manual (PCM) apresentou os maiores valores em relação a número de frutos produzidos e com maior número de sementes quando comparados com os demais tratamentos, entretanto o peso, comprimento e circunferência dos frutos não diferiram entre os tratamentos. Entretanto são necessários mais estudos para determinar o verdadeiro potencial de *Scaptotrigona* sp. e *M. subnitida* como polinizador de culturas em casa de vegetação.

Palavras-chave: Polinização por vibração. Ambiente protegido. Abelha sem ferrão.

SILVA, Marília Araújo da. **EFFECT OF DIFFERENT POLLINATION TREATMENT IN CHERRY TOMATO (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) AND EGGPLANT (*solanum melongena*) IN A GREENHOUSE.** 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró – RN, 2015

The objective of this study was to evaluate the influence of different types of pollination in the quantity and quality of cherry tomatoes and eggplant grown under greenhouse conditions and the behavior of *Scaptotrigona* sp. and *Melipona subnitida* in a greenhouse. The survey was conducted in a greenhouse located on the campus of the Universidade Federal do Semiárido (UFERSA), Mossoró/RN. Two experiments were conducted, and to study with cherry tomatoes we used three colonies of *M. subnitida* inside the greenhouse and for eggplants we transferred two colonies of *Scaptotrigona* sp., so one of the colonies was arranged between the rows of plants (colony 1) and the other was placed outside the greenhouse (colony 2) with a tube that allowed free access of forage inside the greenhouse. In the second experiment, the pattern of daily activity of *Scaptotrigona* sp. and the number of bees in and out of the colonies were checked. Temperature measurement was performed in both experiments. To check the pollination requirements in both cultures four treatments were performed: open pollinated, selfpollination, manual pollination by vibration and manual cross-pollination by comparing the quantity and quality of fruit from each treatment, such as weight, length and circumference and number of seeds produced. The results show that the output of bees (*Scaptotrigona* sp.) of colony 1 starts at 08:00h and ends at 18:00h, though the activity was more intense in the afternoon with elevation at 15:00h. The forage of colony 2 started the activities at 7:00h and ceased at 18:00h, with peak activity at 10:00h, and the activities lasted all day. Both *Scaptotrigona* sp. as *M. subnitida* did not visit flowers during the period in which they were kept in the greenhouse. For the tomato crop, the treatment with the highest amount of fruits and the biggest, heavier and with more seeds was Pollination by hand vibration (PVM). For the eggplant, manual cross-pollination treatment (PCM) had the highest values regarding the number of fruit and more seeds when compared to other treatments, however the weight, length and circumference of the fruits did not differ between treatments. However more studies are needed to determine the true potential of *Scaptotrigona* sp. and *M. subnitida* as pollinator of crops in the greenhouse.

Keywords: Buzz pollination. Protected environment. Stingless bee.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1. Localização e período	15
2.2. Manutenção e treinamento das abelhas na casa de vegetação	15
2.3. Tratamentos de tomate cereja	17
2.4. Tratamentos de berinjela	17
2.5. Tratamentos de polinização	18
2.6. Análise estatística	21
3. RESULTADOS.....	21
3.1. Temperatura durante os experimentos	21
3.2. Comportamento das abelhas na casa de vegetação	24
3.3. Treinamento de <i>M. subnitida</i> e <i>Scaptotrigona sp</i>	26
3.4. Atividade externa de <i>Scaptotrigona sp</i> na casa de vegetação	27
3.5. Tratamentos de polinização com tomate cereja	29
3.6. Tratamentos de polinização com berinjela	32
4. DISCUSSÃO.....	36
4.1. Comportamento de <i>Scaptotrigona sp.</i> em casa de vegetação	36
4.2. Tratamentos de berinjela e tomate cereja	38
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
Anexo 1: Quantidade em gramas de adubos utilizados na fertirrigação da berinjela sob cultivo protegido	47
Anexo 2: Quantidade de nutrientes/planta utilizados na fertirrigação do tomate sob cultivo protegido, de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura	48

1. INTRODUÇÃO

Os polinizadores fornecem um serviço ao ecossistema, pois são fundamentais para a reprodução sexuada das plantas e manutenção da variabilidade genética. Além disso, a polinização é fundamental para o desenvolvimento de muitas culturas agrícolas, sem a qual não ocorre a produção de frutos e, com isto, os polinizadores trazem inúmeros benefícios à sociedade humana através do seu papel na produção de alimentos e na agricultura (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).

Para a maioria das plantas os insetos são os principais agentes polinizadores. Sua alta eficiência deve-se ao seu grande número no meio ambiente, como, também, às suas adaptações e especializações morfológicas e comportamentais às estruturas florais (SOUZA et al, 2007). Dentre os insetos, as abelhas se destacam como os polinizadores mais importantes, ao transportarem o pólen de uma flor para outra enquanto coletam os recursos florais (SOUZA et al, 2007). Estima-se que um terço da alimentação humana dependa da polinização realizada por abelhas, tanto direta como indiretamente (VILLA-BÔAS, 2012).

A ausência de agentes polinizadores é um problema sério para cultivos em casa de vegetação. Por um lado, esses cultivos oferecem proteção às plantas, sendo assim possível cultivar o ano todo e independente das condições ambientais (HEARD, 1999). No entanto, a deficiência na polinização devido à ausência de polinizadores no ambiente fechado leva a uma redução na quantidade e qualidade de frutos (HEARD, 1999).

Entre as plantas cultivadas em casa de vegetação, várias espécies da família Solanaceae (tomate, berinjela, pimentão, pimenta, entre outras), apesar de serem autocompatíveis, mas dependentes de agentes de polinização, dependem de abelhas capazes de realizar a vibração das anteras da flor, o que é essencial para a liberação do pólen e consequente polinização da cultura (NUNES-SILVA et al, 2010). Este tipo de polinização é denominado de polinização por vibração ou “buzz pollination” (BUCHMANN; HURLEY, 1978). Nesse tipo de polinização as abelhas contraem a musculatura torácica, transmitindo vibrações para as anteras através do tórax e pernas, e consequentemente, liberando o pólen (BUCHMANN; HURLEY, 1978). Esta característica faz com que espécies de abelhas capazes de realizar a vibração, tais como algumas espécies de abelhas solitárias, mamangávas (Apidae, Bomibini) e abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini), sejam consideradas como polinizadores eficientes de várias solanáceas cultivadas em casa de vegetação (NUNES-SILVA et al, 2010).

As abelhas sem ferrão são um grupo de abelhas eussociais composto por mais de 500 espécies que habitam áreas tropicais e recebem essa denominação por apresentarem um ferrão reduzido e modificado, não funcional (MICHENER, 2013). Nas regiões tropicais essas abelhas são responsáveis pela polinização de um grande número de espécies vegetais e são consideradas importantes polinizadores de diversas plantas cultivadas (HEARD, 1999). Apesar de não se conhecer nenhuma cultura polinizada exclusivamente por essas abelhas, sabe-se que muitas plantas que se beneficiam da polinização realizada por elas ainda não foram estudadas ou permanecem sem dados suficientes (HEARD, 1999).

As abelhas sem ferrão podem se tornar boas candidatas para futuras alternativas na polinização comercial (SLAA et al, 2006). Vários estudos tem mostrado a potencialidade do uso de várias espécies desse grupo de abelhas eussociais em casa de vegetação no cultivo de solanáceas, como berinjela (BISPO DOS SANTOS, 2008; NUNES-SILVA et al., 2013), pimentão (ROSELINO, 2005; CRUZ et al., 2005; ROSELINO et al, 2010; SILVA et al., 2005), tomate (MEYRELLES, 2013; CAUICH et al., 2004; BISPO DOS SANTOS, 2008; DEL SARTO, 2005) e pimenta (PALMA et al., 2008; CRUZ, 2009; NASCIMENTO et al., 2012). Além do seu benefício para cultivos de solanáceas, as abelhas sem ferrão foram descritas como polinizadoras eficientes de outras culturas, tanto em campo aberto como em cultivo protegido, entre elas morango (WITTER et al., 2012; ANTUNES et al., 2007), manjeriço (BISPO DOS SANTOS, 2008) e pepino (SANTOS et al., 2008). Em todos estes estudos, a polinização por abelhas sem ferrão levou a um aumento significativo na quantidade dos frutos produzidos e na sua qualidade em relação a diversas variáveis como tamanho, peso, número de sementes e menor número de frutos deformados.

Várias espécies de abelhas sem ferrão são capazes de forragear em ambientes fechados, o que indica o potencial destas abelhas como polinizadores de culturas em casa de vegetação. Diversos trabalhos, desenvolvidos com o intuito de avaliar o comportamento de abelhas sem ferrão em ambiente protegido, indicam o potencial destas abelhas na polinização agrícola, levando a um aumento na quantidade e qualidade de frutos produzidos em várias espécies vegetais (BARTELLI, 2014). Entre as espécies estudadas podem ser citadas *Melipona quadrifasciata* (CRUZ, 2009; BARTELI, 2013), *Trigona spinipes*, *T. angustula* e *Frieseomellita varia* (NASCIMENTO et al, 2012), *Nannotrigona perilampoides* (PALMA et al, 2008), *M.*

fasciculata (NUNES-SILVA et al, 2013), *Tetragonisca angustula* (ANTUNES et al, 2007), *Plebeia nigriceps* (WITTER et al, 2012), e *M. subnitida* (CRUZ et al, 2005).

Uma das vantagens da introdução de abelhas sem ferrão em casa de vegetação está relacionado a algumas características que elas apresentam como a ausência de ferrão funcional (MICHENER, 2013), o que proporciona uma maior segurança ao produtor (AMANO, 2000), além de uma menor amplitude de voo de forrageamento, a perenidade das colônias (SLAA et al, 2000; CRUZ; CAMPOS, 2009; MEYRELLES, 2013), constância floral, forrageamento contínuo e grandes reservas de alimento dentro dos ninhos (HEARD, 1999). Porém, ainda são necessários mais estudos, já que os trabalhos abordando este tema são limitados. Além disso, experimentos para avaliar a eficiência da produção resultante da polinização por abelhas sem ferrão e para melhorar as técnicas de gestão das colônias são de extrema importância para que as mesmas possam ser utilizadas de forma satisfatória (AMANO, 2000).

Um dos problemas para o uso de abelhas sem ferrão em ambiente protegido é a questão da temperatura elevada no interior da casa de vegetação, o que dificulta a aclimatização das abelhas a estes locais (MEYRELLES, 2013). Outro problema é o tipo de cobertura utilizado para proteger as casas de vegetação como, por exemplo, o sombrite difusor antivírus que dificulta a orientação e a identificação das flores pelas forrageiras devido à difusão dos raios solares e o bloqueio da radiação ultravioleta dentro da casa de vegetação (BARTELLI, 2013).

A região semiárida no nordeste brasileiro é caracterizada por temperaturas ambientais anuais elevadas com a temperatura média mensal variando de 26 a 34 °C (MOURA et al., 2007), resultando em temperaturas ainda mais elevadas no interior das casas de vegetação. A temperatura de forrageamento em *M. subnitida*, uma das poucas abelhas do gênero *Melipona* com ocorrência natural na Caatinga (CAMARGO; PEDRO, 2013) é entre 23 e 34 °C (néctar) e 23 e 31 °C (pólen) (SILVA, 2015). Entretanto, alguns estudos mostram sucesso no uso de abelhas sem ferrão em casas de vegetação na Caatinga, como na polinização de pimentão por *M. subnitida* (CRUZ et al, 2005; SILVA et al, 2005) e de mini melancia por *M. subnitida* e *Scaptotrigona* sp. (BOMFIM et al, 2014).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de abelhas sem ferrão (*M. subnitida*, *Scaptotrigona* sp.) como polinizadores de solanáceas (berinjela, *Solanum melongena* e tomate cereja, *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) cultivadas em uma casa de vegetação na região do Semiárido Brasileiro em Mossoró/RN. Em geral, abelhas

do gênero *Melipona* são mais adequadas para a polinização de solanáceas em casas de vegetação por serem capazes de realizar a polinização por vibração (NUNES-SILVA et al, 2010). No entanto, a utilização de *Scaptotrigona* sp., uma espécie que provavelmente não realiza polinização por vibração, se deu devido ao fato que suas colônias encontravam-se mais fortes e com maior número de indivíduos comparadas às colônias de *M. subnitida*, as quais estavam fracas após um período longo de seca que atingiu a região. Além disso, existe a possibilidade que a simples visita dessas abelhas contribui para um aumento na produção de frutos, como foi observado para a espécie de abelha sem ferrão *Nannotrigona perilampoides*, também incapaz de vibrar as flores, utilizada com sucesso para a polinização de tomates em casa de vegetação (CAUICH et al, 2004).

Para avaliar a eficiência de polinização pelas abelhas, foram comparadas as características dos frutos (comprimento, circunferência, peso e número de sementes), e a quantidade de frutos produzidos em quatro tratamentos experimentais: (1) polinização livre (polinização pelas abelhas), (2) autopolinização, (3) polinização por vibração manual, e (4) polinização cruzada manual.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e período do experimento

O presente estudo foi desenvolvido no período de 01 de maio de 2014 a 03 de março de 2015, em uma casa de vegetação localizada no Campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil (5°11'S e 37°20'W e altitude de 18 m). A casa de vegetação utilizada apresenta cobertura de polietileno de baixa densidade transparente com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas e em formato tipo arco, com 7,0 m de largura e 21 m de comprimento. As paredes laterais e frontais são confeccionadas com telas anti-afídeos e rodapé de 0,30 m em concreto armado.

2.2. Manutenção e treinamento de abelhas na casa de vegetação

Para avaliar a eficiência de abelhas sem ferrão como polinizadores de culturas de solanáceas em casa de vegetação foram feitos dois experimentos. No primeiro (01 de maio a 12 de setembro de 2014), foi observada a polinização de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) por *Melipona subnitida*. Foi utilizada uma colônia proveniente de Mossoró/RN. No segundo experimento (05 de setembro de 2014 a 04 de fevereiro de 2015) foi avaliada a polinização de berinjela (*Solanum melongena*) por

Scaptotrigona sp., espécie a ser identificada, proveniente de Crato/CE. Neste experimento foram utilizadas duas colônias de *Scaptotrigona* sp. Todas as colônias foram mantidas em caixas de madeira na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA e transferidas para o local dos experimentos no período de florescimento da respectiva cultura.

Para os experimentos com tomate cereja, a colônia de *M. subnitida* foi mantida dentro da casa de vegetação. Nos experimentos utilizando *Scaptotrigona* sp., uma das colônias foi colocada no exterior da estufa com um tubo permitindo o livre acesso das forrageiras ao interior da casa de vegetação e a outra foi disposta entre as fileiras de plantas. Durante todos os experimentos, algumas herbáceas ornamentais não identificadas adquiridas no mercado local foram colocadas na casa de vegetação para fornecimento de néctar, uma vez que as flores de berinjela não disponibilizam este recurso. Além disso, foram mantidas algumas plantas nativas as quais já existiam dentro da casa de vegetação, como quebra-panela (*Alternanthera tenella* Colla), chanana (*Turnera subulata* Sm.), santa-luzia (*Commelina erecta* L.), jetirana-de-mocó (*Merremia aegyptia* (L.) Urb), e a Amargosa (*Marsypianthes chamaedrys* (varl) Kuntze).

Aliado a isto, foram colocados alimentadores artificiais contendo xarope (uma mistura de açúcar e água, na proporção de 1:1, e essência de pau rosa) no interior da casa de vegetação durante todo o período do estudo. O xarope era repostado diariamente ou quando necessário. Imediatamente após a instalação e abertura das colônias realizou-se o treinamento das abelhas para essa fonte externa de xarope. O treinamento consistia em colocar gotas de xarope na entrada das colônias e esperar que as abelhas se aproximassem. Uma vez que as abelhas começaram a coletar o xarope, a fonte foi distanciada cada vez mais da colônia. Recipientes contendo água foram dispostos próximos às colônias, para servirem como fonte de água.

Na cultura do tomate cereja, a temperatura no interior da casa de vegetação foi medida utilizando um termo-higrômetro (MINIPA, MT-241), durante todo o período em que a colônia foi mantida na casa de vegetação. O comportamento das forrageadoras de *M. subnitida* na casa de vegetação foi observado ao longo de dois dias (das 5 às 18 horas).

Para avaliar a atividade forrageira de *Scaptotrigona* sp. na casa de vegetação, foram realizadas observações das 06:00 às 18:00h em 3 dias durante o período do experimento. Durante 10 minutos a cada hora, simultaneamente em ambas as colônias,

contou-se o número de abelhas que saíam e entravam em cada colônia. A temperatura no interior da casa de vegetação foi medida utilizando um *data logger* HOBO® U12-008 com quatro sensores de temperatura T1MC50, sendo um colocado no exterior e outro no interior da casa de vegetação, e um na área de cria em cada colônia de *Scaptotrigona* sp. Todos os sensores foram programados para coletarem dados simultaneamente a cada 5 minutos durante todo o período que as colônias permaneceram na casa de vegetação. Os dados armazenados foram transferidos para um PC utilizando o software *HOBOWare 3.0.0* e posteriormente transferidos para o software *Microsoft Excel*.

2.3. Polinização de tomate cereja

O estudo foi realizado de 01 de maio a 12 de setembro de 2014, período este que corresponde desde a semeadura até a análise de produção. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 200 células e transplantadas para baldes de 20 litros, cerca de 30 dias após a semeadura. Foram utilizadas 20 plantas de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). Após o transplante, as mudas foram irrigadas diariamente com o sistema de irrigação da própria casa de vegetação, sendo que o tempo e o número de irrigações diárias foi alterado durante o experimento dependendo da necessidade das plantas. A irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento localizado composto por mangueiras fixas e por gotejadores espaçados em aproximadamente 50 cm. Para a fertirrigação, em cada muda foi adicionado 500 mL de solução nutritiva. O procedimento foi repetido uma vez por semana, sendo que as quantidades de nutrientes foram adaptadas de TRANI et al (2011) (para mais detalhe, ver anexo 1).

Após o início da floração foi introduzida a colônia de *M. subnitida* e colocada entre as fileiras de vasos. Foram colocados copos descartáveis contendo água próximo a colônia e borrifou-se água sobre e próximo a caixa de forma esporádica durante o dia, como forma de minimizar o efeito causado pela temperatura elevada no interior da casa de vegetação.

2.4. Polinização de berinjela

Os experimentos visando avaliar o efeito de diferentes tipos de tratamentos na polinização da berinjela (*Solanum melongena*) ocorreram no período de 5 de setembro de 2014 a 03 de março de 2015, com a cultura da berinjela, variedade embu. A

semeadura e manutenção das plantas foi semelhante ao descrito para a cultura de tomate cereja. Para a fertirrigação, foi adicionado o adubo dissolvido na própria caixa d'água e distribuído para as plantas através do sistema de irrigação por gotejamento da casa de vegetação (para mais detalhe, ver anexo 2).

Após o início da floração foram introduzidas duas colônias de *Scaptotrigona* sp., sendo colocada uma no interior da casa de vegetação entre as fileiras de vasos (colônia 1) e outra do lado de fora com um tubo ligando a entrada da colônia para o interior da casa de vegetação (colônia 2).

2.5. Tratamentos de polinização

Visando conhecer os requerimentos e a eficiência de polinização, cinco tratamentos foram realizados durante o florescimento da cultura. As flores foram marcadas com linha de algodão, sendo que cada tratamento recebeu uma cor diferente para posterior identificação. Para o tomate cereja buscou-se marcar as flores de modo que todas as plantas recebessem todos os tratamentos, tendo um número semelhante de flores pertencentes a cada um dos tratamentos. Já para a cultura da berinjela as flores foram marcadas de modo aleatório de acordo com a disponibilidade de botões florais em cada planta e foram retirados todos os botões florais próximos ao botão marcado, visando diminuir a competição por recursos:

- I. Autopolinização (AP):** para esse tratamento, 40 (tomate cereja) e 60 botões florais (berinjela) foram marcados com linha de algodão e protegidos com sacos de papel no dia anterior a sua antese, permanecendo ensacados por todo o momento em que as flores se encontraram abertas, visando impedir a ação de qualquer agente externo e, deste modo, verificar a capacidade da planta se autopolinizar.
- II. Polinização por vibração manual (PVM):** um total de 40 (tomate cereja) e 60 botões florais (berinjela) foram marcados e ensacados no dia anterior a sua antese. No dia seguinte, a vibração das anteras foi realizada utilizando-se uma escova de dentes elétrica, visando proporcionar a liberação do pólen e a autofecundação da cultura em estudo. As flores foram novamente ensacadas até a queda da flor ou vigamento do fruto.
- III. Polinização cruzada manual (PCM):** Foram marcadas 40 (tomate cereja) e 60 botões florais (berinjela). As flores a serem polinizadas foram marcadas com linha de algodão e ensacadas no dia anterior a antese, no dia seguinte, foram

desensacadas e em seguida, retirou-se grãos de pólen oriundos de outra planta onde se encontrava a flor a ser polinizada e com um palito de dente colocou-se o pólen no estigma da flor a ser polinizada. Esse procedimento foi realizado entre 08:00 12:00 hs, utilizando a metodologia adaptada de Nunes-Silva (2011). Nas flores de tomate cereja o estigma foi removido, diferentemente das flores de berinjela.

IV. **Polinização livre (PL):** com o objetivo de identificar o nível de polinização natural das flores, sem qualquer manipulação e com ação dos agentes polinizadores existentes, 40 (tomate cereja) e 60 botões florais (berinjela) foram marcados com linha de algodão no dia anterior ao da antese (abertura da flor) e acompanhados até a formação do fruto.

Os frutos colhidos de todos os tratamentos descritos acima foram analisados quanto a quatro variáveis:

- a) **Vingamento inicial e persistência dos frutos:** foram feitas três observações após a realização dos tratamentos de polinização, assim como no momento da colheita para verificar os frutos que vingaram e persistiram até a coleta.
- b) **Massa dos frutos:** quando ficaram maduros, os frutos de cada tratamento foram colhidos e pesados individualmente, com auxílio de uma balança com precisão de 1 mg.
- c) **Circunferência e comprimento dos frutos:** após a pesagem foi utilizado um paquímetro com precisão de 1 mm para medir o comprimento de uma extremidade a outra (A) e uma fita métrica para medir a circunferência dos frutos de cada tratamento (Figura 1). Para os frutos de berinjela obteve-se três medidas: circunferência da extremidade basal (B); circunferência da região medial (C) e circunferência da extremidade apical (D) (BISPO DOS SANTOS, 2008) (Figura 2).

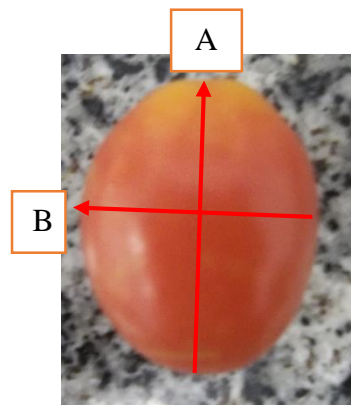


Figura 1: Indicações das medidas realizadas em fruto de tomate cereja, *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*: A) Comprimento de uma extremidade a outra; B) Circunferência da região medial.

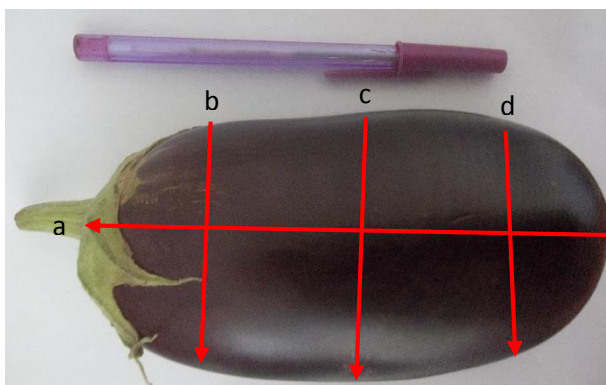


Figura 2: Indicações das medidas realizadas em fruto de berinjela, *Solanum melongena*: a) Comprimento de uma extremidade a outra; b) Circunferência da extremidade basal; c) Circunferência da região medial; d) Circunferência da extremidade apical.

- d) **Número de sementes por fruto:** Para a contagem das sementes de tomate cereja, todas as sementes foram retiradas, colocadas em uma placa de petri e em seguida contadas com auxílio de uma pinça. Já para a contagem das sementes de berinjela utilizou-se o seguinte método: foram retiradas três fatias de aproximadamente 1 cm de espessura de três regiões do fruto, sendo uma da extremidade basal, uma da região medial e outra da extremidade apical (Figura 2). Contou-se, então, o número de sementes visíveis dos dois lados de cada fatia (BISPO DOS SANTOS, 2008) (Figura 3).



Figura 3: Cortes de berinjela para contagem de sementes.

Os resultados foram analisados através do teste Teste Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks com nível de significância de $P < 0,05$, comparando se houve diferença significativa entre as variáveis de cada tratamento.

2.6. Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o software *SigmaPlot 12.5*. Foram analisadas possíveis diferenças (1) na temperatura média diária e (2) na amplitude diária de temperatura entre os ambientes diferentes através do Teste Kruskal-Wallis One Way ANOVA on Ranks (teste *post-hoc*, método de Dunn) com nível de significância de $P < 0,05$. O mesmo teste foi utilizado para comparar as características dos frutos provenientes dos diferentes tratamentos de polinização (peso, circunferência, comprimento e número de sementes).

3. RESULTADOS

3.1. Temperatura durante os experimentos

Durante os experimentos com tomate cereja, a temperatura máxima média foi de $44,2^{\circ}\text{C}$ e a temperatura mínima média foi de $23,4^{\circ}\text{C}$, entretanto houve momentos em que a temperatura máxima foi superior a 50°C (Figura 4).

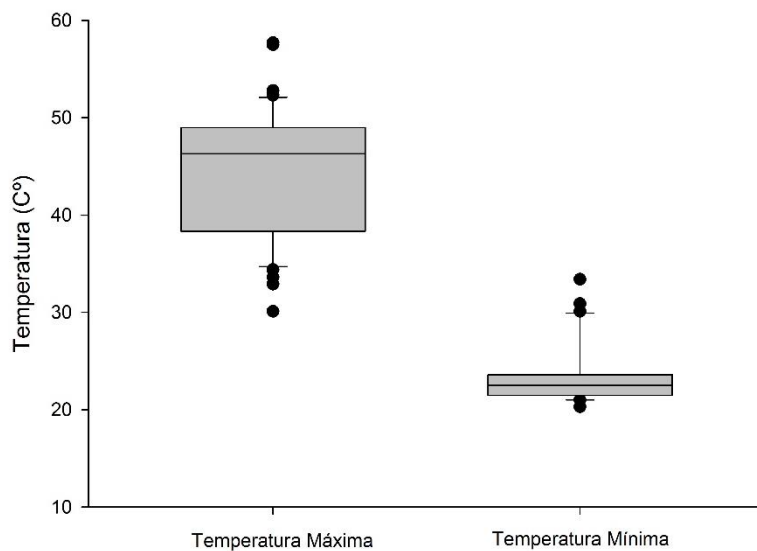


Figura 4: Temperatura no interior da casa de vegetação durante o experimento com tomate cereja

Para a cultura da berinjela, as temperaturas no interior e exterior da casa de vegetação e na área de cria de cada colônia apresentaram variações ao longo do dia. De modo geral, a temperatura aumentou gradativamente a partir das 7 horas. O pico de temperatura no interior da colônia localizada dentro da casa de vegetação (35,0 °C), da colônia fora da casa de vegetação (38,2 °C) e do ambiente externo (36,6 °C) foi às 14 horas, já no interior da casa de vegetação (36,3 °C) foi às 13 horas (Figura 5).

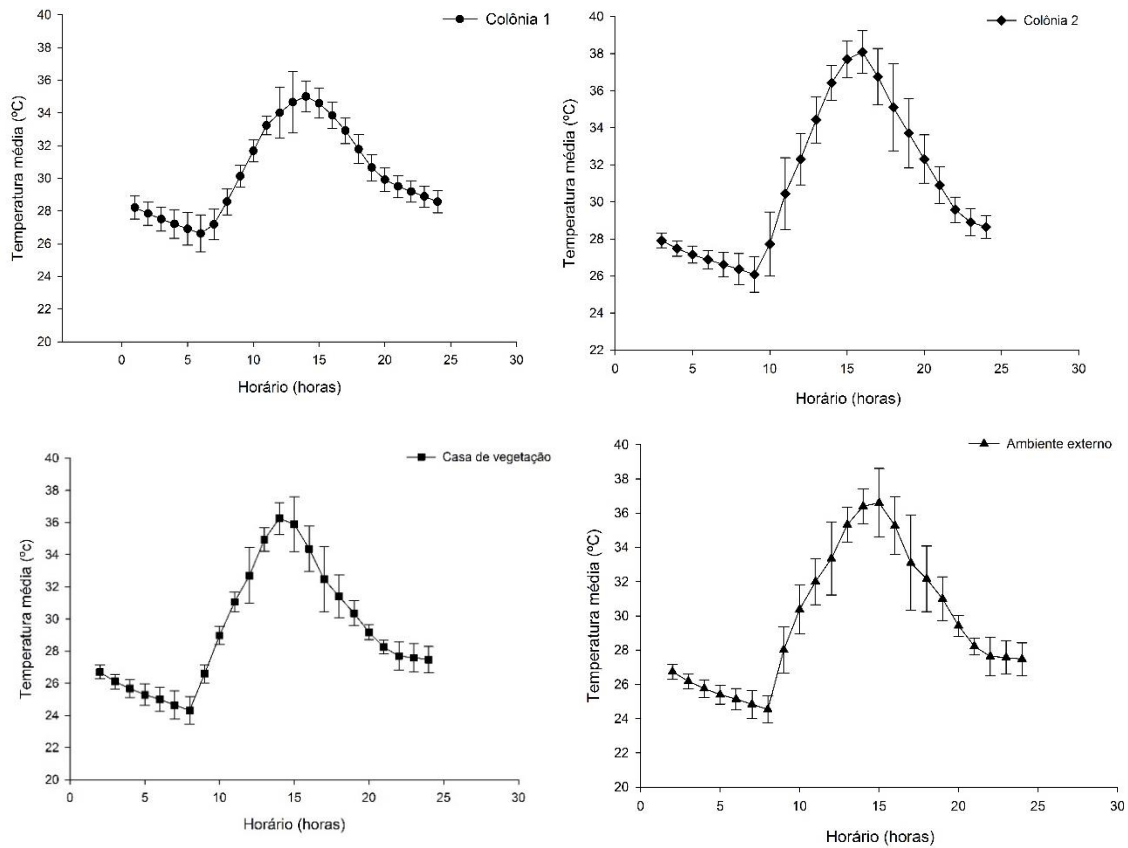


Figura 5: Temperatura média diária no interior e exterior da casa de vegetação e na área de células de cria de ambas as colônias.

A média da temperatura máxima da colônia posicionada no interior da casa de vegetação (colônia 1: 35,0 °C) foi inferior à temperatura registrada nos demais locais e apresentou uma diferença estatisticamente significativa da temperatura na colônia 2 (posicionada fora da casa de vegetação: 38,5 °C) e nos ambientes externos dentro (37,0 °C) e fora (37,1 °C) da casa de vegetação, sendo que estas três não diferiram entre si (Kruskal-Wallis One Way ANOVA: $H = 35,9$, $P < 0,001$; testes *post-hoc*, método de Dunn: $P < 0,05$) (Figura 6).

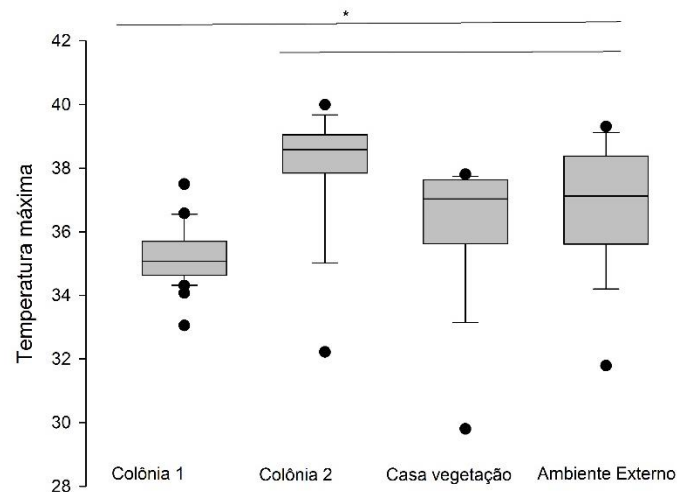


Figura 6: Temperatura máxima no interior e exterior da casa de vegetação e na área de células de cria de ambas as colônias.

A temperatura diária máxima ambiental em torno da casa de vegetação variou de 31,7 a 39,3 °C, com média de 36,9 °C, enquanto que a temperatura mínima variou de 22,8 a 25,5 °C, com média de 24,4 °C. Já a temperatura máxima no interior da casa de vegetação variou de 29,7 a 37,8 °C, com média de 36,3 °C, enquanto que a temperatura mínima variou de 22,6 a 25,4 °C, com média de 24,2 °C (Figura 7).

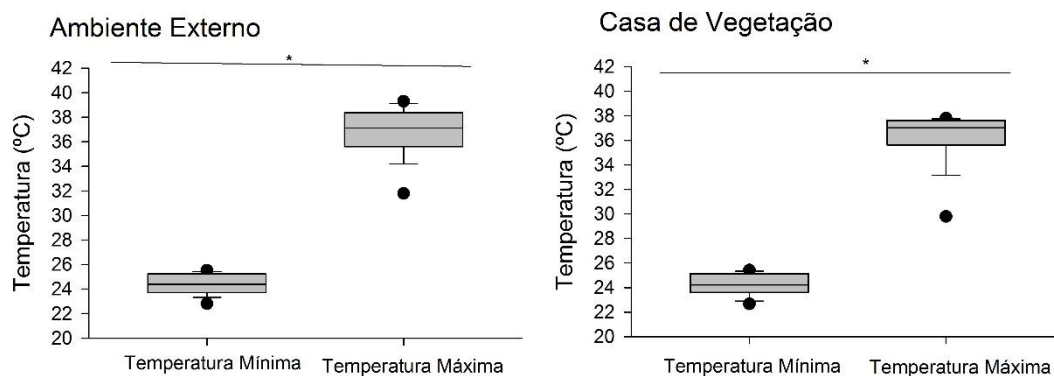


Figura 7: Temperatura Mínima e Máxima dentro e fora da Casa de vegetação.

A amplitude diária de temperatura (amplitude = temperatura máxima – temperatura mínima) no interior das colônias variou menos do que a temperatura no ambiente externo fora e no interior da casa de vegetação (Figura 8). A maior amplitude diária de temperatura foi observada no ambiente externo fora da casa de vegetação (amplitude entre 9,3 e 19,4 °C) com média de 15,0 °C, enquanto que, a menor amplitude ocorreu na colônia 1, posicionada dentro da casa de vegetação (amplitude

entre 9,1 e 18,8 °C), com média de 11,8 °C. Já na colônia 2, disposta fora da casa de vegetação, a amplitude diária de temperatura foi entre 9,3 a 15,8 °C com média de 13,2 °C e no ambiente externo dentro da casa de vegetação entre 9,7 a 16,4 °C, com média de 14,1 °C. A diferença entre as amplitudes diárias registradas nos diferentes ambientes foi significativo entre a colônia 1 e a temperatura dentro e fora da casa de vegetação (Kruskal-Wallis One Way ANOVA: $H = 29,2$ e $P < 0,001$; teste *post-hoc*, método de Dunn: $P < 0,05$).

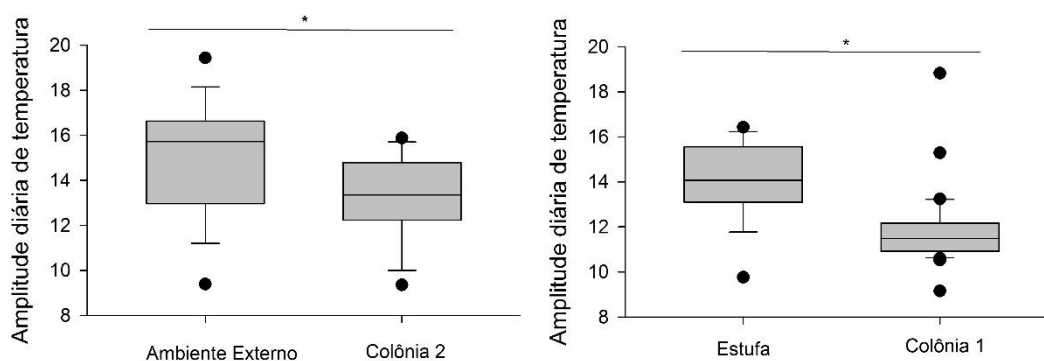


Figura 8: Amplitude diária de temperatura

3.2. Comportamento das abelhas na casa de vegetação

Em relação ao comportamento de *M. subnitida*, nos primeiros dias as abelhas saíram da colônia e voaram diretamente para a tela lateral, não sendo observada nenhuma delas retornando para a colônia. Somente a partir da 3ª semana foram observadas abelhas retornando as colônias e elas passaram a se distanciar mais da entrada da colônia, indo até a fonte de xarope durante o treinamento.

Durante todo o horário de observação das colônias de *M. subnitida*, foram observadas no máximo 5 abelhas, fora da colônia em um determinado momento. Foram vistas algumas abelhas realizando a limpeza da colônia, levando abelhas mortas ou detritos para fora da colônia. A partir da 5ª semana apresentaram comportamento de atividades internas na colônia, e não foram vistas abelhas voando fora da colônia. Durante todo o período em que a colônia permaneceu na casa de vegetação, não foram observadas abelhas visitando as flores de tomate cereja. Nos dias em com temperaturas ambientais mais elevadas, as abelhas permaneciam no interior da colônia ventilando, e poucos indivíduos foram vistos voando fora da colônia durante o período de observação. Com o passar das semanas aumentaram as atividades internas e as abelhas praticamente não saíram da colônia.

Para a *Scaptotrigona* sp., em geral, a colônia instalada no interior da casa de vegetação (colônia 1) foi menos ativa do que aquela no exterior (colônia 2) durante todo o período do estudo. No primeiro dia muitas abelhas de ambas as colônias saíram e voaram até a tela da casa de vegetação e permaneceram lá sem retornar às colônias. Esse número diminuiu com o passar dos dias, sendo que na terceira semana poucas abelhas foram observadas na tela, de 0 a 6 em cada horário de observação. Na primeira semana foi possível observar algumas abelhas fazendo voos de reconhecimento, pousando nas plantas utilizadas como fonte de néctar e nas folhas das plantas de berinjela (Figura 9). Ainda na primeira semana, a colônia no interior da casa de vegetação fechou a entrada, abrindo em alguns dias somente no período da tarde, após as 11:00 horas. Durante todo o período do estudo, em nenhum momento foram observadas abelhas nas flores de berinjela.



Figura 9: Abelhas nas folhas das plantas de *S. melongena*.

Com o passar das semanas as abelhas da colônia 1 (interior da casa de vegetação) as abelhas praticamente não saíram mais da colônia. Na 4ª semana as abelhas da colônia 2 (externo à casa de vegetação) começaram a apresentar problemas no voo, caindo assim que saíam da colônia. Estima-se que a maioria eram abelhas jovens, já que apresentavam a região próxima às asas com coloração clara, diferente dos indivíduos adultos. Foi encontrada no tubo localizado na colônia posicionada fora da casa de vegetação, uma abelha com as asas atrofiadas (Figura 10), pertencente à colônia localizada fora da casa de vegetação, o que sugere-se que as temperaturas elevadas na colônia causavam alterações morfológicas ou algum dano na célula de cria durante o desenvolvimento.



Figura 10: Abelha com asas atrofiadas.

Na 5ª semana as colônias foram transferidas para o Laboratório de Ecologia Comportamental, pois apresentavam um número reduzido de abelhas e células de cria. Apesar de possuírem recursos estocados (mel e pólen), as colônias não estavam fortes o suficiente para o desenvolvimento do experimento, podendo haver perda das colônias se estas permanecessem por mais tempo no local.

3.3. Treinamento de *M. subnitida* e *Scaptotrigona* sp.

Nos primeiros dias as abelhas de *M. subnitida* foram até o xarope somente quando o alimentador estava na entrada da colônia. Inicialmente foram observadas poucas abelhas, mas à medida que o treinamento avançou eram observadas cada vez mais abelhas irem até o xarope. Na 4ª semana começou-se a distanciar a fonte de xarope da entrada. Em alguns dias praticamente nenhuma abelha saiu da colônia, principalmente nos dias com chuva ou com temperatura muito elevada.

Parecido com *M. subnitida*, as abelhas da colônia de *Scaptotrigona* sp. no interior da casa de vegetação (colônia 1) tomaram xarope somente quando o alimentador estava diretamente na entrada da colônia, na maioria dos casos caminhando até o xarope. Em alguns horários praticamente nenhuma abelha saiu da colônia e poucas eram observados no xarope. Já as abelhas da colônia 2 (exterior da casa de vegetação) foram ativas praticamente o dia inteiro. Em alguns momentos, devido ao grande número de abelhas no alimentador artificial, foi impossível realizar uma contagem precisa do número de indivíduos no alimentador. Neste caso foi possível distanciar o alimentador alguns metros da colônia até uma posição entre as fileiras de plantas.

3.4. Atividade externa de *Scaptotrigona* sp. na casa de vegetação

A atividade de voo das abelhas da colônia 1 (interior da casa de vegetação) iniciou às 8 horas e cessou às 18 horas, com pico às 15 horas, sendo que o horário de maior atividade ocorreu no período da tarde, com um número reduzido de abelhas no período da manhã (Figura 11). Entretanto, o maior número de abelhas foi observado no primeiro dia de observação, no segundo dia as abelhas só começaram a sair da colônia às 11 horas, cessando suas atividades às 16 horas e no terceiro dia foram contadas apenas 3 abelhas às 13 horas que saíram com detritos e entraram em seguida.

Diferente da colônia 1, as abelhas da colônia 2 (exterior da casa de vegetação), iniciaram sua atividade de voo a partir das 7 horas até às 18 horas, com pico às 10 horas da manhã (Figura 11).

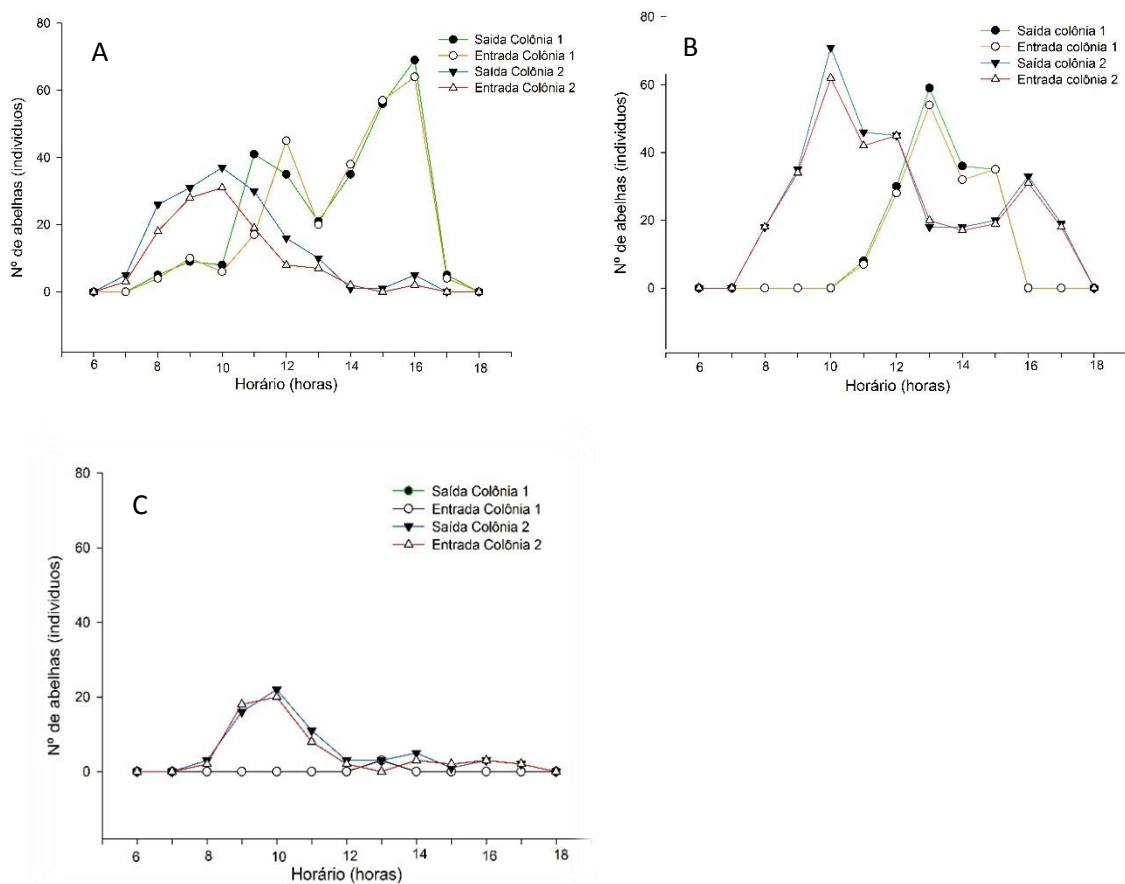


Figura 11: Entrada e saída de abelhas nas colônias 1 e 2. **A** - Entrada e saída de abelhas no 1º dia de observação; **B** - Entrada e saída de abelhas no 2º dia de observação; **C** - Entrada e saída de abelhas no 3º dia de observação.

No 3º dia de observação a colônia localizada no interior da casa de vegetação fechou a entrada, permanecendo assim nos demais dias e abrindo algumas vezes

somente no período da tarde. A partir do 4º dia as abelhas da colônia 2 (externo à casa de vegetação) passaram a visitar as plantas introduzidas na casa de vegetação como fonte de néctar e os bebedouros (Figura 12), retornando em seguida para às colônias.



Figura 12: **A** - Abelhas nas plantas introduzidas na casa de vegetação como fonte de néctar; **B** – Abelhas em um dos bebedouros contendo xarope, distribuídos pela casa de vegetação

A maior parte das abelhas que saíram ou estavam realizando a limpeza da colônia, sendo vistas levando abelhas mortas ou detritos para fora da colônia, ou iam até os alimentadores artificiais e em seguida retornavam.

3.5. Tratamentos de polinização de tomate cereja

As forrageadoras de *M. subnitida* não visitaram as flores de tomate cereja. Portanto, os resultados do tratamento de polinização livre (PL) se referem a uma autopolinização sem isolamento das flores.

O tratamento de polinização por vibração manual (PVM) apresentou a maior quantidade de frutos com 82,5% de frutificação (33 frutos de 40 flores), seguido por polinização cruzada manual (PCM) com 35% (14 frutos). Já a polinização livre (PL) com 7,5% (3 frutos) e autopolinização (AP) com 2,5% (1 fruto), apresentaram os menores valores (Figura 13). Devido à formação de apenas um único fruto no tratamento AP, este grupo foi eliminado das análises estatísticas seguidas.

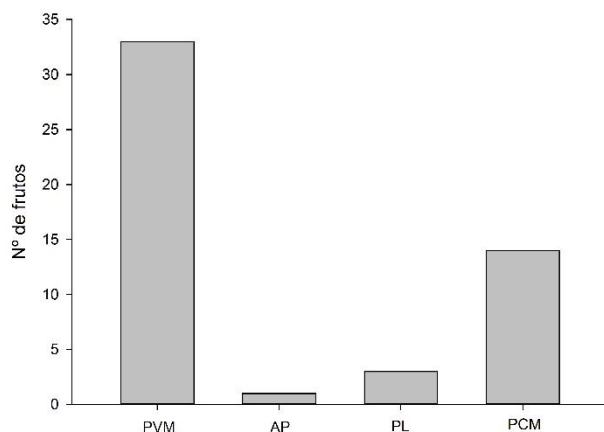


Figura 13: Número de frutos colhidos em cada tratamento.

Os frutos da polinização por vibração manual (PVM) apresentaram os maiores valores para o comprimento ($2,33 \pm 0,24$ cm) diferindo significativamente dos demais tratamentos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $H = 25,4$; $P < 0,001$; Teses *post-hoc*, método de Dunn: $P < 0,05$) (Figura 14). Já os menores frutos foram aqueles obtidos na autopolinização (AP) que apresentou um único fruto com 1,1 cm de comprimento. Os tratamentos de PL ($1,6 \pm 0,26$ cm) e PCM ($1,77 \pm 0,25$ cm) não diferiram entre si (Teste *post-hoc*, método de Dunn: $P > 0,05$).

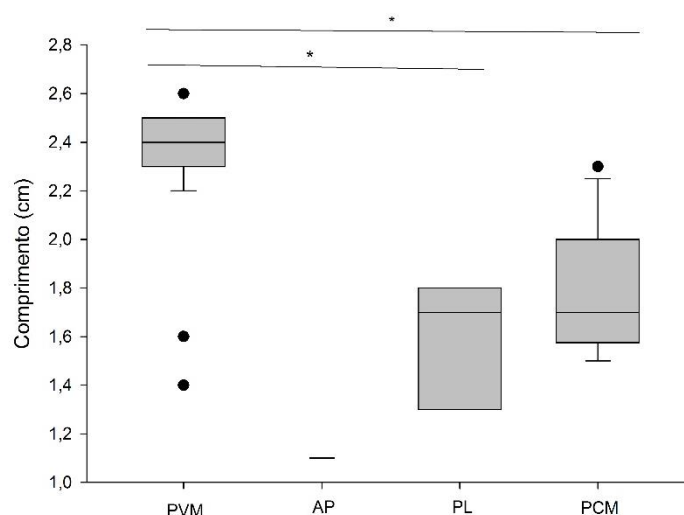


Figura 14: Valores referentes ao comprimento dos fruto de cada tratamento. PVM=Polinização por vibração manual; AP=Autopolinização; PL=Polinização livre; PCM=Polinização cruzada manual. Asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Kruskal-Wallis One Way ANOVA; $P < 0,001$; teste *post-hoc*, método de Dunn, $P < 0,05$).

Os frutos da polinização por vibração manual (PVM) foram os mais pesados ($5,71 \pm 1,39$ g) diferindo significativamente dos demais tratamentos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $H = 25,4$; $P < 0,001$; Testes *post-hoc*, método de Dunn: $P < 0,05$) (Figura 15). Já o tratamento que apresentou os menores frutos foram aqueles obtidos na autopolinização (AP) apresentando um fruto com 1,06 g. Os tratamentos de PL ($2,36 \pm 0,72$ g) e PCM ($3,07 \pm 1,13$ g) não diferiram entre si (Teste *post-hoc*, método de Dunn: $P > 0,05$).

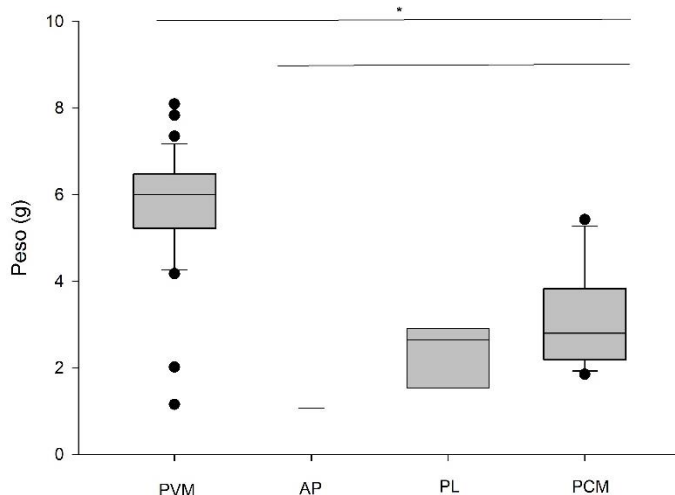


Figura 15: Valores referentes ao peso (g) dos frutos de cada tratamento. PVM=Polinização por vibração manual; AP=Autopolinização; PL=Polinização livre; PCM=Polinização cruzada manual. Asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $P < 0,001$; teste *post-hoc*, método de Dunn, $P < 0,05$).

Os frutos da polinização por vibração manual (PVM) foram os que apresentaram os maiores valores para a circunferência ($7,05 \pm 0,72$ cm) diferindo significativamente dos demais tratamentos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $H = 25,3$; $P < 0,001$ Testes *post-hoc*, método de Dunn: $P < 0,05$) (Figura 16). Já o tratamento que apresentou os menores frutos foram aqueles obtidos na autopolinização (AP) apresentando um fruto com 4,10 cm. Os tratamentos de PL ($5,06 \pm 0,51$ cm) e PCM ($5,53 \pm 0,63$ cm) não diferiram entre si (Teste *post-hoc*, método de Dunn: $P > 0,05$).

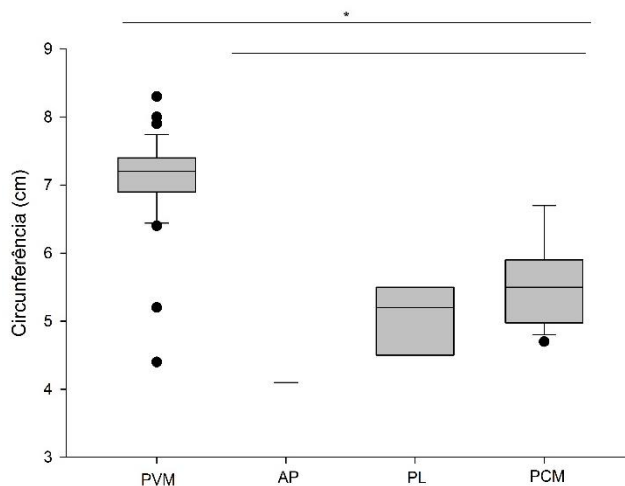


Figura 16: Valores referentes a circunferência dos fruto de cada tratamento. PVM=Polinização por vibração manual; AP=Autopolinização; PL=Polinização livre; PCM=Polinização cruzada manual. Asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $P < 0,001$; teste post-hoc, método de Dunn, $P < 0,05$).

Em relação ao número de sementes, os maiores valores foram obtidos pela polinização por vibração manual (PVM) ($33,72 \pm 12,63$ sementes) diferindo significativamente dos demais tratamentos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $H = 17,7$; $P < 0,001$ Testes *post-hoc*, método de Dunn: $P < 0,05$) (Figura 17). Já o fruto obtido no tratamento de autopolinização (AP) não apresentou sementes. Os tratamentos de PL ($6,33 \pm 3,05$ sementes) e PCM ($14,92 \pm 13,93$ sementes) não diferiram entre si (Teste *post-hoc*, método de Dunn: $P > 0,05$).

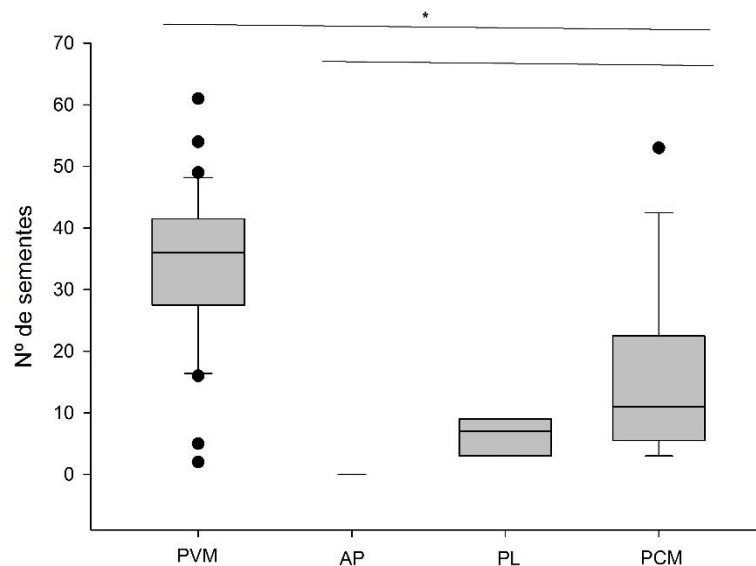


Figura 17: Valores referentes ao número de sementes/fruto de berinjela de cada tratamento. PVM=Polinização por vibração manual; AP=Autopolinização; PL=Polinização livre; PCM=Polinização cruzada manual. Asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $P < 0,001$; teste post-hoc, método de Dunn, $P < 0,05$).

3.6. Tratamentos de polinização com berinjela

Parecido à situação no experimento com *M. subnitida*, as forrageadoras de *Scaptotrigona* sp. não visitaram as flores de berinjela. Portanto, neste caso também, os resultados do tratamento de polinização livre (PL) se referem a uma polinização livre na ausência de polinizadores.

A produção de frutos de berinjela foi diferente entre os tratamentos autopolinização (AP), polinização livre (PL), polinização por vibração manual (PVM) e polinização cruzada manual (PCM). O tratamento de polinização livre não gerou frutos (0%) e, conseqüentemente, foi eliminado da análise de dados. O tratamento de autopolinização gerou apenas 1 fruto (1,67%), e os tratamentos de polinização cruzada manual (16 frutos, 26,67%) e de polinização por vibração manual (5 frutos, 8,33%) também apresentaram uma taxa de frutificação baixa.

Os frutos dos tratamentos de polinização cruzada manual (PCM) proporcionou frutos com comprimento médio de $10,98 \pm 3,26$ cm e peso médio de $233,65 \pm 98,30$ g. Já o tratamento de autopolinização apresentou o menor fruto medindo 8cm de comprimento e pesando 95,09 g. O tratamento de polinização por vibração manual apresentou frutos com peso médio de $116,32 \pm 59,08$ g e comprimento médio de $9,86 \pm$

1,76 cm (Figura 18). O peso e o comprimento não diferiram entre os tratamentos (teste *post-hoc*, método de Dunn, $P > 0,05$).

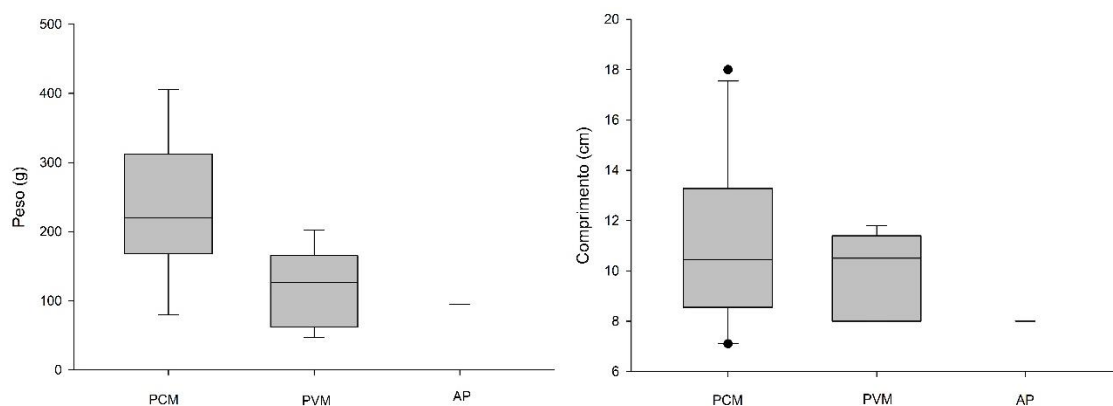


Figura 18: Valores referentes ao peso e comprimento dos frutos de berinjela de cada tratamento. PCM=Polinização cruzada manual; PVM=Polinização por vibração manual; AP=Autopolinização. Asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $P < 0,001$; teste *post-hoc*, método de Dunn, $P < 0,05$).

As circunferências dos frutos de polinização cruzada manual (PCM; extremidade basal: $19,55 \pm 2,80$ cm; região medial: $23,80 \pm 3,48$ cm; extremidade apical: $23,95 \pm 3,73$ cm), autopolinização (AP; extremidade basal: 14,96 cm; região medial: 18,10 cm; extremidade apical: 17,20cm) e polinização por vibração manual (PVM; extremidade basal: $13,92 \pm 3,46$ cm; região medial: $18,60 \pm 4,02$ cm; extremidade apical: $18,54 \pm 3,97$ cm não diferiram entre si (teste *post-hoc*, método de Dunn, $P > 0,05$) (Figura 19).

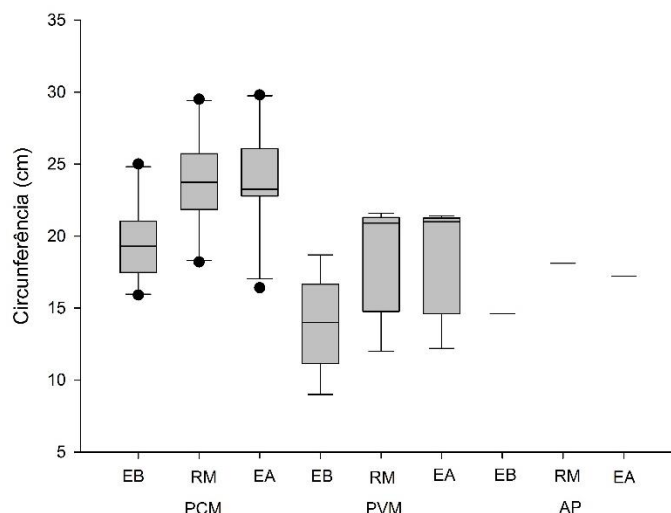


Figura 19: Valores referentes as circunferências de 3 regiões da berinjela. EB: Circunferência da Extremidade basal; RM: Circunferência da Região Medial; EA: Circunferência da Extremidade Apical. PVM=Polinização por vibração manual; PCM=Polinização cruzada manual; AP=Autopolinização. Asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $P < 0,001$; teste post-hoc, método de Dunn, $P < 0,05$).

O tratamento polinização cruzada manual (PCM) resultou em frutos com maior quantidade de sementes no 1º e 3º corte, sendo superado em número de sementes pela polinização por vibração manual (PVM) apenas no 2º corte (Tabela 1). O fruto do tratamento de autopolinização (AP) apresentou sementes somente no 3º corte do fruto (Tabela 1). De modo geral, o 1º corte, próximo a extremidade basal, apresentou o menor número e o 3º corte, próximo a extremidade apical, o maior número de sementes. No 1º corte foram encontrados sementes em um único fruto do tratamento PCM (32 sementes). Os demais frutos, tanto do tratamento PCM como de PVM e AP, não apresentaram sementes. No 2º corte os frutos do tratamento PCM tinham no máximo 95 e no mínimo 2 sementes e os frutos de PVM 149 e 0 sementes respectivamente. No 3º corte os frutos do tratamento PCM tinham entre 54 e 135 sementes, e os frutos de PVM entre 32 e 174 sementes respectivamente.

Tratamentos	1º corte	2º corte	3º corte
AP	0	0	41
PVM	0 ± 0	37,8 ± 63,06	69,6 ± 59,45
PCM	3,2 ± 10,12	26,7 ± 27,91	103,4 ± 21,79

Tabela 1: Médias e desvio padrão referente ao número de sementes nos frutos de cada tratamento. PVM=Polinização por vibração manual; PCM=Polinização cruzada manual; AP=Autopolinização

No tratamento PCM, o número de sementes encontrado no 3º corte foi estatisticamente maior do que os valores encontrados no 1º e no 2º corte (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $H = 24,11$, $P < 0,001$; testes post-hoc, método de Dunn, $P < 0,05$). Entretanto não houve diferença significativa entre o número de sementes encontrado no 1º e 2º corte (teste post-hoc, método de Dunn, $P > 0,05$). No tratamento PVM houve diferença estatística apenas entre o 3º e o 1º corte (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $H = 9,35$, $P < 0,009$; teste post-hoc, método de Dunn, $P < 0,05$) (Figura 20).

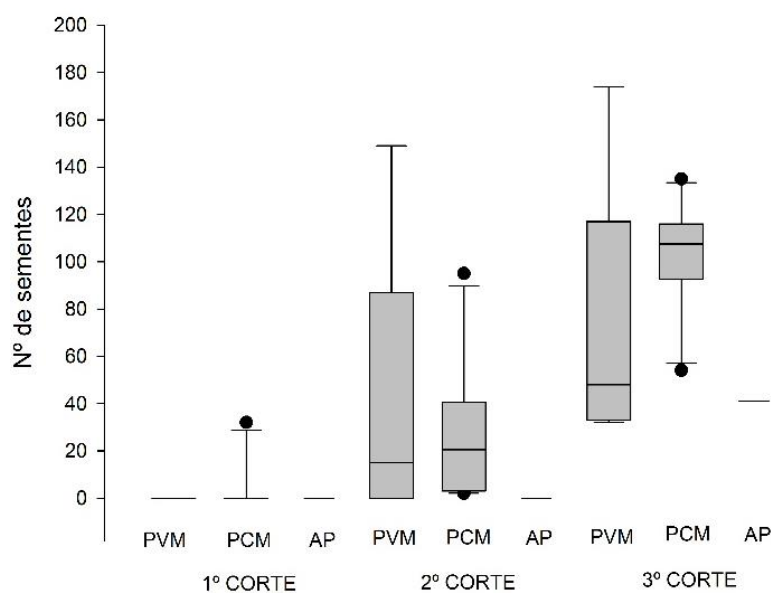


Figura 20: Número de sementes no 1º, 2º e 3º corte, respectivamente pertencentes a cada tratamento. PVM=Polinização por vibração manual; PCM=Polinização cruzada manual; AP=Autopolinização. Asterisco indica diferença significativa entre os cortes (Kruskal Wallis One Way ANOVA: $P < 0,001$; teste post-hoc, método de Dunn, $P < 0,05$)

4. DISCUSSÃO

4.1. Comportamento das abelhas na casa de vegetação

Apesar do fato que as colônias das abelhas utilizadas nos experimentos, tanto *Melipona subnitida* como *Scaptotrigona* sp., apresentarem inicialmente um grande número de indivíduos, havia uma redução sucessiva no número de abelhas e de células de cria ao longo do período do estudo. Isto poderia estar relacionado a diversos fatores, entre eles a temperatura ambiental. Em um experimento realizado na cidade de Londrina, no estado do Paraná, Macieira e Proni (2004) verificaram a capacidade de resistência a altas e baixas temperaturas em operárias de *Scaptotrigona postica* durante os períodos de verão e inverno, mostrando a relação entre mortalidade e temperatura e perceberam que em altas temperaturas houve 50% de mortalidade em 40°C no verão e em 39,5°C no inverno e 100% de mortalidade no limite de 41°C no verão e 40,5°C no inverno. Para a *M. subnitida* Ferreira (2014) observou uma faixa de tolerância térmica entre 5 e 40°C, ocorrendo 100% de mortalidade dos indivíduos em temperaturas acima de 42°C.

No presente estudo, além da temperatura ambiental, dentro e fora da casa de vegetação, também foi verificado a temperatura na área de cria de ambas as colônias. As temperaturas nas áreas de células de cria variaram de 22°C a 40,8°C na colônia no interior da casa de vegetação e de 23,6 a 40,9°C na colônia fora da casa de vegetação. No trabalho desenvolvido por Vollet-Neto (2011) as colônias mostraram poder ter uma capacidade termorregulatória considerável, sendo que a temperatura média da área de cria variou de 26,5 a 35°C. Segundo Vollet-Neto (2011) as colônias de *Scaptotrigona depilis* são capazes de diminuir a temperatura do ninho quando expostas a temperaturas extremas, ou seja, maiores que 31,3° C. No presente trabalho a temperatura ambiental no período das 10 horas da manhã as 18 horas da tarde, permaneceu todo o tempo superior a 30°C. Em um estudo com *M. subnitida*, Ferreira (2015) mostrou que esta espécie apresenta uma faixa de temperatura na área de células de cria entre 27 e 33°C, seguindo as variações da temperatura ambiental (FERREIRA, 2014).

Outra possível explicação para o decréscimo populacional em ambas as colônia é que conforme a temperatura aumenta o tempo de desenvolvimento pupal até a fase adulta diminui consideravelmente (MARDAN; KEVAN, 2002). Do mesmo modo a taxa de mortalidade cresce com o aumento da temperatura, até atingir uma temperatura limite, quando a mortalidade aumenta de forma drástica (MARDAN; KEVAN, 2002; VOLLET-NETO, 2011). Do mesmo modo, a abelha encontrada com as asas atrofiadas,

também pode estar relacionada com a temperatura já que várias características podem ser alteradas em decorrência da permanência das colônias em condições desfavoráveis de temperatura durante o desenvolvimento da cria, como a longevidade da operária emergida, a capacidade cognitiva, a velocidade e problemas fisiológicos e morfológicos (TAUTZ et al, 2003; JONES et al, 2005; VOLLET-NETO, 2011).

Entretanto, a temperatura interna da colônia não é a única a influenciar na produção de células de cria. Segundo Vollet-Neto (2011) a *S. depilis* sofre mais influência da temperatura ambiente do que da temperatura interna do ninho. O autor sugeriu que quando submetidas a altas temperaturas ambientais as operárias aumentariam o esforço para o resfriamento do ninho, o que contribuiria para a sobrevivência da colônia como um todo, deixando, no entanto, de trabalhar nos processos de produção de células de cria, levando a sua diminuição nestas condições (VOLLET-NETO, 2011).

Em relação a amplitude diária de temperatura, a colônia 1 (interior da casa de vegetação) apresentou variação menor que aquela observada na colônia 2 (fora da casa de vegetação). Ferreira (2014) mostrou que em colônias de *M. subnitida* a temperatura dos ninhos seguiram as variações da temperatura ambiental. Deste modo, uma provável explicação para esta diferença em ambas as colônias pode ser a influência da temperatura ambiental que cada uma sofre, sendo que como a temperatura no interior da casa de vegetação variou menos que a registrada para o ambiente externo, a colônia no interior da casa de vegetação também tende a apresentar uma variação menor quando comparada com a colônia 2, sendo que esta última é influenciada pela temperatura do ambiente externo.

As colônias de *M. subnitida* foram retiradas da casa de vegetação na 3ª semana e ambas as colônias de *Scaptotrigona* sp. foram retiradas na 5ª semana, não visitando as flores no tempo em que permaneceram no local. Estudos com *A. mellifera* no deserto de Sonora, mostraram que o forrageamento de pólen decresce em altas temperaturas ambientais (COOPER et al, 1985). A temperatura torácica das coletoras de pólen são significativamente maiores que as temperaturas torácicas de coletoras de água e néctar a 40°C, sendo que estas preferem coletar pólen em temperaturas mais baixas do que aquelas que coletam néctar ou água, uma vez que estes são capazes de reduzir a temperatura do corpo através de resfriamento por evaporação dos líquidos que transportam (COOPER et al, 1985). A janela térmica para as atividades forrageiras de

M. subnitida em uma região urbana no semiárido potiguar foi entre 23 e 31°C para forrageadoras de pólen e 23 e 34°C para néctar (SILVA, 2015).

Devido ao fato de se encontrarem com um número reduzido de abelhas e de células de cria, não foi possível continuar a utilizar as colônias no experimento. Em seu trabalho Bartelli (2013) relatou que um dos problemas que podem ter dificultado a adaptação das *Melipona quadrifasciata* em um período curto pode estar relacionado a difusão dos raios solares e o bloqueio da radiação ultravioleta provocados pela cobertura plástica da casa de vegetação dificultando a orientação e identificação das flores pelas operárias. Desde modo, propôs que algumas mudanças estruturais nas casas de vegetação, assim como o aprimoramento das técnicas de manejo, poderiam melhorar o aproveitamento de abelhas sem ferrão na polinização de espécies vegetais cultivadas em ambientes protegidos (BARTELLI, 2013). Resultados semelhantes ao observado também foram descritos por Meyrelles (2013) em um estudo com tomate cereja em estufa utilizando a *M. quadrifasciata*, as quais não se adaptaram quando colocadas no interior da casa de vegetação, conseqüentemente não visitando as flores (MEYRELLES, 2013).

4.2. Tratamentos de berinjela e tomate cereja

As abelhas, tanto a *M. subnitida* na cultura do tomate como a *Scaptotrigona* sp. no cultivo de berinjela, não visitaram as flores durante o experimento. Em um estudo com berinjela polinizada por *M. quadrifasciata*, Bispo dos Santos (2008) observou poucos indivíduos visitando as flores de berinjela. Propõe-se que talvez as flores não sejam atrativas para a espécie em estudo, já que foram observadas abelhas nas folhas de berinjela e nas flores das plantas que foram utilizadas como fonte de néctar, mas nenhuma nas flores de berinjela. Em um estudo com tomate cereja Meyrelles (2013) também constatou a ausência de polinização por *M. quadrifasciata* em casa de vegetação.

O tratamento de polinização cruzada manual (PCM) apresentou os maiores valores em relação a número de frutos produzidos, sendo que estes foram maiores, mais pesados e com maior número de sementes quando comparados com os demais tratamentos de polinização na cultura da berinjela. Talvez a baixa produção esteja relacionada com a temperatura, a qual permaneceu alta durante todo o experimento e considerando-se que a temperatura média ideal para o cultivo de berinjela é entre 18 e 25 °C (SILVA et al, 2007). Nunes-Silva et al (2013) constatou que a *Melipona*

fasciculata proporcionou um aumento na frutificação da berinjela em 29,5% comparado com grupo controle (autofecundação) e também aumentou o peso do fruto em comparação com a autopolinização, já Bispo dos Santos (2008) mostrou que os frutos de berinjela produzidos foram mais pesados e maiores no canteiro aberto, seguidos daqueles oriundos dos polinizados por *M. quadrifasciata* quando comparados com a autopolinização.

Em relação ao tomate cereja a maior produção foi encontrada no tratamento de polinização por vibração manual (PVM) seguido pelo tratamento de polinização cruzada manual (PCM). Uma possível explicação para a baixa quantidade de frutos produzidos nos tratamentos de polinização livre e autopolinização, é que em flores de tomate com os estiletos curtos, o estigma não se projeta para fora do cone de anteras, tornando a autopolinização mais provável de acontecer. O tomate-cereja, utilizado no experimento, apresenta o estigma projetado para além do cone de anteras, sendo mais susceptível de se beneficiar da polinização animal (GREENLEAF; KREMEN, 2006). Entretanto, como não foram observadas abelhas forrageando, é provável que a ausência da vibração por esses insetos tenha dificultado a deposição de pólen no estigma, e conseqüentemente a polinização da flor.

A diferença encontrada em relação ao tratamento de PCM com berinjela e tomate, pode estar relacionado com a metodologia adotada em cada experimento, já que no tratamento com tomate foram retirados os estiletos e no de berinjela não, o que pode ter modificada a fisiologia da flor, além das exigências para polinização da própria cultura, já que mesmo sem manipulação houve uma grande quantidade de tomates produzidos enquanto que a produção total de berinjelas foi inferior a 10 frutos, com exceção dos resultantes dos tratamentos.

Em um estudo para avaliar a eficácia da polinização de abelhas da espécie *Amegilla (Zonamegilla) holmesi* (Hymenoptera: Apidae) em plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), Bell et al (2006) mostraram que tanto a polinização por abelhas como o tratamento de polinização mecânica aumentaram significativamente a frutificação, o peso do fruto individual e o diâmetro em comparação com o tratamento controle. Os frutos também foram significativamente mais redondos e continham significativamente mais sementes. No experimento com tomate apesar de não ter sido possível realizar o tratamento com abelhas, percebeu-se um maior número de frutos no tratamento por vibração manual (PVM) com 82,5%, em comparação com a autopolinização (AP) com 2,5%. Em relação ao número de sementes, o tratamento PVM

também apresentou mais sementes (aproximadamente 33 sementes/fruto) do que AP (não apresentou sementes).

Pode-se supor que a diferença nos resultados obtidos para os tratamentos de autopolinização e polinização por vibração no experimento com tomate, podem estar relacionados a ausência da vibração no tratamento de autopolinização, a qual pode ser realizada por várias espécies de abelhas do gênero *Melipona*, sendo que os frutos do tratamento de autopolinização apresentaram os menores valores em todas as variáveis analisadas quando comparado com os demais tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANO, K. Attempts to introduce stingless bees for the pollination of crops under greenhouse conditions in japan. 2000

ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. 25: 094-099. 2007

BARTELLI, B. F. **Adaptação e serviços de polinização de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Meliponina) em cultivo fechado de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae)**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG. Dissertação de Mestrado. 2013

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**. 61: 60-67. 2014

BOMFIM, I. G. A.; BEZERRA, A. D. M. ; NUNES, A. C. ; ARAGAO, F. A. S. ; FREITAS, B. M. Adaptive and foraging behavior of two stingless bee species in greenhouse mini watermelon pollination. **Sociobiology**. 61: 502-509. 2014.

BISPO DOS SANTOS, S.A.; BEGO, L. R.; ROSELINO, A. Pollination in tomatoes, *Lycopersicon esculentum*, by *Melipona quadrifasciata anthidioides* and *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apinae). In: **Proc. Of 8th IBRA Int. Conf. On Trop. Bees And VI Encontro Sobre Abelhas**, 2004. Ribeirão Preto, SP, Brasil. p. 688

BISPO DOS SANTOS, S. A. **Polinização em culturas de manjeriço, *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), berinjela, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) e tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) por espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini).** Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Ribeirão Preto/SP. Tese de Doutorado. 2008

BUCHMANN, S.L.; HURLEY, J.P. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. **Journal of Theoretical Biology**, 72: 639-657. 1978

CAMARGO J. M. F.; PEDRO, S. R. M, 2013. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region** – versão online: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Mar/25/2015

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A. P. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1898 a dezembro 1987).** Mossoró, RN: ESAM, 1987, 325 p.

CAUICH, O.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G., MACIAS-MACIAS, J. O.; REYES-OREGEL, V.; MEDINA-PERALTA, S.; PARRA-TABLA, V. Behavior and Pollination Efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical México. **Journal of Economic Entomology**, 97:475-481. 2004

CRUZ, D.de O. **Biologia floral e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (campo aberto) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (ambiente protegido) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais, Brasil.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. Tese de doutorado. 2009

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

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

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

COOPER, P. D; SCHAFFER, W. M; BUCHMANN, S. L. Temperature Regulation of Honey Bees (*Apis mellifera*) foraging in the Sonoran Desert. **Journal Experimental Biology**. 114: 1-15. 1985

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop Pollination by bees**. New York, USA. CABI publishing: 2000

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

FERREIRA, N. S. **Temperatura colonial e tolerância térmica de *Melipona subnitida*, uma espécie de abelha sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) da caatinga**. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró/RN. Dissertação de Mestrado. 2014

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annu. Rev. Entomol.** 44:183–206. 1999

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropica**. v.10, n.4, out. 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?article+bn00910042010>>.

Acesso em: 18 jun. 2013

JONES, J. C.; HELLIWELL, P.; MALESZKA, M. B. R.; OLDROYD, B. P. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. **J Comp Physiol A**. 191: 1121–1129. 2005

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

MACIEIRA, O. J. D.; PRONI, E. A. Capacidade de resistência a altas e baixas temperaturas em operárias de *Scaptotrigona postica* (Latreille) (Hymenoptera, Apidae) durante os períodos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Zoologia**. 21: 893–896, 2004

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I. da; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, 2015

MAIA-SILVA, C. **Adaptações comportamentais de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) às condições ambientais do semiárido brasileiro**. Universidade de São Paulo/USP. Ribeirão Preto/SP. Tese de doutorado. 2013

MARDAN, M.; KEVAN, P. G. Critical temperatures for survival of brood and adult workers of the giant honeybee, *Apis dorsata* (Hymenoptera: Apidae). **Apidologie**. 33: 295–301. 2002

MEYRELLES, B. G. **Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. Dissertação de Mestrado. 2013

MICHENER, C. D. The Meliponini. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. (Editores). **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. Springer. New York. 2013. 654 p.

MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no semiárido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil, 2007. p.37-59.

NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**. 30: 494-498. 2012

NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. de. Produção de Sementes de Berinjela. In: NASCIMENTO, W. M. (editor técnico). **Produção de sementes de hortaliças**, Brasília, DF. EMBRAPA, 2014

NICODEMO, D. **Características florais e dependência por polinizadores de cinco cultivares de pepino e manejo de colméias em estufas**. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal/SP. Tese de doutorado. 2008

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I. da.; ROLDÃO, Y. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, 2013.

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

OLIVEIRA, F. L.; DIAS, V. H. P.; COSTA, E. M. da.; FILGUEIRA, M. A.; SOBRINHO, J. E. Influência das variações climáticas na atividade de vôo das abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke (Meliponinae). **Revista de Ciências Agronômicas**, 43: 598-603. 2012

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

ROSELINO, A. C. **Polinização em culturas de pimentão – *Capsicum annuum* por *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris* e de morango – *Fragaria x ananassa* por *Scaptotrigona aff. depilis* e *Nannotrigona testaceicornis***

(Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, SP. Dissertação de mestrado. 2005

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

SANTOS, S. A. B. dos; ROSELINO, A. C.; BEGO, L. R. Pollination of Cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae), by the Stingless Bees *Scaptotrigona* aff. *depilis* Moure and *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses. **Neotropical Entomology**. 37:506-512. 2008

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

SILVA, E. L. da; LIMA, A. E. S. de; SILVA, L. G. de S.; OLIVEIRA, P. de A. de; CAVALCANTE, M. C. Padrão de atividades de forrageamento de abelhas mandaíca (*Melipona quadrifasciata*) e jandaíra (*Melipona subnitida*) no sertão do Pajeú-PE. **XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2013 – UFRPE**: Recife, 09 a 13 de dezembro.

SILVA, A. G. M. da. **Forrageamento de abelhas sem ferrão *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) em área urbana no semiárido do nordeste brasileiro**. Mossoró/RN, 2015. 26 p. Universidade Rural do Semiárido/UFERSA (Monografia)

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

SLAA, E. J.; SANCHEZ, L. A.; SANDI, M.; SALAZAR, W. A scientific note on the use of stingless bees for commercial pollination in enclosure. **Apidologie**, 31: 141-142. 2000

SOUZA, M. F. de; SENRA, J. F. de B.; SILVA, W.; PEREIRA, E. de O.; PEREIRA JUNIOR, O. dos S.; COELHO, R. I.; LOPES, J. C. Germinação e Vigor das Sementes de Berinjela e Tomate. In: **XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**. Universidade do Vale do Paraíba, 2009

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M. do S. de C. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista Eletrônica de Veterinária (REDVET)**. 7: 2007.

TRANI, P. E.; TIVELI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2.ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônômico. Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 2011. 51p

TAUTZ, J.; MAIER, S.; GROH, C.; ROSSLER, W.; BROCKMANN, A. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. **PNAS**, 100: 7343–7347. 2003

VILLAS-BÔAS, J. **Manual Tecnológico: Mel de abelhas sem ferrão**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2012.

VOLLET-NETO, A. **Biologia térmica de *Scaptotrigona depilis* (Apidae, Meliponini): adaptações para lidar com altas temperaturas**. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto/SP. Dissertação de Mestrado. 2011

WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B. B.; TEIXEIRA, J. S. G.; BLOCHTEIN, B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa agropecuária brasileira**. 47: 58-65. 2012

Anexo 1: Quantidade de nutrientes utilizados na fertirrigação da berinjela sob cultivo protegido

NUTRIENTES	QUANTIDADE (g)
K₂SO₄	87,0
KCl	110,89
KNO₃	78,15
MAP	86,70
CaNO₃	435,0
MgSO₄	165,5

Fonte: TRANI et al (2011)

Anexo 2: Quantidade de nutrientes/planta utilizados na fertirrigação do tomate sob cultivo protegido, de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura

Fase de desenvolvimento do tomate (dias após plantio)	Quantidade de nutrientes por planta				
	N	P	K ₂ O	Ca	Mg
1 a 14 dias	0,18	0,40	0,50	0,12	0,09
15 a 29	0,50	0,50	1,15	0,25	0,35
30 a 50	0,91	0,50	3,00	0,60	0,80
51 a 72	1,10	0,30	3,00	1,00	1,00
73 a 87	1,15	0,30	3,20	1,10	1,00
88 a 101	1,25	0,30	4,00	1,20	1,00
102 a 144	1,25	0,30	4,25	1,40	0,80

Fonte: TRANI et al (2011).