



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARCOS VENÂNCIO LIMA

ATRAÇÃO E COMPORTAMENTO DE FORRAGEIO DE ABELHAS
POLINIZADORAS EM FLORES DE CULTIVARES DE ABÓBORA (*Cucurbita*
***moschata* Duch.) EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

FORTALEZA

2021

MARCOS VENÂNCIO LIMA

ATRAÇÃO E COMPORTAMENTO DE FORRAGEIO DE ABELHAS POLINIZADORAS
EM FLORES DE CULTIVARES DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata* Duch.) EM REGIÃO
SEMIÁRIDA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas.

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L699a Lima, Marcos Venâncio.
Atração e comportamento de forrageio de abelhas polinizadoras em flores de cultivares de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) em região semiárida / Marcos Venâncio Lima. – 2021.
104 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

Coorientação: Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão.

1. Abelha nativa. 2. Antese. 3. Fenologia da floração. 4. Polinização. 5. Voláteis. I. Título.

CDD 636.08

MARCOS VENÂNCIO LIMA

ATRAÇÃO E COMPORTAMENTO DE FORRAGEIO DE ABELHAS POLINIZADORAS
EM FLORES DE CULTIVARES DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata* Duch.) EM REGIÃO
SEMIÁRIDA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: 28/07/2021.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Tigressa Helena Soares Rodrigues
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Dra. Semíramis Rabelo Ramalho Ramos
Embrapa Alimentos e Territórios

A Deus, toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Josefa Venâncio Lima e José
Ferreira Lima, todas as minhas conquistas são
e sempre serão para vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao todo poderoso nosso Deus sem Ele nunca poderíamos compartilhar de tantas alegrias e vencer tantos obstáculos, meu Pai sempre me mostrou o caminho a ser trilhado, Ele colocou em meu percurso tantas pessoas boas para que eu pudesse alcançar essa conquista.

Ao programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de crescer profissionalmente. A todos os professores que tive a honra de ter sido aluno e ter a oportunidade do acesso a tanto conhecimento. A todos que fazem parte da coordenação do curso de Pós-graduação em Zootecnia.

Ao Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas, pela orientação e por ter compartilhado tantos saberes acadêmicos e sobre a vida, tem enriquecido minha vida profissional e pessoal. Agradeço também a todos que fazem parte do Grupo de Pesquisa com Abelhas da Universidade Federal do Ceará.

Um agradecimento especial ao coorientador, Dr. Fernando Antonio de Souza Aragão, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, que me recebeu muito bem na Embrapa Agroindústria Tropical e que sempre foi muito solícito. Agradeço também pelos ensinamentos e cordialidade para com todos os processos da pesquisa e os aconselhamentos sobre a vida, nesses tempos tão difíceis de pandemia da COVID-19. Durante toda a quarentena, ele sempre quis saber como estava a minha saúde física e mental, meu muito obrigado.

A todos que fazem parte do Laboratório de Melhoramento e Recursos Genéticos Vegetais da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial aos colegas Elaine Facco, Frederico Inacio, Gerffeson Thiago, Ariana Veras e Renata Fernandes, por todo apoio recebido durante o trabalho de pesquisa. Também sou grato a Dra. Semíramis Rabelo Ramalho Ramos, pesquisadora da Embrapa Alimentos e Territórios, Maceió-AL, por acreditar no tema da pesquisa e pela disponibilização do material genético e desenho experimental.

A todos que fazem parte do Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais da Embrapa Agroindústria Tropical, em particular ao Dr. Guilherme Julião Zocolo, Dr. Hilton César Rodrigues Magalhães e especialmente, a Dra. Tigressa Helena Soares Rodrigues, por toda ajuda nas análises dos Compostos Orgânicos Voláteis. À equipe do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, situado em Pacajus – CE, especialmente ao Francisco Justino de Souza, Joao Jose Silva Oliveira (Dão), Dona Lucileda e demais. Ao Dr. Fabio Miranda e ao Dr. Carlos Taniguchi, respectivamente, pelo apoio no manejo da água de irrigação e recomendação de fertilização do solo na área experimental.

A toda minha família pelo apoio emocional para seguir firme na trajetória, em especial aos meus pais, Dona Josefa Venâncio Lima e Seu José Ferreira Lima, e ao Francisco Milton Guerra Uchôa, meu muito obrigado, principalmente, por me manter produtivo durante todo período de isolamento social por conta da pandemia de COVID-19.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço pelo apoio financeiro relacionado a manutenção da bolsa de auxílio pessoal e ao CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.” (CORALINA, 2017, p. 163).

RESUMO

A polinização, por intermédio das abelhas, é essencial para garantir a reprodução da abóbora. A fenologia da floração e os aspectos da biologia floral e a dinâmica de secreção do néctar ajudam a compreender a relação das plantas com seus polinizadores. Além disso, os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) emitidos pelas plantas podem interferir na preferência dos polinizadores por tipos agronômicos dentro da mesma espécie vegetal. Assim, buscou-se estimar a interação de cultivares de abóbora com o ambiente, sob os aspectos da biologia floral, a fenologia da floração e investigar a atratividade e o comportamento das abelhas nas flores. Quatro cultivares (‘Jacarezinho’, ‘Sergipe’, ‘Baiana tropical’ e Progênie CPATC) foram avaliados em três ciclos produtivo, mensurando as variáveis emissão diária de flores, receptividade do estigma, o tempo de antese e a morfometria das flores femininas e masculinas, o padrão de secreção do néctar, o teor de sólidos solúveis e a produção de pólen por antera. Os COVs foram identificados no néctar e pétala e foi realizada a interação com a visita das abelhas. Os visitantes florais foram identificados, o comportamento de forrageio e monitorado e os dados de produção de frutos mensurados. A emissão de flores masculinas foi superior as femininas, entre cultivares; ‘Jacarezinho’ e ‘Sergipe’ apresentaram a maior e a menor emissão, respectivamente. As flores femininas permanecem abertas por um tempo maior que as masculinas e os estigmas permaneceram receptivos até o fechamento das flores. O maior volume de néctar foi com três retiradas e entre os cultivares, ‘Sergipe’ teve maior volume e o menor no ‘Jacarezinho’. Houve reabsorção dos açúcares nas flores masculinas e não reabsorção nas femininas, como estratégia para garantir a visita de um polinizador. Trinta e seis compostos voláteis extraídos do néctar e das pétalas foram identificados na estação chuvosa, e 29 compostos durante o período seco. O maior número de visitas foi da abelha *Trigona spinipes*, seguido da *Apis mellifera* e *Xylocopa grisescens*. As correlações dos COVs e a visita das abelhas se alteram, com associação positiva entre os compostos methyleugenol, 1-hexanol, 2-ethyl- para visitas de *Trigona spinipes*, o 1-octen-3-ol e 2-octen-1-ol com *Xylocopa grisescens* e 1,4-dimethoxybenzene com *Apis mellifera*. As diferenças nos cultivares e condições de cultivo devem ser considerados para o manejo adequado dos polinizadores conforme a atratividade as flores para se explorar o máximo potencial da cultura.

Palavras-chave: abelha nativa; antese; fenologia da floração; polinização; voláteis.

ABSTRACT

Pollination, executed by bees, is essential to ensure the reproduction of the pumpkin crop. Flowering phenology of and aspects of floral biology and nectar secretion dynamics help to understand the relationship between plants and their pollinators. In addition, volatile organic compounds (VOCs) emitted by plants may interfere with the preference of pollinators for agronomic traits within the same plant species. Thus, this study aimed to estimate the interaction of pumpkin cultivars with the environment, from the aspects of floral biology to flowering phenology, and to investigate the attractiveness and behavior of bees in flowers. Four cultivars ('Jacarezinho', 'Sergipe', 'Baiana Tropical' and Progeny CPATC) were evaluated in three productive cycles, measuring the variables: daily flower emission, stigma receptivity, anthesis period, morphometry of female and male flowers, nectar secretion pattern, soluble solids concentration and anther pollen production. The VOCs were identified in nectar and petal and interacted with the visitation of the bees. Floral visitors were identified and monitored their foraging behavior and fruit yield data were measured. The emission of male flowers was higher than the female ones, among cultivars, 'Jacarezinho' and 'Sergipe' presented the highest and lowest emission, respectively. The female flowers remain open for a longer period than the male flowers and the stigmas remained receptive until the closing of the flowers. The highest volume of nectar was with three withdrawals, and among the cultivars, 'Sergipe' showed the highest volume and 'Jacarezinho' the lowest. There was resorption of sugars in male flowers and non-resorption in females, as a strategy to ensure the visit of a pollinator. Thirty-six volatile compounds extracted from nectar and petals were identified in the rainy season, and twenty-nine compounds during the dry season. The highest number of visitors was *Trigona spinipes* bee, followed by *Apis mellifera* and *Xylocopa grisescens*. The correlations of the VOCs and bee visitation change, with a positive association between the compounds methyleugenol, 1-hexanol, 2-ethyl- for visits of *T. spinipes*, the 1-octen-3-ol and 2-octen-1-ol with *Xylocopa grisescens* and 1,4-dimethoxybenzene with *Apis mellifera*. The differences in cultivars and cultivation conditions should be considered for the proper management of pollinators according to the attractiveness of the flowers to explore the maximum potential of the crop.

Keywords: native bee; anthesis; phenology of flowering; pollination; volatile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ninho de <i>Trigona spinipes</i> em copa de Cajuzeiro (<i>Anacardium occidentale</i>) localizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceara.....	23
Figura 2 – Acesso ao nectário em flores de <i>Cucurbita moschata</i> . A- Flor Estaminada; B Flor Feminina.....	31
Figura 3 – Esquema de um Cromatógrafo Gasoso (CG) adaptado de Collins; Braga Bonato (2006)	37
Figura 4 – Esquema da coleta da pétala e do néctar de flor de abóbora (<i>Cucurbita moschata</i>) para extração dos compostos orgânicos voláteis (COVs).....	44
Figura 5 – Biplot da análise de componentes principais de quatro cultivares de abóbora a partir de seis variáveis relacionadas à morfometria de flores masculinas, considerando a média dos três ciclos de cultivo.....	53
Figura 6 – Biplot da análise de componentes principais de quatro cultivares de abóbora a partir de sete variáveis relacionadas à morfometria de flores femininas, considerando a média dos três ciclos de cultivo.....	55
Figura 7 – Análise de componentes principais da emissão dos voláteis do néctar (NM) e das pétalas (PM) das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora, na estação chuvosa (ciclo II), Pacajus, Ceara, 2019.....	68
Figura 8 – Análise de componentes principais da emissão dos voláteis do néctar (NF) e das pétalas (PF) das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação chuvosa (ciclo II), Pacajus, Ceara, 2019.....	69
Figura 9 – Análise de componentes principais da de emissão dos voláteis do néctar (NM) e das pétalas (PM) das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca (ciclo III), Pacajus, Ceara, 2019.....	70
Figura 10 – Análise de componentes principais da emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca (ciclo III), Pacajus, Ceara, 2019.....	71
Figura 11 Identificação dos visitantes florais em flores de abóbora (<i>Cucurbita moschata</i>). A - <i>Apis mellifera</i> ; B - <i>Trigona spinipes</i> ; C - <i>Xylocopa grisescens</i> , em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	72
Figura 12 – Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora (<i>Curcubita moschata</i>) , na estação chuvosa de 2019, em Pacajus, Ceara.....	82

Figura 13 – Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação chuvosa de 2019, Pacajus, Ceara.....	83
Figura 14 – Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca de 2019, Pacajus, Ceara.....	84
Figura 15 – Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca de 2019, Pacajus, Ceara.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Número de estabelecimentos, produção em toneladas, área em hectares e produtividade em t ha ⁻¹ de cultivares e híbridos de abóbora (<i>Cucurbita moschata</i>), moranga (<i>Cucurbita maxima</i>) e <i>Cucurbita argyrosperma</i>	32
Tabela 2	– Relação da emissão de flores masculinas e femininas, número de flores emitidas e período de floração observado em três ciclos de cultivo e quatro cultivares de abóbora, em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	50
Tabela 3	– Tempo de abertura (hora:minuto) das flores masculinas e femininas em quatro cultivares de abóbora avaliadas em três ciclos de cultivo, em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	52
Tabela 4	– Volume (µL) de néctar em flores masculinas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	56
Tabela 5	– Volume (µL) de néctar em flores femininas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	57
Tabela 6	– Teor de sólidos solúveis (°Brix) no néctar de flores masculinas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	58
Tabela 7	– Teor de sólidos solúveis (°Brix) no néctar de flores femininas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	59
Tabela 8	– Estimativa no número de grãos de pólen ¹ por antera (n = 8) em abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	60
Tabela 9	– Valores de área absoluta (x10 ⁵) dos compostos orgânicos voláteis emitidos no néctar e nas pétalas de flores femininas (♀) e masculinas (♂) de cultivares abóbora, no período chuvoso (ciclo II), 2019.....	62
Tabela 10	– Valores de área absoluta (x10 ⁵) dos compostos orgânicos voláteis emitidos no néctar e nas pétalas de flores femininas (♀) e masculinas (♂) de cultivares de abóbora, no período sem chuvas (ciclo III), 2019.....	65
Tabela 11	– Forrageio da <i>Trigona spinipes</i> na flor masculina de abóbora (n = 30); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	73
Tabela 12	– Forrageio da <i>Trigona spinipes</i> na flor feminina de abóbora (n = 12); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	74
Tabela 13	– Forrageio da <i>Apis mellifera</i> L. em flores de abóbora. Masculina (♂- n = 30) e feminina (♀ - n = 12); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	76
Tabela 14	– Forrageio <i>Xylocopa grisescens</i> em flores de <i>Cucurbita moschata</i> . Masculina (♂- n = 30) e feminina (♀ - n = 12); Horário (am), em ensaios	

estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	77
Tabela 15 – Comportamento de forrageio <i>Xylocopa grisescens</i> no cultivo de abóbora. Horário (am); (n = 10), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.....	78
Tabela 16 – Produção dos frutos em polinização aberta de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2018 a 2019.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°BRIX	Porcentagem de sólidos solúveis
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CPATC	Progênie Embrapa Tabuleiros Costeiros
g	Gramma
GC	Cromatografia gasosa
HS	Headspace
IR	Índice Aritmético
m/z	Massa por carga
mL	Mililitro
mL/min	Mililitro por minuto
mm	Milimetro
MS	Espectrometria de massa
PDMS/ DVB	Polidimetilsiloxano / Divinilbenzeno
SPME	Microextração de fase sólida
t ha ⁻¹	Toneladas por hectare
µL	Microlitro
µm	Micrómetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo geral	19
2.2	Objetivos específicos	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	Polinização	20
3.1.1	<i>Polinização agrícola</i>	20
3.2	Características dos potenciais polinizadores das espécies do gênero <i>Cucurbita</i>	21
3.2.1	<i>Trigona spinipes</i>	22
3.2.2	<i>Apis mellifera L.</i>	25
3.2.3	<i>Bombus spp.</i>	27
3.2.4	<i>Xylocopa spp.</i>	28
3.3	Caracterização geral da Abóboreira	29
3.4	Aspectos econômicos da Abóbora	31
3.5	Atratividade das flores	33
3.5.1	<i>Recursos primários: néctar e pólen</i>	33
3.5.2	<i>Recursos secundários: Os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)</i>	35
3.6	Análise de COVs por microextração em fase sólida associada a GC-MS em flores de plantas do gênero <i>Cucurbita</i>	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1	Local e procedimento experimental	40
4.2	Fenologia da floração e biologia floral	41
4.3	Recursos florais	41
4.3.1	<i>Dinâmica de secreção e concentração do néctar</i>	41
4.3.2	<i>Produção de pólen por antera</i>	42
4.4	Análise dos compostos voláteis	43
4.4.1	<i>Extração em HS-SPME</i>	44
4.4.2	<i>Análise por GC-MS</i>	45
4.4.3	<i>Identificação dos compostos</i>	45
4.5	Comportamento de forrageio nas flores e no cultivo	45

4.6	Interação dos visitantes florais e os COVs	47
4.7	Dados meteorológicos	47
4.8	Análises estatística	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1	Fenologia da floração e biologia floral	49
5.2	Recursos florais	56
5.3	Produção de pólen por antera	59
5.4	Análise dos compostos voláteis	60
5.4.1	<i>Identificação dos compostos</i>	60
5.4.2	<i>Padrão de emissão</i>	67
5.5	Potenciais polinizadores e comportamento de forrageio nas flores e no cultivo	71
5.6	Interação entre as visitas das abelhas e os COVs	81
6	CONCLUSÕES	88
	REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

As abelhas desempenham importante papel na manutenção da biodiversidade, principalmente por promoverem a polinização de inúmeras espécies vegetais contribuindo para a sustentabilidade ambiental. O processo de polinização ocorre por meio da busca dos recursos naturais para a alimentação das abelhas, onde todos os nutrientes necessários são obtidos por meio da coleta de pólen e de néctar. A tomada desses recursos florais garante a relação inseto-planta por uma ligação de dependência entre ambos para manterem-se vivos. Os carboidratos e minerais são advindos do néctar, e as fontes de proteínas, vitaminas e minerais estão presentes em maior quantidade no pólen. Todos os nutrientes estão contidos em ambos os alimentos, mas em proporções diferentes (EVANGELISTA-RODRIGUES; LIMA; SILVA, 2018).

A constância da visitação nas flores depende da disponibilidade e da qualidade do recurso alimentar, onde os visitantes florais desejam obter lucro máximo por forrageio e exercer o mínimo possível de esforço para adquirir o recurso e suprir a sua necessidade, seja individual ou a necessidade de uma colônia; desta forma as adaptações por parte da planta são para assegurar a reprodução, disponibilizando os recursos conforme se beneficia com a visita (AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014). Entre os estímulos secundários ofertados pelas flores, os caracteres visuais, relacionados à arquitetura floral, auxiliam as abelhas na localização da flor e os odores florais associados ao alimento, em geral o néctar, são os mais eficientes para o reconhecimento das fontes florais (BONOD, 2003; VARASSIN; AMARAL-NETO, 2014). Os estímulos primários envolvem a taxa de produção de néctar que está associado à frequência e duração de visitas nas flores e a concentração total dos açúcares associada a diferentes padrões de visitação e diferentes tipos de polinizadores (SHAFIR; BECHAR; WEBER, 2003).

Os odores emitidos pelas plantas, principalmente nas flores, são denominados Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), dentre esses compostos, os da classe dos terpenos e os ésteres estão habitualmente presentes em aromas florais. Eles geralmente são importantes do ponto de vista fisiológico, pela sua concentração nas flores estarem diretamente relacionados com a atração de polinizadores (SCHIESTL, 2010; FILELLA *et al.*, 2013). Os COVs influenciam na capacidade de detecção e nas habilidades comportamentais de aprendizados dos polinizadores em encontrar e condicionar às fontes de recursos por meio da constância da emissão da fragrância nas flores. (BASCOMPTE; JORDANO 2007; RAGUSO 2008). A percepção/reconhecimento do odor, associado à recompensa alimentar, manipula os

movimentos de polinizadores dentro dos limites da floração (DOBSON; BERGSTRÖM, 2000).

Além disso, aspectos da biologia floral tornam-se fundamentais para compreender as interações entre a planta e seu polinizador, nos aspectos visuais da flor (ORBÁN; PLOWRIGHT, 2014). Portanto, a fenologia estuda o ritmo estacional dos eventos dos ciclos de vida das espécies de plantas, sendo que a fenologia da floração ajuda a compreender como fatores endógenos associados às variações do clima influenciam na disposição temporal da floração e a relação com seus polinizadores (ELZINGA *et al.*, 2007; CARADONNA; ILER; INOUE, 2014).

Aproximadamente 75% das culturas agrícolas e 87,5% das plantas com flores dependem da polinização animal e, nesse contexto, as abelhas são reconhecidas como os principais agentes do processo (KLEIN *et al.*, 2007). A polinização animal é um processo natural, essencial e que tem um impacto social e econômico significativo sobre os resultados agrícolas e sua economia global, com valor estimado em US \$ 235 – 577 bilhões anualmente (POTTS *et al.*, 2016). No Brasil foi estimado um impacto econômico do serviço de polinização por intermédio das abelhas de 12 bilhões de dólares ao ano (GIANNINI *et al.*, 2015). Dentre os cultivos brasileiros, a produção de frutos nas cucurbitáceas é dependente da polinização realizada pelos insetos, sendo que as espécies do gênero *Cucurbita* apresentam taxa de dependência de 95%, classificada como essencial a visita de um agente polinizador para haver frutificação (GIANNINI *et al.*, 2015; KLEIN *et al.*, 2020).

As cinco espécies cultivadas do gênero *Cucurbita* que são encontradas no Brasil: *Cucurbita moschata* (abóbora), *Cucurbita ficifolia* (Abóbora-gila), *Cucurbita maxima* (moranga), *Cucurbita argyrosperma* e *Cucurbita pepo* (abobrinha), sendo que a espécie *Cucurbita moschata* é a de maior destaque no território brasileiro (HURD *et al.*, 1971). A abóbora é um alimento básico para a população brasileira, com importância econômica e nutricional (BLANK *et al.*, 2013). Além do valor econômico e alimentar, tem grande importância social na geração de empregos diretos e indiretos, pois seu cultivo demanda grande quantidade de mão-de-obra, desde o plantio até a comercialização (DE RESENDE *et al.*, 2013). Os estados que se destacam na produção (toneladas) de frutos das espécies do gênero *Cucurbita* são Minas Gerais (106.755 t), Bahia (75.649 t), Rio Grande do Sul (69.661 t), Santa Catarina (51.980 t) e Goiás (34.449 t) (IBGE, 2020). A ausência dos polinizadores em áreas agrícolas pode acarretar na diminuição da produção de frutos e um aumento de custos no processo de produção e redução na lucratividade (FREITAS, 2010).

A aboboreira possui flores femininas e masculinas separadamente em uma mesma planta e para haver fecundação é necessário que o pólen seja transportado para as flores femininas por meio da ação de um agente polinizador. Duas espécies de abelhas, *Apis mellifera* Linnaeus e *Trigona spinipes* Fabricius, são observadas com maior frequência nas flores e apontadas como polinizadoras eficientes da cultura (KLEIN *et al.*, 2020; SERRA; CAMPOS, 2010). Porém, a escolha da espécie de abelha ideal para polinizar cada cultura agrícola é algo complexo, uma vez que exige conhecimentos sobre a fisiologia da planta, requerimentos de polinização da cultura em questão e a eficiência polinizadora da espécie de abelha a ser inserida no cultivo (FREITAS, 1998). Assim, para que se possa contar com um bom serviço de polinização, algumas características devem ser consideradas, como a escolha de uma espécie de abelha que seja atraída pelas flores da cultura e que apresente fidelidade com a cultura agrícola e com um comportamento adequado para remover pólen dos estames e depositá-los nos estigmas (FREITAS; PAXTON, 1996).

Os fatores ambientais também são importantes, pois modelam o comportamento das abelhas e seu hábito de voo, incluindo a temperatura do ar, a precipitação e a velocidade do vento, afetando o forrageio do polinizador e, portanto, alterações no clima podem levar a menor reprodução da espécie visitante (BLUTHGEN; KLEIN, 2011). O semiárido brasileiro se estende por todos os estados do Nordeste, apresenta um clima tropical seco, com precipitação média anual girando em torno de 700 mm e temperatura média do ar situada em geral acima dos 20 °C, sendo característico por uma estação chuvosa seguida de um período de estiagem, com temperaturas acima da média anual e uma menor precipitação pluviométrica (AYOADE, 1991). As condições edafoclimáticas são comumente conhecidas por influenciarem no desenvolvimento das plantas, tendo efeito direto na fisiologia e o estado vegetativo, podendo alterar os estágios fenológicos, sendo o período de floração o estágio mais sensível às variações de clima em todas as espécies vegetais (HATFIELD; PRUEGER, 2015).

Contudo, o cultivo da abóbora ocorre, no geral, em estação chuvosa e sob o sistema de irrigação, dada a exigência hídrica para o desenvolvimento ideal dos frutos, necessitando ainda de um solo com adubação e correção adequadas para o sucesso produtivo. Em condições ideais, a expressão genética é determinante na produção, porém os fatores climáticos, a nutrição do solo e a polinização podem alterar os padrões produtivos da espécie. Sendo imprescindível também a avaliação de diferentes cultivares para a recomendação de plantio da cultura, uma vez que diferentes genótipos podem responder diferentemente quanto à produtividade sob diferentes condições de cultivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Esse trabalho buscou investigar a interação entre cultivares de abóbora com o ambiente, sob os aspectos da biologia floral e da fenologia da floração, e avaliar a atratividade e o comportamento de abelhas polinizadoras nas flores correlacionando com os compostos orgânicos voláteis identificados em diferentes estações do ano.

2.2 Objetivos específicos

- Definir o padrão de floração entre os cultivares de abóbora em diferentes condições ambientais;
- Determinar a produção de néctar e pólen e a dinâmica de oferta entre os cultivares e o ambiente;
- Definir o padrão de forrageio das abelhas em flores de cultivares de abóbora;
- Identificar os Compostos Orgânicos Voláteis emitidos pelo néctar e pétalas;
- Investigar a interação entre as visitas das abelhas e os Compostos Orgânicos Voláteis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Polinização

A polinização é definida pela transferência dos grãos de pólen contidos na antera da parte masculina, até o estigma que é a parte feminina das flores. Chegando ao estigma, se os grãos de pólen forem geneticamente compatíveis e viáveis vão formar tubos polínicos até chegar ao óvulo no ovário, havendo assim a fecundação (DELAPLANE *et al.*, 2000).

As plantas podem se reproduzir por meio da autopolinização, quando uma flor recebe e aceita seu próprio pólen; geitonogamia, quando a polinização ocorre entre flores da mesma planta; e alogamia ou polinização cruzada, quando o pólen é levado entre flores de diferentes plantas da mesma espécie (DE JONG *et al.*, 1993). Geralmente, para esse processo ocorrer com sucesso, as plantas necessitam de um vetor (agentes polinizadores) que pode ser o vento, a água, a gravidade ou os animais, destacando-se os insetos pela eficiência e abundância na natureza (NOGUEIRA-COUTO *et al.*, 1990; DELAPLANE *et al.*, 2000). As abelhas são o grupo de insetos polinizadores mais importantes para plantas de diversos ecossistemas, tanto em número quanto em diversidade (NEFF; SIMPSON, 1993; SHIPP *et al.*, 1994; HEARD, 1999).

3.1.1 Polinização agrícola

Aproximadamente 75% das culturas agrícolas e 87,5% das plantas com flores dependem da polinização animal, e as abelhas são reconhecidas como os principais agentes nesse processo (KLEIN *et al.*, 2007). No entanto, a escolha da espécie ideal para cada cultura agrícola é algo complexo, uma vez que exige conhecimentos sobre fisiologia de plantas, requerimentos de polinização da cultura em questão, biologia e eficiência polinizadora da espécie de abelha a ser inserida no cultivo (FREITAS, 1998).

A polinização adequada garante um aumento na qualidade das sementes e dos frutos produzidos nas culturas agrícolas (RICHARDS, 2001). A deposição e distribuição dos grãos de pólen nos estigmas das flores através do vento e autopolinização, apesar de as vezes serem suficientes para promover a formação de frutos e sementes, muitas vezes não são capazes de alcançar o potencial de produção da cultura (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Na polinização por intermédio das abelhas em laranjeiras (*Citrus sinensis* L. Osbeck) a eficiência está relacionada ao número de visitas e ao comportamento que as abelhas exercem nas flores, influenciando assim na produção dos frutos e melhoria na qualidade da produção (MALERBO-SOUSA; HALAK, 2013; TOLEDO *et al.*, 2013).

Como é o caso também da Soja (*Glycine Max*) espécie essencialmente autógama, ou seja, é uma planta capaz de se autopolinizar, com taxa de polinização cruzada inferior a 1% (FREE, 1993). No entanto, com a introdução de abelhas *Apis mellifera* constataram aumentos de 4,3% no número de vagens produzidas, 17,7% na quantidade de vagens com três sementes e 12,9% na produção de grãos (MILFONT *et al.*, 2010).

Em relação às cucurbitáceas, a produção de frutos é dependente da polinização realizada pelos insetos (AMARAL; MITIDIARI, 1966; MCGREGOR, 1976). As plantas do gênero *Cucurbita* possuem flores femininas e masculinas separadamente em uma mesma planta, sendo que, o pólen precisa ser transportado para as flores femininas, para haver fecundação. A polinização ocorre por meio dos insetos, principalmente as abelhas (CAMARGO, 1992). Dentre as espécies do gênero *Cucurbita* a abóbora (*Cucurbita moschata*) apresenta taxa de dependência de 95%, classificada como essencial a visita de um agente polinizador para haver frutificação (GIANNINI *et al.*, 2015).

3.2 Características dos potenciais polinizadores das espécies do gênero *Cucurbita*

As flores das cucurbitáceas são visitadas por diferentes insetos, já foram relatadas diversas espécies de abelhas, vespas, formigas, borboletas, moscas e besouros sobre flores femininas e masculinas das inúmeras espécies da família (MCGREGOR, 1976; FREE, 1993; DELAPLANE; MAYER, 2000). Porém, para um inseto ser considerado um possível agente polinizador, ao visitar a flor deve tocar suas partes sexuais (antera e estigma) e para ser efetivo deve transportar pólen por meio do seu corpo da parte masculina até o estigma que é a parte feminina e, este deve estar receptivo (DAFNI *et al.*, 2005). Outras características importantes devem ser levadas em consideração para um inseto ser considerado o polinizador de uma espécie vegetal, sendo preciso que ele seja atraído pelas flores da cultura; que apresente fidelidade àquela espécie; que possua tamanho e comportamento adequados para remover pólen dos estames e depositá-los nos estigmas, que transporte em seu corpo grande quantidade de pólen viável (FREITAS; PAXTON, 1996).

Os principais insetos polinizadores em *Cucurbita* são as abelhas *Bombus* spp., *Apis mellifera* e as abelhas solitárias do gênero *Eucera* e *Xenoglossa* (FREE, 1993; DORCHIN *et al.*, 2018). Na América do Norte a *Eucera* (*Peponapis*) *pruinosa* é considerada como o mais importante agente polinizador das *Cucurbita* spp, onde é conhecida popularmente por abelha das abóboras (FLOTTUM, 2000; DORCHIN *et al.*, 2018). Isso porque essa abelha possui adaptações anatomorfofisiológicas para coleta dos recursos florais,

néctar e pólen, os quais são necessários para sua dieta e é encontrada nas diferentes espécies do gênero *Cucurbita* (HURD et al., 1971; FREE, 1993).

No Brasil diversos tipos de insetos são considerados como possíveis agentes polinizadores das diferentes espécies do gênero *Cucurbita*, inclusive abelhas dos gêneros *Xylocopa* e *Melipona* nas flores masculinas e femininas das abobreiras (BAPTISTA, 2016; PERARO, 1997). No entanto, duas espécies de abelha, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, são observadas com maior frequência na cultura (AMARAL; MITIDIERI 1966; ÁVILA, 1987; NOGUEIRA-COUTO et al., 1990; GOMES, 1991; LATTARO; MALERBO-SOUZA, 2006; LIRA et al., 2009; SERRA; CAMPOS, 2010).

3.2.1 *Trigona spinipes*

Dentre as abelhas que compõe a tribo Meliponini encontra-se a *Trigona spinipes*, conhecida popularmente como Arapuá ou Irapuá. A espécie está presente em toda a América do Sul, tem hábito de nidificação em copas de árvores (Figura 1), não dependendo de cavidades para nidificar (GALLO et al., 2002). Uma colônia de *Trigona spinipes* pode conter 180.000 indivíduos e a construção dos ninhos, geralmente apresentam uma distância de aproximadamente 100 metros entre si, pelo fato dessa espécie ser territorialista (PARANI; CORTOPASSI-LAURINO, 1993). Os indivíduos adultos têm um tamanho relativamente pequeno, medindo de 6 a 8 mm de comprimento por 2,5 mm de largura, são de coloração preta e têm as asas transparentes. Essas abelhas são caracterizadas por possuírem a tíbia posterior de cor amarronzada e sua principal forma de defesa é através do comportamento de enrolar-se nos cabelos do agressor, grudando própolis e mordendo com suas mandíbulas (ZUCCHI; SILVEIRA; NAKANO, 1993).

Alguns autores as consideram uma espécie pilhadora, isso porque ao coletar as recompensas florais de algumas plantas podem danificar as partes florais, muitas vezes não mantendo contato com as anteras, não carregando o pólen até o estigma da flor feminina, portanto não realizando a polinização. Pode ser considerada até como inimigo natural de outras espécies nativas, Bruening (1990) identifica a *Trigona spinipes* como um dos principais inimigos de *Melipona subnitida*. Outros danos associados à *Trigona spinipes* foram observados por Zucchi et al. (1993), em algumas frutíferas e leguminosas. Os autores verificaram que essa espécie pode danificar das pétalas das flores, brotos e até mesmo dos frutos, sendo assim considerada como uma praga para essas culturas. Um exemplo são os severos danos causados no maracujazeiro pela Irapuá que durante a extração de néctar e coleta de pólen danificam os tecidos das flores, além de efetuar o recorte das folhas,

ocasionando sua queda, o que reduz sensivelmente a área fotossintética das plantas quando em altas infestações (SILVA *et al.*, 1997).

Figura 1. Ninho de *Trigona spinipes* em copa de Cajuzeiro (*Anacardium occidentale*) localizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará.



No entanto, Giannini *et al.* (2015), consideram essa espécie como o polinizador efetivo de nove culturas agrícolas, sendo elas: acerola (*Malpighia emarginata*), cenoura (*Daucus carota*), chuchu (*Sechium edule*), girasol (*Helianthus annuus*), abóbora (*Cucurbita* spp.), manga (*Mangifera indica*), morango (*Fragaria* × *ananassa*), pimentão (*Capsicum annuum*) e romã (*Punica granatum*). Além disso, Giannini *et al.* (2015) também alegam que o Arapuá apresenta bom potencial polinizador para outras 14 culturas: melão (*Cucumis melo*), urucum (*Bixa orellana*), canola (*Brassica napus*), melancia (*Citrullus lanatus*), tangerina (*Citrus reticulata*), coco (*Cocos nucifera*), pinhão-manso (*Jatropha curcas*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), abacate (*Persea americana*), pêssego (*Prunus persica*), goiaba (*Psidium guajava*), beringela (*Solanum melongena*), cajá (*Spondias mombin*) e umbu (*Spondias tuberosa*). Em espécies silvestres, como o caso da *Jacquemontia nodiflora*, a *Trigona spinipes* apresenta comportamento semelhante ao descrito para *Apis mellifera* L., tocando as estruturas reprodutivas durante as visitas e, por isso, podem ser consideradas como possíveis polinizadores dessa planta (KIILL; SIMÃO-BIANCHINI, 2011).

Conforme Gomes (1991), o principal visitante nas flores femininas e masculinas em abóbora (*Cucurbita moschata*) e morangas (*Cucurbita maxima*) é a abelha *Trigona spinipes*, que inicia as visitas às 05h:00min sendo presença predominante até as 07h:00min.

Em outro estudo com o cultivo de *Cucurbita maxima*, o terceiro inseto mais frequente ao visitar as flores foi a *Trigona spinipes* (15,5%) coletando somente néctar (NICODEMO; NOGUEIRA-COUTO, 2002).

Mélo *et al.* (2010) realizaram uma pesquisa com *Cucurbita moschata*, no qual identificaram os visitantes florais e o número de visitas, sendo a *Trigona spinipes* a que apresentou maior porcentagem de visitas com 82,95% do total. O mesmo autor relata que no momento da coleta de néctar nas flores masculinas os indivíduos tocavam a antera e ao sair carregavam bastante pólen nos seus corpos, e que ao efetuarem a coleta de néctar nas flores femininas tocavam os lobos estigmáticos.

Avaliando o comportamento de forrageio em *Cucurbita mixta* foi averiguado que a abelha nativa *Trigona spinipes* teve a segunda maior porcentagem (20,75%) de visitas (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2010). Em estudo bináula (2013 e 2014) sobre os visitantes de flores de *Cucurbita pepo*, foi observado que em 2013 *Trigona spinipes* foi à espécie mais abundante com 46,65% do total de visitas, enquanto que em 2014 a abelha mais frequente nas flores foi *Apis mellifera* (29,0%) seguida de *Trigona spinipes* (27,83%) (TOREZANI, 2015).

Com a moranga (*Cucurbita maxima*), a *Trigona spinipes* também foi relatada como segundo maior visitante floral (LATTARO; MALERBO-SOUZA, 2006). Já em *Cucurbita mixta*, Peraro (1997) observou que o inseto mais frequente nas flores foi a abelha *Trigona spinipes*. Descreve ainda que a abelha não apresentou nenhum comportamento de perfuração das flores e não verificou-se danificações nos brotos ou folhas.

De acordo com Nogueira-Couto e Peraro (2000), o principal agente polinizador de *Cucurbita mixta* é *Trigona spinipes*, na qual iniciam visitas às 07h:00min, com um pico entre 08h:00min e 09h:00min. A eficiência de polinização por intermédio dessa abelha em *Cucurbita moschata* (cv. jacarezinho) foi analisado por Melo (2010), que relacionou o vingamento dos frutos conforme número de visitas (1, 2, 3 e 4), obtendo maior porcentagem (60%) com quatro visitas. O autor atribuiu ao tamanho do corpo pequeno dessa abelha a provável quantidade insuficiente de grãos de pólen, conforme o número de visitas analisadas. Ao mesmo tempo, o autor verificou que a maior frequência de visitas foi de *Trigona spinipes*, e o resultado da polinização aberta foi de 90% na taxa de vingamento dos frutos.

A criação racional dessa espécie é desejável sob o aspecto do seu uso na polinização agrícola, no entanto a sua biologia de nidificação tm impedido o desenvolvimento de colmeias e manejos racionais para essa abelha. No entanto, todas as pesquisas realizadas até o momento com a presença da *Trigona spinipes* são de incidência natural, estando os ninhos silvestres próximos as áreas cultivadas. Porém, a professora e pesquisadora da

Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), Profa. Dra. Eva Monica Sarmiento da Silva relata a importância dessa abelha e a possibilidade da exploração racional dos seus produtos, pólen, cera e a própolis, tendo desenvolvido um modelo de colmeia racional experimental para o criatório dessa espécie (comunicação pessoal).

3.2.2 *Apis mellifera* L.

Apis mellifera L. é classificada como da ordem Hymenoptera, Superfamília Apoidea, Família Apidae, Subfamília Apinae. É uma espécie de hábito social com alta densidade populacional, tem importante papel econômico por produzir, mel, pólen, cera, própolis, geleia real, apitoxina e a pela prestação do serviço de polinização pode ser explorado por meio do aluguel das colônias.

Uma característica importante na evolução das abelhas sociais foi a capacidade de captura de alimento e armazenamento no ninho (BREED *et al.*, 2004). A mudança de comportamento mais evidente é observada na transição da tarefa de nutrizes (realizada pelas abelhas mais jovens) para a tarefa externa de forrageio, (realizada pelas abelhas mais velhas) (SPIVAK *et al.*, 2003). Em *Apis mellifera* o forrageio envolve a aprendizagem e memorização do local onde está sendo ofertado o recurso natural e a capacidade de comunicar esta informação às demais forrageiras (FAHRBACH *et al.*, 1995). O principal mecanismo utilizado por essas abelhas para informar sobre a fonte de alimento para a coleta é através da dança, possibilitando que por meio dela as outras forrageiras tomem conhecimento da distância e direção até a fonte (LINDAUER, 1967).

Para ser considerado polinizador ideal, o visitante floral precisa forragear diariamente, ter constância floral e ser abundante nas flores (FREITAS *et al.*, 2002). A abelha *Apis mellifera* tem atratividade pelas flores femininas e masculinas de espécies do gênero *Cucurbita*. Em estudo realizado com a abobrinha (*Cucurbita pepo*) em Minas Gérias, essa abelha foi o visitante mais frequente (ÁVILA, 1987). Também, em *Cucurbita mixta*, *Apis mellifera*, não somente visita as flores, como toca os estames ao coletar o néctar das flores masculinas carregando pólen em seu corpo, e toca o estigma, ao coletar néctar nas flores femininas, Esse comportamento de forrageiro a caracteriza como potencial agente polinizador dessa cultura (LATTARO; MALERBO-SOUZA, 2006).

Avaliando a frequência dos visitantes florais em *Cucurbita mixta*, verificou-se que *Apis mellifera* apresenta a maior porcentagem do total de visitação, com 79,25% do total das visitas catalogadas (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2010). Em cultivo de abóbora em Satuba-AL, a *Apis mellifera* foi a segunda espécie de abelha mais frequente nas flores

estaminadas e femininas, com 10,92% do total de visitas (MELO *et al.*, 2010).

Em cultivo de moranga, *Apis mellifera* teve maior porcentagem de visitas (32,4%) com um padrão de visitação nas flores masculinas com o tempo médio de visita de 28 segundos para coleta de néctar e 36 segundos para coletar pólen. Analisando a eficiência polinizadora foi visto que as flores que receberam 2, 4, 8, 16 visitas e livre visitação tiveram, respectivamente, porcentagem de frutificação de 5,5, 15, 55 e 38% (NICODEMO; NOGUEIRA-COUTO, 2002). Avaliando a eficiência de polinização dos principais visitantes florais em três diferentes áreas cultivadas de abóbora foi visto que *Apis mellifera* foi a terceira espécie mais frequente em duas das áreas (11,1 e 1,31%) em estudo, e a segunda espécie com maior frequência (5,72%) em uma das áreas, porém apresentou baixa eficiência polinizadora com uma única visita, obtendo somente 25% de frutificação (SERRA e CAMPOS, 2010).

Segundo Free (1959), com as condições do clima ideal, uma colônia de *Apis mellifera* com população estimada em 10 mil indivíduos, um terço da população, ou seja, 3.300 podem ser considerados como campeiras. A recomendação é, no geral, que seja inserida no mínimo 2,5 colônias/há nas áreas cultivadas (DELAPLANE; MAYER; MAYER, 2000). No entanto, essa recomendação é bastante relativa, pois a necessidade da cultura e sua atratividade para essa espécie podem levar a uma maior ou menor densidade de colônias/ha. Como em cultivos de melão (*Cucumis melo* L.) o aumento da densidade, ou seja, número de colônias/ha resulta em aumentos significativos de visitantes florais, dos índices de polinização e da produção de frutos, sendo indicada a introdução de quatro colônias com população plenamente desenvolvida, por cada hectare da cultura (SOUSA *et al.*, 2013).

Tendo como objetivo o serviço de polinização, as características importantes a serem consideradas para a escolha de uma espécie de abelha devem ser: atratividade pelas flores da cultura; fidelidade à espécie alvo; tamanho e comportamento adequados dos potenciais agentes polinizadores para remover pólen dos estames e depositá-los nos estigmas e a capacidade de transporte de grande quantidade de pólen viável em seu corpo (FREITAS; PAXTON, 1996). Em abobrinha faz-se necessário doze visitas à flor feminina para uma ideal porcentagem de vingamento dos frutos (VIDAL *et al.*, 2010). A necessidade por alta frequência dessa espécie de abelha se dá pelas suas características anatomorfológicas, e a planta precisar de alto número de grãos de pólen para o vingamento, fazendo necessário de um número de colônias ideal por cada hectare para obter maior eficiência na polinização.

A utilização de colônias de *Apis mellifera* para a polinização agrícola é uma realidade. No entanto, devem ser tomados alguns cuidados básicos como a padronização das colmeias que devem conter no mínimo, seis quadros de cria nos seus vários estágios de

desenvolvimento e deve conter cerca de dois favos preenchidos com mel (PNW, 1993). Ao mesmo tempo, estudos da densidade de colmeias para polinização em abóboras precisam ser realizados. Comparando duas áreas cultivadas com *Cucurbita* spp, uma com inserção de uma colônia padrão e outra sem colônia de *Apis mellifera*, observou-se aumento no número de frutos e sementes à medida que houve aumento no número de visitas das abelhas. Estima-se que para tal ação há investimento de cerca de US\$200 e retorno de US\$ 460 (WALTERS; TAYLOR, 2006).

3.2.3 *Bombus* spp.

As abelhas do gênero *Bombus*, único da tribo Bombini, são grandes e pilosas, com coloração diferenciada no tórax e abdômen variáveis de acordo com a espécie e subespécie. O gênero é composto por abelhas primitivamente sociais com distribuição geográfica geralmente em regiões com clima temperado (RASMONT *et al.*, 2008). Há ocorrência em todos os continentes à exceção da Oceania e Antártida (MICHENER, 2007).

As abelhas *Bombus* vivem em sociedade e são formadoras de colônias, construindo seus ninhos no solo ou em cavidades pré-existentes (WILLIAMS *et al.*, 2008; MICHENER, 2007). No Brasil há somente seis espécies: *Bombus bellicosus*, *Bombus brasiliensis*, *Bombus brevivillus*, *Bombus transversalis*, *Bombus pauloensis* e *Bombus morio* (CAMERON *et al.*, 2007). A maioria das espécies, em geral, possui ciclo de vida perene com adaptações termorregulatórias que envolvem endotermia facultativa, apresentando também homeostase térmica colonial (HEINRICH, 1996).

Atualmente, poucas espécies de abelhas são criadas exclusivamente para utilização na polinização de culturas agrícolas, porém as abelhas do gênero *Bombus* são muito utilizadas na polinização de culturas em ambiente protegido e apresentam grande demanda pela sua criação em larga escala comercial para essa finalidade, pelo fato dessas abelhas contribuem no incremento da produtividade em áreas agrícolas. São comercializadas mundialmente, cinco espécies diferentes, *Bombus terrestris*, *Bombus lucorum*, *Bombus occidentalis*, *Bombus ignitus* e *Bombus impatiens* (VELTHUIS; DOORN, 2006). Sendo que, nenhuma dessas espécies encontra-se no território brasileiro.

As abelhas do gênero *Bombus*, juntamente com *Apis mellifera*, foram os únicos visitantes florais no cultivo de abobrinha (*Cucurbita pepo*) em Siena na Itália com maior visitação nas flores femininas em comparação as flores masculinas e foi relatado que as abelhas ao acessar o néctar passam pelas anteras e ao sair há grãos de pólen aderidos no corpo e as mesmas abelhas foram vistas coletando néctar nas flores femininas, e na ocasião

passando pelos lobos estigmáticos (NEPI; PACINI, 1993). Outro estudo no norte da Virginia, nos Estados Unidos, *Cucurbita pepo* foi avaliada quanto a diversidade dos visitantes florais. Como resultado, se teve a identificação de três espécies: *Peponapis pruinosa* (hoje *Eucera pruinosa*), *Bombus impatiens* e *Apis mellifera*, sendo *B. impatiens* a espécie mais frequente nas flores (ESTHER JULIER; ROULSTON, 2009). Já em outro estudo também com *C. pepo*, Petersen, Reiners e Nault (2013) encontraram que as abelhas *Bombus* foram apenas as terceiras mais frequentes nas flores durante dois anos seguidos.

Em cultivo protegido com quatro cultivares de *Cucurbita pepo* ('Elite', 'Afrodite', 'Cora' e 'Zuchino'), *Bombus terrestris* foi avaliada quanto a atratividade por cada cultivar e a sua eficiência polinizadora. O resultado mostrou uma maior visitação no cultivar Zuchino (43,28%), seguido por Elite (25,37), Afrodite (13,43%) e por último, Cora (17,91%). Foi visto que *B. terrestris* é um polinizador eficiente, mas o número de visitas influencia no número de sementes por fruto (ROLDAN-SERRANO; GUERRA-SANZ, 2005).

Avaliando a polinização em cultivo de *Cucurbita pepo*, entre três espécies de abelhas, *Peponapis pruinosa*, *Apis mellifera* e *Bombus impatiens*, foi verificado que *Apis mellifera* foi a espécie que apresentou o maior número médio de visitas nas flores femininas, seguida por *Bombus impatiens* e *Peponapis pruinosa*. No entanto, em cada visita *Bombus impatiens* depositou no estigma uma quantidade de grãos de pólen três vezes maior que as outras duas espécies. Além disso, a porcentagem de vingamento dos frutos cresceu em função do número de visitas às flores (1, 2 e 4), com valores de 13,3%, 61,1% e 77,8% (respectivamente) no primeiro ano e 44,4%, 85,7% e 100% no segundo ano (ARTZ; NAULT, 2011).

3.2.4 *Xylocopa* spp.

O gênero *Xylocopa* abrange cerca de 700 espécies e apresenta distribuição em todo o mundo, com maior diversidade nas regiões de clima tropicais e subtropicais (GERLING *et al.*, 1989). As espécies de abelha do gênero *Xylocopa* são popularmente denominadas de Mamangavas, pertencem a família Apidae, subfamília Xylocopinae e a tribo Xylocopini. No Brasil são conhecidas 50 espécies do gênero *Xylocopa* (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MOURE *et al.*, 2007).

Em relação a sua atratividade em flores do gênero *Cucurbita*, as abelhas *Xylocopa* são frequentes nas suas flores embora em pequenos números. No estudo de Mélo *et al* (2010), a abelha *Xylocopa frontalis* foi a quarta abelha em ordem da porcentagem de visitação (0,32%) em cultivo da *Cucurbita moschata* var. jacarezinho. Já em *Cucurbita mixta*, o número

de visitas da *Xylocopa* sp. foi baixo quando comparado as abelhas eusociais, porém foi observado que as abelhas saíam das flores masculinas carregando grande massa polínica, e as mesmas abelhas visitavam flores femininas (NOGUEIRA-COUTO; PERARO, 2000). Entretanto, no estudo de Peraro (1997) *Xylocopa* spp. foi a segunda espécie de abelha mais frequente na cultura de *Cucurbita mixta*, tendo apresentado fidelidade à cultura com visitas padrões durante todo o período de florescimento.

As abelhas do gênero *Xylocopa* são potenciais polinizadores da abóbora cultivada no Brasil (GIANNINI et al 2015; KLEIN et al. 2020). No entanto, poucos estudos relatam sua ocorrência nos cultivos e há a necessidade de estudos abordando a sua eficiência polinizadora, como também investigações sobre um possível aumento no número de visitação com a inserção de colônias racionais dessa abelha.

3.3 Caracterização geral da Aboboreira

A abóbora (*Cucurbita moschata*) pertence à família das Cucurbitaceae e ao gênero *Cucurbita*. A família Cucurbitaceae abrange 118 gêneros e 825 espécies, destes, nove gêneros e 30 espécies são cultivadas (NUEZ, 2000). Dentre as espécies destacam-se, a abóbora (*Cucurbita moschata*), o pepino (*Cucumis sativus*), o melão (*Cucumis melo*), a melancia (*Citrulus lanatus*) e o maxixe (*Cucumis anguria*). Tendo como características em comum serem adaptadas às condições de clima tropical e subtropical do mundo (WHITAKER; BEMIS, 1964).

A abóbora é classificada na divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida (dicotiledôneas), subclasse Dilleniidae, ordem Violales, família Cucurbitaceae (WHITAKER; ROBINSON, 1986). Pertence ao gênero *Cucurbita*, o qual apresenta 32 espécies, sendo cinco cultivadas: *Cucurbita moschata*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita argyrosperma* e *Cucurbita pepo* (HURD et al., 1971). Todas as espécies do gênero *Cucurbita* são diploides, com 20 pares de cromossomos ($2n = 40$) (LIRA-SAADE, 1995).

A aboboreira é uma planta anual com hábito de crescimento decumbente (MCGREGOR, 1976). Emite grande número de hastes, providas de gavinhas axilares, podendo atingir comprimentos em um raio de 10 a 16 metros (WHITAKER; ROBINSON, 1986). O caule é rastejante tem textura firme, não apresenta acúleos, suas raízes são adventícias, o que auxilia na fixação da planta (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007). As folhas são características nessa espécie, em geral, apresentam manchas de coloração clara na interseção das nervuras e com pecíolo longo. O sistema radicular é caracterizado pelo

desenvolvimento de uma raiz principal que pode penetrar no solo numa profundidade de 1,83 m, ou mais, formando uma rede de raízes laterais que são posicionadas logo abaixo da superfície do solo (2,34 – 6,70 cm) (WHITAKER; ROBINSON, 1986).

A abóbora é monóica, assim como todas as espécies do gênero *Cucurbita* (HURD *et al.*, 1971; MCGREGOR, 1976; NEPI; PACINI, 1993). As pétalas das flores masculinas e femininas são pentâmeras, sendo que ambas são gamopétalas com cálice na forma campanulada e de cor amarelo intenso. A flor estaminada possui cinco estames com filete e antera unidos e pedúnculo longo e a flor feminina tem ovário ínfero desenvolvido, estilete espesso, normalmente, três lóbulos estigmáticos e apresenta pedúnculo curto (FREE, 1993). Ambas as flores produzem néctar, mas os nectários diferem entre si. Na flor masculina, o nectário está localizado na base do filete com acesso ao néctar através de três poros (Figura 2A), já na flor feminina o nectário é aberto formando um anel ao redor da base do estilete (Figura 2B) (NEPI; PACINI, 1993; NEPI *et al.*, 2001; ASHWORTH; GALETTO, 2002; VIDAL *et al.*, 2006).

Os frutos e sementes das espécies do gênero *Cucurbita* têm uma grande variação entre e dentre as espécies, não sendo considerado como critério para identificação. No entanto, o pedúnculo forma uma chave para caracterização de espécies do gênero. A forma arredondada é constituída por uma cortiça dura amplamente expandida na junção com o fruto e estreito da porção mediana em diante (HEIDEN *et al.*, 2007). Os frutos de cultivares do gênero *Cucurbita* são utilizados para consumo em diferentes estágios de maturação (SERRA; CAMPOS, 2010).

Figura 2. Acesso ao nectário em flores de *Cucurbita moschata*. A- Flor Masculina; B- Flor Feminina.



3.4 Aspectos econômicos da Abóbora

As hortaliças da família das Cucurbitaceae têm relevante valor econômico e alimentar, com destaque para as diferentes espécies do gênero *Cucurbita*, as quais são cultivadas em todo mundo. Os dados de produção de *Cucurbita* spp. por continente mostram o Asiático como o maior produtor com 60,6% da produção, seguido pelo Europeu 14,4%, Americano 12,5%, Africano 10,7% e a Oceania 0,9%. Dos países, a China é o maior produtor com 7.996.362 milhões de toneladas, seguido pela Índia com 5.142.812 milhões de toneladas, Rússia com 1.165.834 milhões de toneladas, Ucrânia com 1.164.660 milhões de toneladas e Estados Unidos com 1.091.121 milhões de toneladas. A produção mundial de abóboras, em 2017, foi de 27.449.481,0 milhões de toneladas, cultivadas em área de 2.078.450,0 milhões de hectares, proporcionando uma produtividade de 13,2 t ha⁻¹ (FAO, 2017).

Todas as cinco espécies cultivadas do gênero *Cucurbita* são encontradas no Brasil. Sendo que dessas cinco, as espécies *Cucurbita moschata* e *Cucurbita maxima* são as mais cultivadas no território nacional (PRIORI *et al.*, 2013). A maior região produtora no Brasil é o

Sudeste com 153.038 mil toneladas, porém a região Sul tem o maior índice de produtividade (Tabela 1). Os principais estados produtores (toneladas) de abóbora no Brasil são Minas Gerais (106.755), Bahia (75.649), Rio Grande do Sul (69.661), Santa Catarina (51.980) e Goiás (34.449) (IBGE, 2020).

Tabela 1. Número de estabelecimentos, produção em toneladas, área em hectares e produtividade em t ha⁻¹ de cultivares e híbridos de abóbora (*Cucurbita moschata*), moranga (*Cucurbita maxima*) e *Cucurbita argyrosperma*.

Região	Número de Estabelecimentos	Produção (t)	Área (ha)	Produtividade de (t/ha)
Brasil	271.754	516.716	139.534	3.70
Norte	20.348	29.359	20.526	1.43
Rondônia	1.527	2.106	2.453	0.85
Acre	512	332	112	2.96
Amazonas	6.055	7.666	1.527	5.02
Roraima	1.570	2.120	949	2.23
Pará	5.875	11.462	13.726	0.83
Amapá	860	838	361	2.32
Tocantins	3.949	4.835	1.398	3.45
Nordeste	137.948	151.892	64.503	2.35
Maranhão	14.978	13.357	5.900	2.26
Piauí	17.418	7.896	7.849	1.00
Ceará	26.604	6.409	17.361	0.36
Rio Grande do Norte	2.142	18.491	1.926	9.60
Paraíba	14.961	3.699	6.398	0.57
Pernambuco	19.994	19.744	7.645	2.58
Alagoas	4.759	2.028	1.147	1.76
Sergipe	1.480	4.620	952	4.85
Bahia	35.612	75.649	15.325	4.9
Sudeste	32.728	153.038	23.334	6.56
Minas Gerais	26.236	106.755	13.212	8.08
Espírito Santo	1.256	9.945	1.352	7.35
Rio de Janeiro	2.022	6.794	1.522	4.46
São Paulo	3.214	29.544	7.248	4.07
Sul	72.525	138.463	16.552	8.36
Paraná	13.000	16.822	2.956	5.69
Santa Catarina	5.920	51.980	4.337	11.98
Rio Grande do Sul	53.605	69.661	9.259	7.52
Centro-Oeste	8.205	43.965	14.619	3.00
Mato Grosso do Sul	2.725	3.123	5.314	0.58
Mato Grosso	3.211	4.335	5.421	0.79
Goiás	1.956	34.449	3.585	9.60
Distrito Federal	313	2.059	299	6.88

Fonte: IBGE, 2020.

A abóbora é bastante apreciada em todas as regiões do Brasil com grande

potencial de aumento nos cultivos comerciais (BORGES *et al.*, 2011). No entanto a utilização na base da alimentação humana é maior na população da região do Nordeste brasileiro, utilizando os frutos em diversos pratos típicos regionais. O cultivo tradicional é baseado na agricultura familiar, onde se utiliza da mão de obra dos integrantes da família em áreas pequenas, com pouco uso de insumos agrícolas, sendo a cultura da abóbora de grande importância socioeconômica. No entanto, os dados de produção por meio do cultivo da agricultura familiar podem ficar de fora do censo agropecuário e desta forma gerar dados deficitários na soma por regiões do Brasil. O cultivo regional por meio da agricultura familiar, muitas vezes ocorre de forma mais sustentável do que o cultivo comercial, e utiliza-se de uma ampla variabilidade genética evidenciado nas características anatomorfofisiológicas das plantas e dos frutos (RAMOS *et al.*, 1999).

Os frutos são utilizados de várias maneiras, desde a polpa que é usada em saladas, cozidos, refogados, sopas, purês, pães, bolos, pudins e doces, até mesmo suas folhas e flores podem ser consumidas e constituem excelente fonte de vitaminas e minerais. As sementes são ricas em ferro e também podem ser torradas e consumidas como aperitivo (NICK; BORÉM, 2017). Além da finalidade alimentícia os produtos das aboboreiras são utilizados para outros fins, como industriais e medicinais, o que representa uma importante fonte de empregos diretos e indiretos, pois demanda mão de obra desde o cultivo até a comercialização (RESENDE *et al.*, 2013).

3.5 Atratividade das flores

Na relação planta-polinizador, a identificação da planta pelo visitante floral, geralmente é intermediada por atrativos, e os atrativos florais têm um papel fundamental na ecologia e evolução das plantas e animais, pois auxiliam na localização da flor (DAFNI, 1992). No geral, as abelhas são atraídas por flores que possuem cores vivas, como azul, lilás, amarelo e guias nectários; área de pouso com capacidade de sustentar seu corpo; odor agradável e que produzem e oferecem algum tipo de recurso floral (PROCTOR *et al.*, 1996). As características das flores que atraem as abelhas podem ser divididas em primárias (pólen, néctar, óleos, resinas e perfumes) e secundárias (arquitetura floral, cores, guias de néctar e odores) (FAEGRI e VAN DER PIJL, 1979).

3.5.1 Recursos primários: néctar e pólen

Para o completo desenvolvimento, as abelhas requerem proteínas, carboidratos, minerais, lipídios, vitaminas e água, sendo esses nutrientes obtidos por meio da busca de

pólen, néctar e água (COSTA *et al.*, 2007). O néctar é uma solução com uma variação de água e açúcares (fração mais importante), onde os açúcares mais representativos são a sacarose, a glicose e a frutose (COELHO *et al.*, 2008). Pode ser definido também como uma secreção aquosa da planta que contém de 5 a 80% de açúcar, dependendo da origem floral, e pequenas quantidades de compostos nitrogenados, minerais, ácidos orgânicos, vitaminas, lipídeos e substâncias aromáticas (WINSTON, 2003). A sacarose não é utilizada diretamente pelas abelhas para sua alimentação sem antes ocorrer sua inversão, mesmo que parcial, nos monossacarídeos glicose e frutose (BRIGHENTI *et al.*, 2011).

A produção e secreção de néctar são importantes para atrair insetos, favorecendo a polinização das culturas. A oferta adequada de néctar com uma concentração suficientemente alta é necessário para induzir as abelhas a visitar uma determinada cultura, sendo que o volume e a concentração de açúcar no néctar variam entre as espécies vegetais (LANZA *et al.*, 1995). Diferentes variedades da mesma espécie também podem diferir muito na concentração de açúcar no néctar (FREE, 1993).

A concentração total dos açúcares está associada a diferentes padrões de visitação e diferentes tipos de polinizadores, enquanto que a frequência e duração de visitas nas flores dependem da taxa de produção de néctar (SHAFIR; BECHAR; WEBER, 2003). A composição do néctar também tem função de atrair seus potenciais polinizadores, por exemplo, a maioria das espécies de abelhas de língua curta preferem néctares florais ricos em hexoses (NEPI, 2009). A atividade da enzima invertase no nectário é que determina a proporção entre sacarose e hexoses (glicose e frutose) (BAKER; BAKER, 1990).

As espécies do gênero *Cucurbita* produzem um elevado volume de néctar em suas flores, e também uma alta concentração de açúcares totais, sendo que os padrões diferem entre as flores femininas e masculinas. Segundo Ashworth e Galetto (2002), as flores femininas em *Cucurbita maxima* apresentam volume do néctar; quantidade de açúcares sacarose, glicose e frutose valores mais altos em comparação com as flores masculinas, já a concentração de açúcares totais se equiparam entre as flores. Esses teores elevados são importantes para a cultura da abóbora, pelo fato das flores serem altamente dependentes de seus polinizadores para o sucesso reprodutivo e a atratividade da flor dependem da quantidade de néctar e concentração de açúcar (VIDAL *et al.*, 2006).

O pólen é produzido nas anteras das flores (BORG; TWELL, 2011) atua como veículo do gameta masculino, responsável, portanto, pelo transporte da informação genética masculina (WILLMER, 2011). É utilizado como atrativo para diversos grupos de polinizadores, incluindo as abelhas, que o utilizam como parte de sua alimentação

constituindo a principal fonte proteica natural (NETO-VOLLET *et al.*, 2010). O pólen é rico em proteínas, que servem de matéria prima para o crescimento e restauração dos tecidos no animal (MODRO *et al.*, 2007). Além de proteína, apresenta lipídeo, açúcar, fibras, sais minerais e vitaminas, sendo que a proporção de cada nutriente modifica conforme a espécie vegetal (MARCHINI *et al.*, 2006).

A produção de abóbora depende da polinização das abelhas e de acordo com Tepedino (1981) e Lord (1985) há um aumento na frutificação com aumento das atividades das abelhas nas flores da cultura. Os mesmos autores relatam que as abelhas visitam as flores das abobreiras atraídas somente para coleta do néctar. Da mesma maneira, Serra e Campos (2010), no Brasil, analisaram três diferentes áreas de plantação de abóbora e identificaram a visita das abelhas das espécies *Trigona spinipes*, *Trigona hyalinata*, *Apis mellífera L.*, *Melipona quadrifasciata*, *Bombus morio*, *Augochlora foxiana*, *Augochlora esox*, *Schwarziana quadripunctata*, *Augochlora Francisca*, *Bombus atratus*, *Eulaema cingulata*, *Eulaema nigrita*, sempre em busca somente de néctar. No entanto, foi observado que muitas vezes os corpos dos indivíduos ficaram repletos de grãos de pólen após visita às flores estaminadas.

A quantidade de grãos de pólen por antera é considerada alta nas espécies de abóboras quando comparada com outras espécies da mesma família das Cucurbitaceae. Em *Cucurbita pepo* L. 'Howden' a quantidade média de pólen por antera é de 43.669 mil grãos de pólen (Vidal *et al.*, 2006). Essa quantidade de grãos de pólen tem variação entre cultivares da mesma espécie, pois Cady (1993) estudando produção de pólen em *Cucurbita pepo* 'Wizard', encontrou 42.400 grãos por antera e Free (1993) trabalhando com *Cucurbita pepo* verificou que cada flor produziu 10.000 - 11.000 grãos de pólen, enfatizando que cada flor possui apenas uma antera.

3.5.2 Recursos secundários: Os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

A modulação do comportamento das abelhas na coleta dos recursos naturais, em geral néctar e pólen, está ligada à capacidade que o sentido olfativo dos insetos tem para detectar uma vasta gama de odores através dos receptores de estímulos, as antenas e os tarsos (DALY, 2004). Os odores emitidos pelas flores associados à recompensa do alimento encontrado, em geral o néctar, é o mais eficiente sistema para o reconhecimento das fontes florais (BONOD, 2003).

As abelhas identificam os odores florais por meio de sinais químicos que são percebidos por células nervosas receptoras localizadas dentro de sensilas olfativas, as quais estão presentes, principalmente nas antenas, mas podem estar localizadas também nos tarsos

(BOECKH, 1984). Após a abelha receber um estímulo químico olfativo, ocorre um processo de transdução, convertendo o sinal químico em elétrico, onde os impulsos gerados são carregados por intermédio do nervo antenal até um centro de integração olfativa, organizado em subunidades funcionais chamadas glomérulos (HILDEBRAND; SHEPHERD, 1997).

O reconhecimento de substâncias se dá por meio de um sistema de axônios por células receptoras semelhantes, ou seja, aquelas que expressam o mesmo receptor de proteína e, portanto, associam ao mesmo cheiro. Eles então, enviam a informação até os glomérulos, que são subunidades globulares, anatomicamente distintas dos lobos da antena, no qual formam o primeiro centro neuronal de processamento das informações do olfato (GALAN *et al.*, 2006). Os mesmos autores reportam que o reconhecimento individualizado de moléculas ocorre por meio da codificação de substâncias semelhantes que estão presentes nos glomérulos localizados próximo de um dos lóbulos antenais, enquanto que codificações de aromas mais complexos são realizados por glomérulos que estão espacialmente segregados.

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes em plantas são intensamente encontrados na natureza (DUDAREVA *et al.*, 2008). Eles constituem uma mistura complexa de moléculas originárias de diversas rotas bioquímicas do metabolismo secundário das plantas como os fenilpropanoides, ácidos graxos, isoprenoides, compostos nitrogenados e de cadeia cíclica (KNUDSEN *et al.*, 2006). A maioria das plantas sintetizam diversos COVs nos tecidos florais e também nos frutos, com a finalidade de atrair polinizadores e dispersores de sementes (RIFFEL *et al.*, 2015).

Na reprodução, os voláteis têm importante papel na relação planta-polinizador. A identificação da planta pelo visitante floral, geralmente é intermediada por atrativos, e os atrativos florais têm um papel fundamental na ecologia e evolução das plantas e animais, pois auxiliam na localização da flor (DAFNI, 1992). Os voláteis produzidos pelas flores guiam os insetos até a fonte de néctar ou pólen e são essenciais para que estes consigam discriminar diferentes espécies de plantas, ou até mesmo localizar diferentes fontes em uma mesma planta, manipulando o movimento dos polinizadores (DOBSON; BERGSTRÖM, 2000; DUDAREVA *et al.*, 2005).

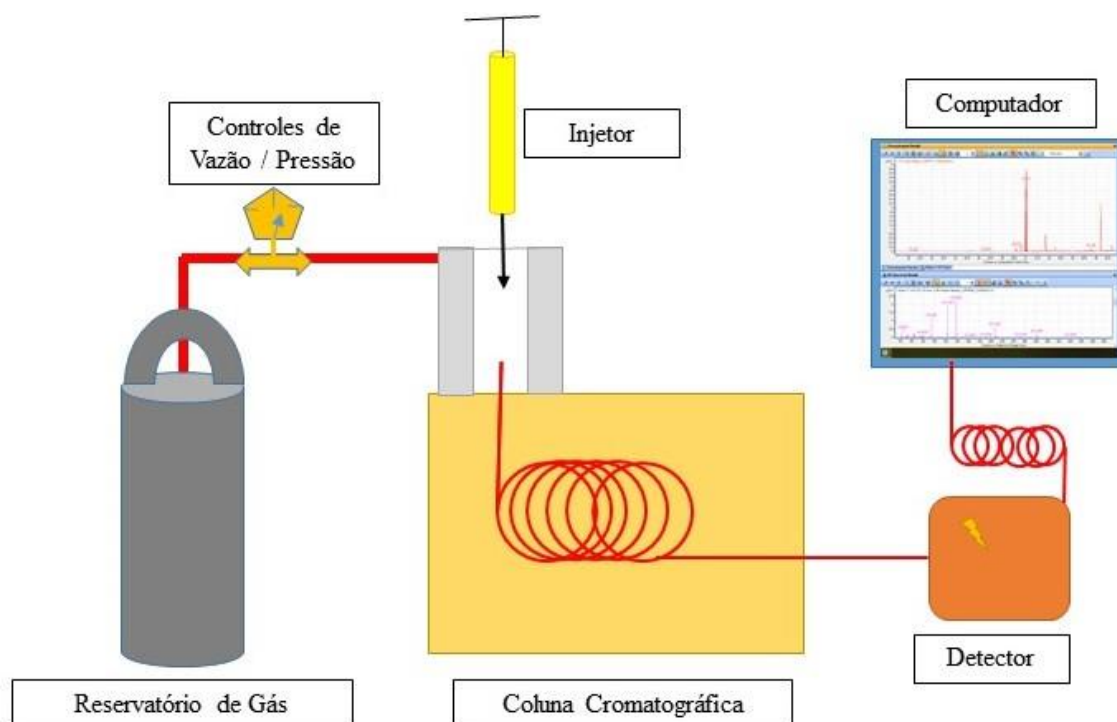
Dentre os compostos voláteis os da classe dos terpenos e os ésteres estão habitualmente presentes em aromas florais e são geralmente importantes do ponto de vista fisiológico, pela sua alta concentração nas flores estão diretamente relacionados com a atração de polinizadores (SCHIELL, 2010; FILELLA *et al.*, 2013). As pesquisas que analisam os COVs presentes nas flores podem levar a explicação como algumas plantas tem uma maior atratividade em flores que ofertam uma baixa quantidade de néctar do que outras com um teor

mais elevado, ou mesmo as relações mais específicas onde uma planta recebe a visita de uma única espécie de abelha, indicando que o sinal olfativo pode ser dominante no controle do comportamento (DAFNI; LENSKY; FAHN, 1988).

3.6 Análise de COVs por microextração em fase sólida associada a GC-MS em flores de plantas do gênero *Cucurbita*

A técnica utilizada para identificação dos compostos orgânicos voláteis é por meio da cromatografia gasosa (CG), que permite separar compostos apolares de amostras complexas com o uso do equipamento chamado cromatógrafo gasoso (Figura 3). Este é um instrumento usado para a aplicação da técnica de separação e análise de misturas por interação dos seus componentes entre uma fase estacionária e uma fase móvel. A fase móvel apenas conduz os análitos através de uma coluna, habitualmente chamada de gás de arraste; a fase estacionária ocorre na coluna (aquecida), fazendo a separação dos compostos onde o gás de arraste perpassa (FELIZZOLA; DA COSTA; VASCONCELOS, 2014). A separação dos compostos resulta das diferentes propriedades físicas e químicas e da interação com o material do interior da coluna (TRANCHIDA *et al.*, 2016).

Figura 3. Esquema de um Cromatógrafo Gasoso (CG) adaptado de Collins; Braga; Bonato (2006).



Na identificação de compostos, o sistema CG é acoplado a um detector. A função do detector, o qual fica situado na saída da coluna de separação, é medir os componentes separados e deslocados pelo gás de arraste que perpassam pela coluna, onde o sinal de saída do detector é interpretado por num sistema de aquisição dos dados que por fim gera o cromatograma (AQUINO NETO; NUNES, 2003). Existem diferentes tipos de detectores, porém o uso da espectrometria de massas (MS) apresenta maiores expectativas para aplicação em uma possível cromatografia unificada, por fornecer informações estruturais sobre os analitos, e o mesmo ser largamente empregada em CG (VON MUHLEN; LANÇAS, 2004). A análise com Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectro de Massa GC-MS é usualmente aplicada em analitos diversos, por gerar resultados confiáveis e ser uma técnica eficiente para separação e identificação de compostos em uma mistura complexa como compostos voláteis e semivoláteis, fornecendo seus respectivos espectros de massas, os quais auxiliam na obtenção das possíveis estruturas dos compostos bem como suas respectivas massas moleculares (MÜHLEN, 2009).

Identificar os COVs emitidos e o seu padrão de emissão nas flores de abóboras contribui para o melhor entendimento acerca da atração dos seus visitantes florais. Atualmente, dentre as técnicas de extração dos compostos voláteis presentes em uma amostra, a microextração em fase sólida (SPME) se destaca como uma alternativa de extração, pois não induz modificações dos compostos voláteis devido ao efeito da temperatura ou de solventes. A associação GC-MS é a ferramenta mais eficiente para a análise dos compostos voláteis, com ampla utilização em matrizes vegetais (FERNANDES *et al.*, 2009; GUEDES DE PINHO *et al.*, 2009).

Já foi identificada uma série de compostos presentes nas flores de diversas plantas, que podem ser associados a espécies da mesma família de planta. Uma técnica utilizando headspace e Microextração na Fase Sólida (SPME) foi desenvolvida combinando a Cromatografia Gasosa - Espectrometria de Massa (GC-MS) para analisar os COVs das flores do melão *Cucumis melo* L., identificando cinquenta compostos, sendo destes vinte pertencentes a classe química dos terpenos, treze álcoois, nove ésteres, três éteres, três aldeídos, dois hidrocarbonetos e uma cetona (SILVA *et al.*, 2018).

No gênero *Cucurbita*, Andersen (1987) testou dois cultivares de moranga (*Cucurbita maxima* Duchesne) por GC-MS, tendo encontrado diferença entre as cultivares estudadas e nos picos de concentração de certos compostos, com o cultivar 'Blue Hubbard' tendo apresentado uma maior concentração de (Z) -3-hexen-1-ol, (E) -2-hexen-1-ol e 1-hexanol e a cultivar 'True Hubbard' picos de 1,4-dimetoxibenzeno, 1,2,4-trimetoxibenzeno.

Granero *et al.* (2004) estudaram a microextração de fase sólida com headspace de acoplamento (HS-SPME) e espectrometria de massa com cromatografia gasosa de baixa pressão (LP-GC-MS) para determinar compostos voláteis presentes em flores de abobrinha (*Cucurbita pepo*). Os autores identificaram vinte compostos, sendo 1,4-dimethoxybenzene e 1,2,4-trimethoxybenzene os mais abundantes.

Um estudo foi desenvolvido para analisar os compostos em flores femininas e masculinas de *Cucurbita pepo* em três cultivares comerciais (Tosca, Chapin e cònsul) quantificando os compostos em partes diferentes da flor (néctar, pétalas, antera e estigma), com intuito de verificar de qual estrutura haveria maior emissão de voláteis. O método analítico foi baseado em microextração em fase sólida headspace acoplada com GC e detecção de MS em série (HS-SPME-GC-MS). Os principais compostos encontrados no néctar foram o 1,4-dimetoxibenzeno e 1,2,4-trimetoxibenzeno, sendo estes quase exclusivamente encontrados no néctar, porém alguns traços foram identificados na antera. Nas pétalas, antera e estigma foi identificado linalol, pineno, limoneno, indole e eucaliptol, e o indole amostrado exclusivamente nas pétalas (GRANERO *et al.*, 2005).

Avaliando o efeito da endogamia na produção dos voláteis das flores masculinas e femininas de *Cucurbita pepo* 'Texana', os voláteis foram capturados pelo sistema push/pull, no qual as flores foram isoladas com teflon o ar foi bombeado à 3,0 L/min e aprisionado em armadilhas contendo 40 mg de adsorvente Super Q, posteriormente foram analisados por GC-MS. A quantidade total de voláteis produzidos por plantas oriundas de fecundação cruzada foram superiores às autofecundadas, do mesmo modo a forma em relação às flores masculinas em comparação as flores femininas (FERRARI *et al.*, 2006).

A influência da herbívora na produção dos voláteis foi estudado por Theis *et al.* (2009) simulando danos as folhas de *Cucurbita pepo* 'Texana' e verificando a produção de voláteis nas flores femininas e masculinas. A captura dos voláteis foi conduzida isolando as flores com sacos de polietileno e o ar foi bombeado em um fluxo de 200mL/min e aprisionados em cartuchos contendo 100 mg de Super Q. O dano nas plantas afetou a produção de voláteis aumentando a concentração em plantas com 15% em comparação ao grupo controle e o sexo das flores também teve influência, sendo as flores femininas com maior concentração de voláteis.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e procedimento experimental

Três diferentes ensaios foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical (4°10'S e 38°27'W, 60 metros acima do nível do mar), localizado no município de Pacajus, CE, onde a pluviosidade média anual é de 1020 mm. O primeiro ensaio (ciclo I) ocorreu de outubro de 2017 a fevereiro de 2018, considerado o período chuvoso, sendo que nesse primeiro ensaio não foram efetuados tratos culturais e não foram realizadas correção e adubação do solo. O segundo ensaio (ciclo II), ocorreu de novembro de 2018 a março de 2019, em período chuvoso, enquanto que o terceiro ensaio (ciclo III) foi no período de julho a novembro de 2019, durante o período de estiagem. Nos segundo e terceiro ciclos houve correção e adubação do solo, de acordo com as recomendações para a cultura.

Para a correção do solo foi aplicado calcário dolomítico e na adubação de pré-plantio 320 g por cova de adubo orgânico e 600 g de superfosfato simples. A adubação nitrogenada foi realizada aplicando-se, por planta, 66 g de ureia antes do florescimento e 132 g durante a frutificação. Na adubação potássica foram adicionados, em cada planta, 50 g de cloreto de potássio antes do florescimento e 50 g durante a frutificação. As adubações em pós-plantio foram realizadas via fertirrigação.

Onze diferentes cultivares de abóbora foram plantadas sob sistema de mudas e doze dias após o semeio foram transplantadas para o campo em 0,6 hectares, utilizando espaçamento de 3,0 metros entre plantas e 4,0 metros entre linhas, sob irrigação por gotejamento. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3, três ciclos de cultivo, com seis plantas por parcela, sendo três blocos para o primeiro ensaio e quatro blocos para o segundo e terceiro ensaios.

Dos onze cultivares dispostos, quatro deles foram escolhidas para serem analisados em todos os parâmetros descritos a seguir, exceto para avaliação do comportamento de forrageio das abelhas dentro do cultivo. Os cultivares avaliados foram os comerciais 'Jacarezinho' e 'Baiana tropical', uma variedade local procedente do estado de Sergipe e uma progênie desenvolvida pela Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPATC). Todos foram cultivados sob as mesmas condições em cada ensaio no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical situado em Pacajus – CE.

4.2 Fenologia da floração e biologia floral

Para a avaliação da fenologia da floração, foram monitorados oito botões florais de flores femininas e vinte botões florais de flores masculinas de cada um dos quatro cultivares em estudo. As flores, na pré-antese, de cada cultivar, foram marcadas ao acaso com linhas de algodão na base do pedicelo em diferentes plantas; a fase de pré-antese era identificada quando o botão floral apresentava as pontas amareladas e túgidas. A avaliação foi visual acompanhando o momento de abertura das pétalas até o fechamento total das mesmas, quando as pétalas se tocavam e a corola se unia, não havendo mais a possibilidade de receber nenhuma visita de agentes polinizadores.

Como forma de avaliar a receptividade dos estigmas das flores femininas, foi realizado, semanalmente, o teste de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 – 10 volumes) em 10 flores, sendo duas flores por avaliação, em intervalos de 60 min, das 05h00min às 11h00min., em todas os quatro cultivares avaliados, cobrindo assim todo período de floração. O estigma foi considerado receptivo quando ocorria formação de bolhas pela liberação do oxigênio, após a quebra das moléculas do peróxido de hidrogênio, ocasionado pelas enzimas peroxidase e catalase presentes nos estigmas receptivos (DAFNI; KEVAN; HUSBAND, 2005)

A contagem das flores femininas e masculinas em todos os quatro cultivares em estudo foi realizada diariamente, desde o início do florescimento até a formação dos frutos, permitindo avaliar a emissão das flores, a relação entre flores femininas e masculinas e os dias de florescimento. Para analisar a morfometria da flor foram coletadas flores sem defeitos em todas os cultivares, e, com auxílio de um paquímetro digital, foram medidos diâmetro da corola, diâmetro do cálice, comprimento da pétala, comprimento do filete, comprimento da antera, comprimento da sépala, acesso ao néctar, em vinte flores masculinas; e diâmetro da corola, diâmetro do cálice, comprimento da pétala, diâmetro do ovário, comprimento do ovário, comprimento da sépala, diâmetro do estigma, em oito flores femininas.

4.3 Recursos florais

4.3.1 *Dinâmica de secreção e concentração do néctar*

A obtenção do padrão de produção de néctar sob o efeito de retiradas sucessivas do mesmo foi realizada pelo método descrito por Dafni, Kevan e Husband (2005), no qual as flores de cada um dos quatro cultivares em estudo foram escolhidas

aleatoriamente e alguns dos seus botões florais (que abririam no dia seguinte) foram ensacados. Os quatro cultivares em estudo foram submetidos a três tratamentos nas flores femininas e masculinas:

1º - retirada de néctar em três horários (06h:00min; 08h:00min; 10h:00min);

2º - retirada de néctar em dois horários (08h:00min; 10h:00min);

3º - retirada de néctar em um horário (10h:00h).

Cada flor do primeiro tratamento foi submetida a três extrações a intervalos de duas horas, iniciando às 06h:00min. As flores do segundo tratamento foram submetidas a duas extrações, sendo a primeira retirada às 08h:00min. Nas flores do terceiro tratamento foi realizada somente uma extração, que ocorreu às 10h00min.

Em cada horário, foram utilizadas doze flores masculinas e cinco flores femininas de plantas diferentes. Nos tratamentos em que foi realizada mais de uma extração, as flores foram reensacadas após cada retirada. A extração do néctar em cada cultivar foi feita com auxílio de microcapilares de 5 µL.

A concentração do néctar foi obtida com auxílio de um refratômetro digital, que mensura a concentração em um intervalo de 0 a 100º BRIX de unidades. Essa avaliação foi realizada imediatamente após a extração do néctar nos referidos tratamentos, sendo utilizados 10 µL do conteúdo no aparelho em cada mensuração.

4.3.2 Produção de pólen por antera

Para avaliar a produção de pólen por flor, um dia anterior à antese, foram ensacados oito botões florais de cada um dos quatro cultivares avaliados. Após a abertura, foi realizada a coleta. Todas as anteras foram cortadas, colocadas em tubos falcon de 15 ml contendo álcool 70%, e conservadas em freezer à -18°C até o momento da análise.

Cada amostra foi lavada com etanol 70% até que todos os grãos de pólen fossem removidos das anteras. Depois que os grãos de pólen se precipitaram no fundo dos tubos por gravidade, o sobrenadante foi removido com micropipetador. Em seguida, foi adicionada solução de glicerol (50%) ao pólen restante até completar 3 mL. Os tubos falconos foram agitados para obter uma suspensão de pólen uniforme e retiradas três amostras de 50 µL da suspensão de pólen para confecção de lâminas visando a contagem dos grãos de pólen. Após preparadas as lâminas, os grãos de pólen foram contados utilizando microscópio óptico na ampliação de 60X. O número total de grãos de pólen por antera (em 3 mL) foi estimando com base na quantidade de pólen contada em todas as três subamostras ($50 \mu\text{L} \times 3 = 150 \mu\text{L}$)

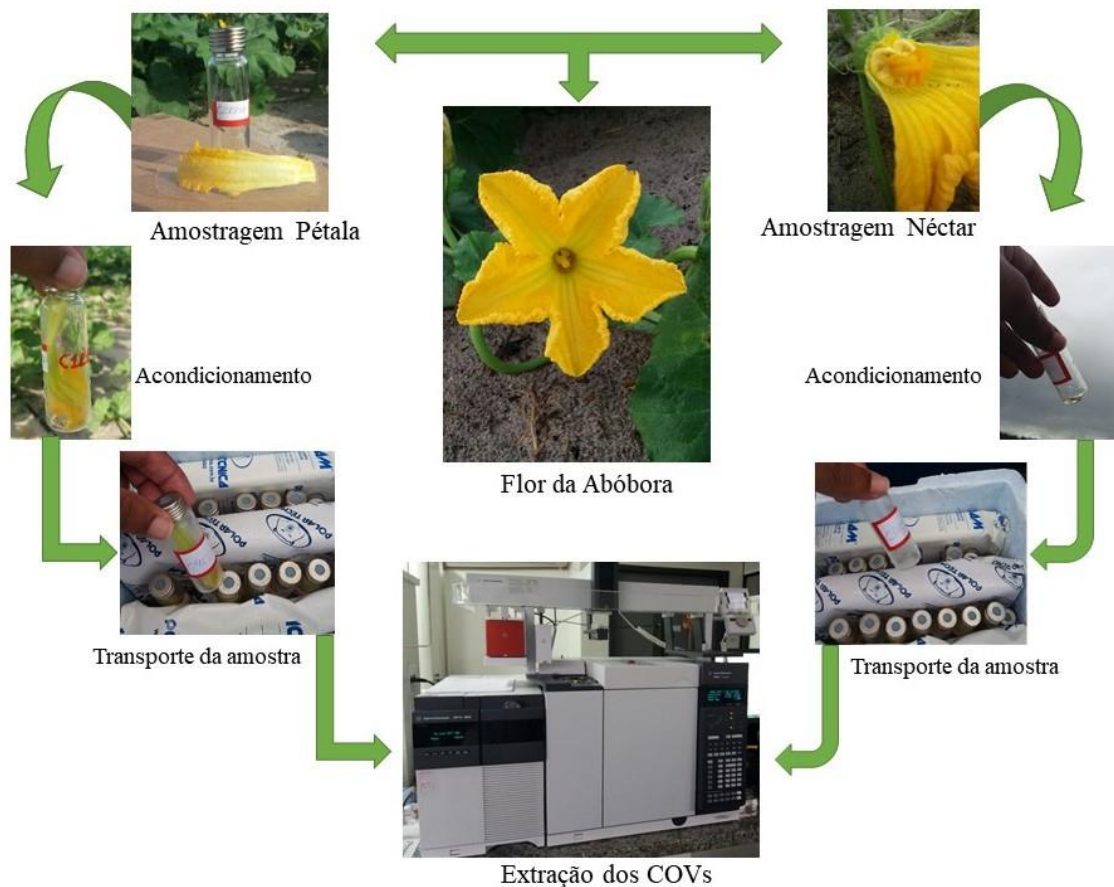
(WELLER, 1981; CRUZAN, 1989).

4.4 Análise dos compostos voláteis

Os compostos orgânicos voláteis produzidos pelas flores dos quatro cultivares estudados foram coletados das pétalas e do néctar das flores masculinas e femininas. Para a obtenção das amostras de pétala foi desenvolvido um molde padrão para ser usado em todas as coletas. Esse molde foi desenvolvido em acetato, de conformidade com o formato da pétala e correspondente a um quinto da flor. O tamanho tinha por finalidade permitir o acondicionamento em frascos de *headspace* (20 mL) visando a padronização da massa das amostras a serem avaliadas. Oito amostras foram coletadas das flores masculinas e quatro amostras das flores femininas, dos quatro cultivares em estudo, durante dois ciclos produtivos, ciclo II (período chuvoso) e ciclo III (período de estiagem).

A extração do néctar foi obtida com auxílio de microcapilares de 5 μL , tendo sido retirado 100 μL de cada flor, imediatamente transferidos para frascos de 20 mL. Oito amostras foram coletadas das flores masculinas e quatro amostras das flores femininas, dos quatro cultivares em estudo, durante dois ciclos produtivos, ciclo II (período chuvoso) e ciclo III (período de estiagem). As amostras coletadas foram acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo químico, mantendo-as a 10° C. O transporte das amostras para o Laboratório Multiusuário de Química e Produtos Naturais da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE ocorreu imediatamente após o acondicionamento das amostras e durou cerca de duas horas (Figura 4).

Figura 4. Esquema da coleta da pétala e do néctar de flor de abóbora (*Cucurbita moschata*) para extração dos compostos orgânicos voláteis (COVs).



4.4.1 Extração em HS-SPME

As análises de extração e identificação dos compostos voláteis foram realizadas utilizando-se a técnica de Microextração em Fase Sólida (SPME), em Cromatógrafo Gasoso acoplado ao Espectrômetro de Massas (GC-MS). O procedimento de extração envolveu a exposição de uma fibra com 1 cm de comprimento, composta por polydimethylsiloxiane/divinilbenzene (PDMS/DVB 65 μm , Supelco, Bellefonte, PA, USA), na região de headspace das amostras para captura dos compostos voláteis. Inicialmente, os frascos contendo as amostras foram mantidos a 35 $^{\circ}\text{C}$ por 15 min para formação do headspace, para posteriormente as amostras serem expostas à fibra (PDMS/DVB), durante 30 minutos na mesma temperatura (GRANERO *et al.*, 2005). Em seguida, os compostos foram desorvidos no injetor do sistema de CG-MS por 3 minutos a 250 $^{\circ}\text{C}$, seguido da etapa de condicionamento da fibra (260 $^{\circ}\text{C}$ /10 minutos) antes da próxima corrida. Todo o processo de

captura e injeção foi realizado por amostrador automático Combipal (Leap Technologies, San Diego, CA, USA).

4.4.2 Análise por GC-MS

A análise foi realizada em um instrumento Agilent modelo GC-7890B /MSD-5977A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA) com analisador de massas do tipo quadrupolo de impacto de elétrons (70 eV) e coluna capilar HP5-MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 um, Agilent J & W GC Columns, Santa Clara, CA, EUA). O espectrômetro de massas foi ajustado para leitura na faixa 40 – 660 m/z. A temperatura do injetor foi mantida constante, em 250 °C, com fluxo de 1,00 mL/min de gás carreador hélio. As temperaturas da fonte e linha de transferência foram fixadas em 230 °C e 280 °C, respectivamente. Utilizou-se a seguinte programação do forno cromatográfico: temperatura inicial de 35 °C por 9 minutos, com rampa de aquecimento de 1,5 °C por min até 55 °C, seguida de 5 °C por min até 65 °C e, finalmente, aumentada para 300 °C a 10 °C por min, que foi mantido por 5 min até o término da corrida (GRANERO *et al.*, 2005).

4.4.3 Identificação dos compostos

Os dados cromatográficos foram expressos em termos de área absoluta. A identificação dos componentes voláteis foi realizada pelo cálculo do Índice Aritmético (IR), utilizando o perfil cromatográfico de série homóloga de alcanos lineares (C7 – C30), e pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, considerando os valores disponíveis na base de dados fornecida pelo equipamento (NIST versão 2.0 de 2012 – com 243.893 compostos), e na literatura, por meio de buscas na base de dados NIST Chemistry WebBook (Adams, 2017).

4.5 Comportamento de forrageio das abelhas nas flores e no cultivo

Três colônias de abelhas *Apis mellifera* L., oriundas do apiário do Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia - CCA da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza-CE, foram transportadas para a área experimental nos três ciclos produtivos, permanecendo durante todo o período de florescimento. As colônias estavam nidificadas em colmeias do modelo *Langstroth* composta por dez quadros de ninho e uma área de melgueira, com rainha com menos de dois anos de idade. A escolha das colônias foi realizada antes do início de cada ciclo produtivo, analisadas as condições internas como uniformidade da área de cria para padronização quanto a densidade populacional e analisada atividade externa de voo por meio da entrada e saída das abelhas. A instalação das colmeias ocorreu dez dias antes do

início do florescimento em área sombreada com disponibilidade de água potável e a cinco metros de distância da área cultivada.

Durante todo o período de florescimento dos cultivares em estudo, em média 30 dias, no período das 05h00min às 12h00min, todos os visitantes florais, introduzidos ou naturais da área, foram capturados com o auxílio de rede entomológica e pinça. A amostragem na área experimental foi realizada por caminhamento em zigue-zague e os insetos coletados foram sacrificados em câmara mortífera contendo acetato de etila e acondicionados em frascos contendo álcool 70%, até serem identificados.

Análise do comportamento de forrageio dos visitantes florais no cultivo foi realizada nos horários das 05h:30min, 06h:00min, 06h:30min e 07h:30min, por meio de contagem do número de abelhas presentes nos primeiros 10 minutos de cada horário pré-estabelecido, e posteriormente, seguindo-se um indivíduo que entrava no cultivo e marcando o tempo e o número de visitas em cada flor. Esse monitoramento foi realizado durante três dias da semana, por três semanas, e um dia na última semana, totalizando 10 dias de coleta. Excepcionalmente essa análise foi realizada em toda a área experimental considerando todos os onze cultivares uma vez que o objetivo foi conhecer o padrão de visitação das abelhas no cultivo.

O comportamento de forrageio dos visitantes florais nas flores foi observado nos quatro cultivares estudados (variedade local de Sergipe, progênie CPATC e cultivares comerciais 'Jacarezinho' e 'Baiana tropical'). Para tanto, durante todo o período experimental, com frequência de uma vez por semana, foram realizados monitoramentos em cinco flores masculinas e três flores femininas de cada variedade, anotando-se o número de abelhas, bem como o recurso que estavam coletando. As observações foram feitas nos primeiros dez minutos contínuos de cada hora para as flores masculinas e nos seis minutos contínuos para as flores femininas, das 06h00min às 12h00min. As flores, em cada avaliação, foram selecionadas ao acaso ainda na fase de botão floral, quando eram ensacados. No dia seguinte, apenas as flores perfeitamente abertas eram desensacadas para serem avaliadas, e marcadas no pedicelo com linha de algodão para facilitar o monitoramento nos demais horários. A avaliação nas flores masculinas ocorreu por seis semanas durante todo o período de floração e as flores femininas foram monitoradas durante quatro semanas iniciando-se na segunda semana após o início do florescimento. Assim, totalizaram-se 30 repetições em cada horário observado nas flores masculinas e 12 repetições em cada horário para as flores femininas.

A colheita de todos os frutos, com maturação completa, foi realizada simultaneamente, quando se efetuou a contagem total dos frutos por planta e foi mensurado o peso usando uma balança digital. A pesagem foi realizada somente nos frutos que tinham concluído o estágio de maturação e, com a soma do número de frutos por planta, foi estimado o percentual de vingamento.

4.6 Interação dos visitantes florais e os COVs

Para avaliar o efeito de interação entre as abelhas visitantes nas flores e a emissão dos compostos orgânicos voláteis, foram realizadas análises de componentes principais, utilizando-se de dados de visitação das abelhas nas diferentes cultivares obtidos na semana do pico da floração (descrito no item 4.5) e os dados de área absoluta de cada composto presente no néctar e pétala das flores femininas e masculinas, nos ciclos de produção II e III, conforme descrito no item 4.4,.

4.7 Dados meteorológicos

A precipitação no período experimental foi de 132,9 mm no primeiro ciclo, 728,9 mm no segundo e 6,7 mm no terceiro ciclo. A umidade relativa e a temperatura média do ar foram, respectivamente: 78,9% e 27,5 °C no primeiro ciclo; 82,1% e 27,3 °C no segundo ciclo e 76,5% e 27,9 °C no terceiro ciclo, sendo os dados obtidos junto à Estação Agrometeorológica do campo experimental da Embrapa, Pacajus-CE.

4.8 Análises estatísticas

Os dados de emissão diária de flores foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida da comparação de médias pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Para as variáveis relacionadas a morfometria usaram-se as análises multivariadas de componentes principais, por meio da matriz de correlação entre as variáveis, e de agrupamento, por meio da matriz de distâncias Euclidianas entre os cultivares. As análises foram realizadas com auxílio dos softwares estatísticos SISVAR 5.6 e R Development Core Team. Os dados relacionados ao tempo (hora: minuto) de antese da flor foram transformados em decimais para aplicação do teste.

Os dados dos recursos florais foram submetidos a análise de variância e posteriormente testado o efeito de interação entre os fatores ‘número de coletas’ e ‘genótipos’ para os dados de volume de néctar e teor de sólidos solúveis (°Brix) nas flores masculinas e femininas, e a interação entre os fatores ‘ciclo’ e ‘genótipos’ para a estimativa de grãos de

pólen pelo teste F a 5% de probabilidade. Em seguida foi realizada a comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Para avaliar o padrão de emissão de todos os compostos orgânicos voláteis foram realizadas análises dos componentes principais, considerando a matriz de correlação entre as variáveis, e de agrupamento, utilizando as distâncias Euclidianas entre os genótipos. O mesmo procedimento foi realizado para a análise da interação dos visitantes florais e os compostos voláteis. As análises foram realizadas por meio do software R Development Core Team.

Todos os dados de forrageio e produção foram submetidos à análise de variância e em seguida foi realizada a comparação de médias; foi aplicado o teste de Friedman para os dados de forrageio nas flores masculinas e femininas, e para as variáveis relacionadas a produção e o forrageio no cultivo foram aplicadas o teste de Tukey, ambos os testes a 5% de significância. Os dados relacionados a produção e forrageamento no cultivo foram transformados em Box-Cox para aplicação do teste. As análises foram realizadas com auxílio dos softwares estatísticos SISVAR 5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fenologia da floração e biologia floral

O florescimento iniciou 40 dias após o transplântio, com o surgimento de flores masculinas, e aos 43 dias iniciou-se o aparecimento das primeiras flores femininas (Tabela 2). A duração do período de floração, entre os cultivares em estudo, variou entre 36 e 41 dias para flores masculinas, e entre 25 e 34 dias para flores femininas. Essa variação no período de floração entre os dois tipos de flores também foi notada em outras cucurbitáceas, como melão e melancia cultivados em condição semiárida (BOMFIM *et al.*, 2012; DUARTE *et al.*, 2015; SIQUEIRA *et al.*, 2011).

O número médio de flores emitidas por planta diariamente foi de 3,06 flores masculinas e 0,13 flores femininas. A interação entre os fatores cultivares e ciclos não foi significativa ($p > 0,05$). Por outro lado, os efeitos simples foram significativos para ambos os fatores. Para os dois tipos florais, a cultivar 'Jacarezinho' e 'Sergipe' tiveram a maior e a menor emissão, respectivamente, e a maior emissão média de flores femininas por planta ($p < 0,05$) ocorreu no ciclo II (Tabela 2), no qual foram realizadas as devidas correções e adubações no solo durante o período chuvoso, mostrando ser essa a melhor condição para o plantio da abóbora (*Cucurbita moschata*), uma vez que as flores femininas darão origem aos frutos. Além disso, a atratividade de uma determinada espécie vegetal aos seus polinizadores é determinada, em parte, pelo número de flores disponíveis, o que pode estar associado a habilidade de aprendizagem e memorização (SCHIELSTL; JOHNSON, 2013).

Houve predominância de flores masculinas em relação às femininas, nos três ciclos produtivos e nos quatro cultivares em estudo (Tabela 02). Essa maior relação de flores masculinas é uma característica comumente observada na maioria das espécies cultivadas da família Cucurbitaceae (SIQUEIRA *et al.*, 2011; BOMFIM *et al.*, 2012; TSCHOEK *et al.*, 2015). As maiores proporções entre flores femininas e masculinas foram observadas no terceiro ciclo produtivo, de forma similar ao observado em pepino (*Cucumis sativus*), também pertencente à família Cucurbitaceae, onde a temperatura do ar estava acima do habitual, favorecem a emissão de flores masculinas em relação as femininas (NICODEMO *et al.*, 2012). A alta proporção entre flores masculinas e femininas encontrada nessa pesquisa pode ser o padrão da espécie *Cucurbita moschata*, pois foi observado nos diferentes cultivares e em variadas condições edafoclimáticas.

Tabela 2. Relação da emissão de flores masculinas e femininas, número de flores emitidas e período de floração observado em três ciclos de cultivo e quatro cultivares de abóbora, em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Cultivar	Ciclo			Média
	I	II	III	
<i>Masculina</i>				
Emissão de flores por planta por dia				
Baiana Tropical	2,10	3,38	2,89	2,79 b
CPATC 10	2,36	3,24	3,37	2,99 b
Jacarezinho	2,88	4,02	4,68	3,84 a
Sergipe	1,87	2,91	3,17	2,64 b
Média	2,30 B	3,39 A	3,53 A	3,06
Dias de floração				
Baiana Tropical	40	40	38	39,3
CPATC 10	40	41	37	39,3
Jacarezinho	37	38	36	37,0
Sergipe	39	40	38	39,0
Média	39	39,7	37,2	38,7
Número de flores emitidas por planta				
Baiana Tropical	86,05	138,58	109,96	111,53
CPATC 10	97,05	133,17	128,21	119,48
Jacarezinho	117,94	164,79	177,92	153,55
Sergipe	76,61	119,33	120,42	105,45
Média	94,41	111,57	134,13	118,59
<i>Feminina</i>				
Emissão de flores por planta por dia				
Baiana Tropical	0,08	0,22	0,10	0,14 b
CPATC	0,07	0,18	0,09	0,11 c
Jacarezinho	0,10	0,28	0,13	0,17 a
Sergipe	0,06	0,12	0,06	0,08 d
Média	0,08 B	0,20 A	0,10 B	0,13
Dias de floração				
Baiana Tropical	25	34	29	29,3
CPATC	25	30	27	27,3
Jacarezinho	26	36	25	29
Sergipe	28	33	26	29
Média	26	33,2	26,7	28,7
Número de flores emitidas por planta				
Baiana Tropical	3,39	8,96	3,92	5,42
CPATC	2,67	7,37	3,58	4,54
Jacarezinho	4,22	11,46	5,12	6,93
Sergipe	2,5	5,12	2,21	3,28
Média	3,19	8,23	3,71	5,04
<i>Proporção feminina (♀) : masculina (♂)</i>				
Baiana Tropical	1:16,54	1:13,31	1:20,64	
CPATC	1:22,09	1:13,50	1:26,61	
Jacarezinho	1:19,94	1:13,59	1:24,11	
Sergipe	1:21,78	1:19,87	1:39,62	

*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Na avaliação do tempo de antese, as flores masculinas abrem, em média, as 04h:40min e se fecham as 10h:20min, permanecendo aberta por um período de 05h:40min. Na avaliação entre os cultivares e os ciclos, a interação foi significativa ($p < 0,05$) nas flores masculinas. De modo geral, no terceiro ciclo as flores abriam mais cedo, sendo um comportamento uniforme entre todas os cultivares, com exceção da 'Baiana tropical' (Tabela 3).

Avaliando o momento em que as flores se fecham, percebe-se que essa característica foi mais tardia no ciclo II e, entre os cultivares, o 'Jacarezinho' é a única que difere das demais, apresentando fechamento antecipado (10h:16min) (Tabela 3). Considerando a longevidade da flor, ou seja, o tempo que ela permanece aberta e pode ser visitada por um possível polinizador, observamos que nos ciclos II e III, estão presentes as maiores longevidades. Para os cultivares, temos que 'CPATC' e 'Sergipe' foram as que permaneceram abertas por mais tempo.

Para as flores femininas não houve efeito da interação entre os cultivares e os ciclos produtivos. Considerando a média geral, as flores abrem as 04h:36min e se fecham as 10h:53min com 06h:17min de tempo de abertura. No ciclo III, embora as flores tenham aberto mais cedo (em média 04h:33min) que nos demais ciclos, também fecham mais cedo (em média 10h:31min), de modo que nesse ciclo são encontradas as menores longevidades (06h:09min) (Tabela 3). O fechamento precoce no terceiro ciclo produtivo (período de estiagem) pode estar relacionado com a umidade local (76,5%) e a temperatura média do ar (27,9 °C) que pode facilitar a perda de água e o consequente murchamento das pétalas, pois no período chuvoso, ciclo III, a média da umidade relativa foi de 82,1% e a temperatura do ar teve média de 27,3 °C. Segundo Nepi e Pacini (1993), a variação do tempo de abertura e fechamento das flores nas diferentes estações em *Cucurbita* spp. se dá, principalmente, pelas condições climáticas, no qual a baixa umidade e temperaturas do ar elevadas favorecem o fechamento das flores.

As flores abriram nos primeiros horários do dia, antes mesmo do sol raiar e o tempo em que permanecem abertas é relativamente curto, o que requer um polinizador eficiente no ato das visitas para assegurar a reprodução. As flores femininas permaneceram abertas, em média, 37 minutos a mais em relação as flores masculinas (Tabela 3), possibilitando maior número de visitas de potenciais polinizadores.

Tabela 3. Tempo de abertura (hora:minuto) das flores masculinas e femininas em quatro cultivares de abóbora avaliadas em três ciclos de cultivo, em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Cultivar	Ciclo						Média
	I		II		III		
<i>Masculina</i>							
Abertura							
Baiana Tropical	04:51	bA	04:51	bA	04:46	bA	04:49
CPATC 10	04:37	aB	04:38	aB	04:30	aA	04:35
Jacarezinho	05:05	cB	05:02	cB	04:34	aA	04:54
Sergipe	04:36	aB	04:41	aB	04:27	aA	04:34
Média	04:47		04:48		04:34		04:43
Fechamento							
Baiana Tropical	10:18	bA	10:29	bC	10:23	bB	10:23
CPATC 10	10:25	cA	10:58	cC	10:33	cB	10:39
Jacarezinho	10:10	aA	10:16	aA	10:13	aA	10:13
Sergipe	10:19	bB	10:28	bC	10:13	aA	10:20
Média	10:18		10:33		10:20		10:24
Longevidade							
Baiana Tropical	05:27	bB	05:38	cA	05:37	cA	05:34
CPATC 10	05:48	aC	06:21	aA	06:02	aB	06:03
Jacarezinho	05:04	cC	05:13	dB	05:39	cA	05:19
Sergipe	05:43	aA	05:45	bA	05:46	bA	05:45
Média	05:30		05:45		05:45		05:40
<i>Feminina</i>							
Abertura							
Baiana Tropical	04:25		04:25		04:27		04:25 a
CPATC 10	04:31		04:31		04:32		04:31 b
Jacarezinho	04:53		04:54		04:56		04:51 d
Sergipe	04:39		04:39		04:28		04:35 c
Média	04:37 B		04:37 B		04:33 A		04:36
Fechamento							
Baiana Tropical	10:54		10:54		10:53		10:51 b
CPATC 10	11:01		11:02		10:48		10:57 c
Jacarezinho	11:04		11:04		10:49		10:06 c
Sergipe	10:54		10:55		10:31		10:46 a
Média	10:58 B		10:59 B		10:43 A		10:53
Longevidade							
Baiana Tropical	06:29		06:28		06:16		06:25 a
CPATC 10	06:30		06:31		06:16		06:25 a
Jacarezinho	06:11		06:10		06:03		06:08 b
Sergipe	06:15		06:15		06:02		06:11 b
Média	06:21 A		06:21 A		06:09 B		06:17

*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

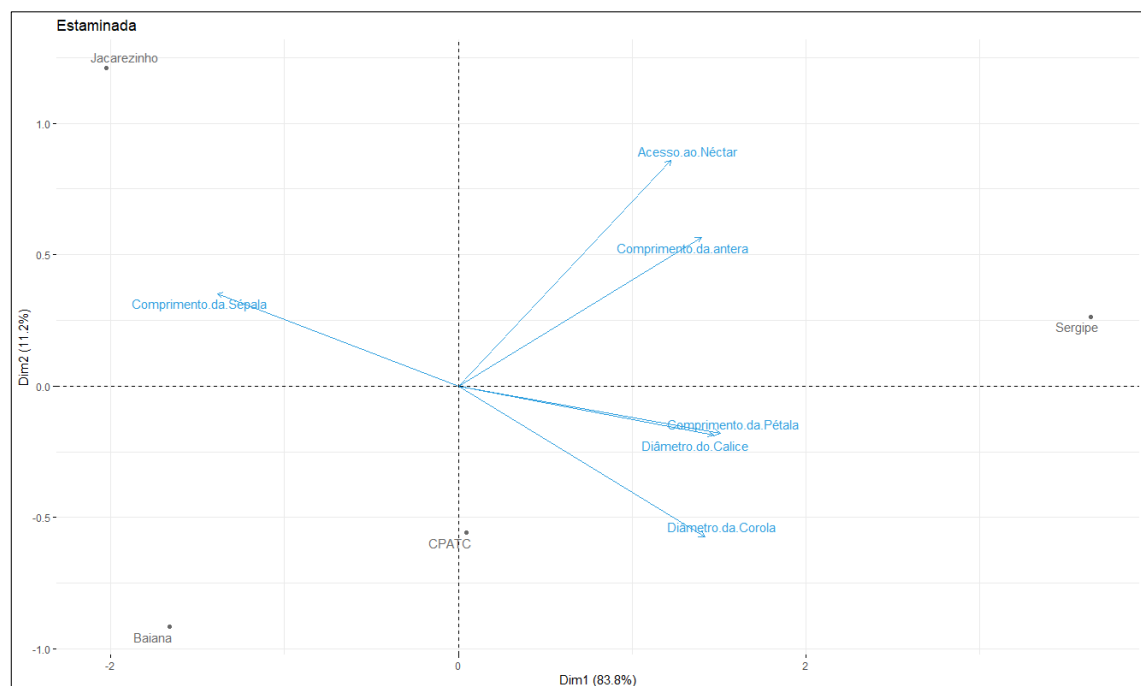
Os estigmas mostraram-se receptivos em todos os horários de avaliação, que iniciaram as 05h:00min e foram repetidas de hora em hora até o total fechamento da flor. O estigma receptivo durante todo período de antese com resultado igual para todos cultivares

nos três ciclos indica que é essa é uma característica inerente à abóbora. O que é essencial, uma vez que a flor apresenta um curto período de antese, podendo aumentar a possibilidade de fecundação se ao receber visitas de um potencial polinizador haja deposição de pólen e estes estiverem viáveis (KLEIN *et al.*, 2020).

Considerando os dados relativos à morfometria, para os dois tipos florais (masculina e feminina) não houve diferença entre os grupos formados nas análises de agrupamento não hierárquica (k-means) e hierárquica, mesmo variando, nesse último, os métodos aglomerativos (“single”, “complete”, “average” e “Ward”), evidenciando consistência nos grupos formados.

Basicamente, para as flores masculinas, o cultivar ‘Sergipe’ apresentou a maior distância das demais cultivares, que foram agrupadas juntas. Essa separação é condizente com a caracterização por componentes principais (Figura 5). Nessa caracterização temos que apenas o cultivar ‘Sergipe’ possui valores elevados na primeira componente e, com exceção da variável comprimento de sépala, isso representa valores elevados para todas as variáveis analisadas nesse componente, que explica mais de 83% da variação dos dados referentes à morfometria das flores masculinas.

Figura 5. Biplot da análise de componentes principais de quatro cultivares de abóbora a partir de seis variáveis relacionadas à morfometria de flores masculinas, considerando a média dos três ciclos de cultivo.



Considerando a segunda componente principal, observamos que o cultivar 'Jacarezinho' está separada espacialmente das demais cultivares de seu grupo, com os maiores valores de comprimento de sépala. Essa separação, no entanto, é relativa, uma vez que esse componente responde por pouco mais de 11% da variação dos dados. Vale ressaltar que os valores do coeficiente de correlação cofenética foram elevados, independentemente do método de agrupamento adotado, o que atesta um bom grau de ajuste entre a matriz de distâncias original e a matriz simplificada gerada pela análise de agrupamento.

Observando o relacionamento entre as variáveis, percebe-se que existe certa associação positiva entre o diâmetro da corola e o tamanho da pétala. Pétalas maiores aumentam a atratividade para os visitantes florais, sendo um sinal visual importante para os potenciais polinizadores se guiarem (FAEGRI; VAN, 1979).

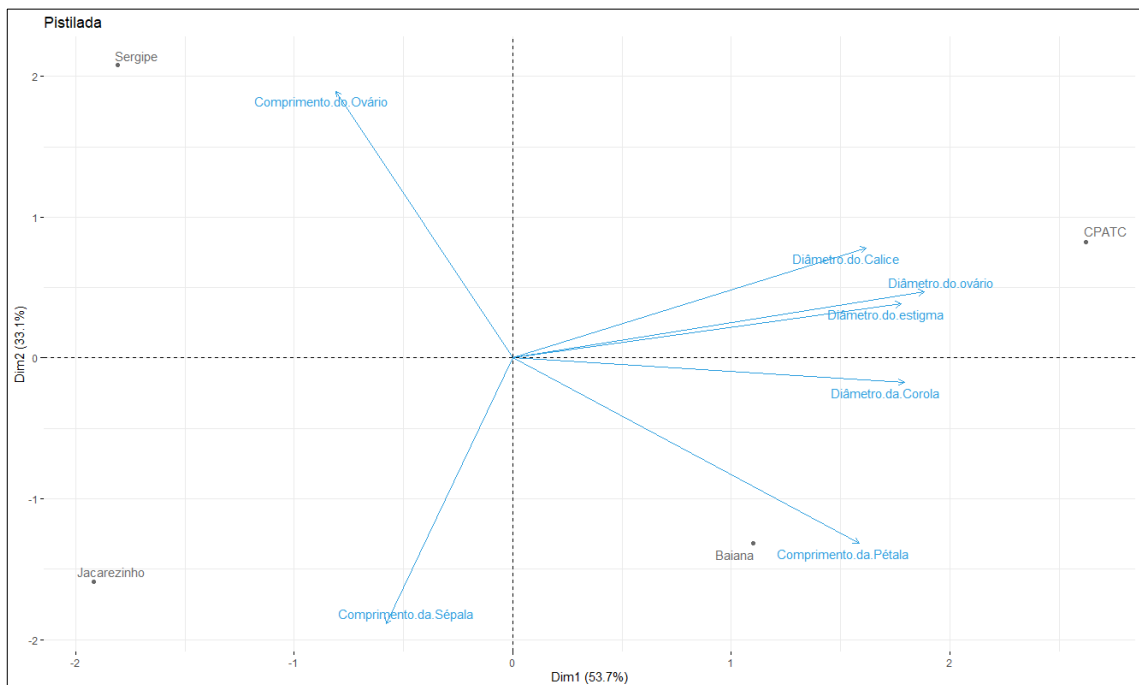
A flor masculina de todas as cultivares analisadas continha cinco estames com filetes e anteras fundidos, ficando o nectário na parte interna desse tubo de filetes. O acesso ao néctar ocorre pelos orifícios formados entre os filetes, e, para fins de avaliação, foi considerado o tamanho médio desses orifícios. Essa variável está fortemente correlacionada com o tamanho da antera. De certo modo, quanto mais acessível o néctar estiver, menor será o tempo gasto na coleta do recurso floral, o que pode diminuir a quantidade de pólen a ser aderida ao inseto. Por outro lado, anteras maiores podem maximizar o contato com o polinizador que, muitas vezes, fica agarrado à antera durante a coleta dos recursos florais. Nesse aspecto, o cultivar 'Sergipe' seria potencialmente mais favorável a um maior e mais prolongado contato das anteras com os polinizadores.

Os acessos ao néctar diferem entre as flores masculinas e femininas e a estrutura dos nectários são importantes para facilitar a coleta do recurso. Diferentemente da flor estaminada, o nectário da flor feminina forma um anel circular na base do estilete que sustenta o estigma trilobado. Isso pode influenciar no tempo de coleta dos potenciais polinizadores entre as flores femininas e masculinas. Em abobrinha (*Cucurbita pepo*) o tempo de coleta do néctar pelas abelhas é variável entre as flores masculinas e femininas, com maior tempo nas flores masculinas (CANE; SAMPSON; MILLER, 2011). O que reforça o entendimento que quanto mais difícil for a coleta do néctar, maior será o tempo gasto nesta estrutura, uma vez que a abóbora produz néctar em abundância e compensa o esforço (FREE, 1993).

Considerando as flores femininas, a análise de agrupamento, com coeficiente de correlação cofenética em torno de 75%, resultou na formação de três grupos que podem ser facilmente descritos segundo a análise de componentes principais (Figura 6).

‘CPATC’ e ‘Baiana tropical’ formaram o primeiro grupo, caracterizado por altos valores de diâmetro da corola, diâmetro do estigma, comprimento de pétala, diâmetro do ovário e diâmetro do cálice. ‘Jacarezinho’, com valores elevados de comprimento de sépala e com os menores valores para diâmetro do cálice, diâmetro do ovário e diâmetro do estigma, ficou classificado como segundo agrupamento. Por fim, o cultivar ‘Sergipe’ constituiu o terceiro grupo, individualizado com os maiores valores de comprimento de ovário, e os menores de diâmetro de corola e comprimento de pétala.

Figura 6. Biplot da análise de componentes principais de quatro cultivares de abóbora a partir de sete variáveis relacionadas à morfometria de flores femininas, considerando a média dos três ciclos de cultivo.



O padrão de tamanho das sépalas manteve certa constância entres as quatro cultivares, para os dois tipos de flores, com o cultivar ‘Jacarezinho’ apresentando os maiores valores dessa característica. O mesmo não aconteceu para o comprimento das pétalas. O cultivar ‘Sergipe’, que deteve o maior comprimento de pétala nas flores masculinas, apresentou o menor valor dessa variável nas flores femininas.

O diâmetro e o comprimento do ovário, que conferem a forma do fruto que será gerado, parecem não ser correlacionadas entre si, tendo a cultivar ‘Sergipe’ ovários mais compridos, e o cultivar ‘CPATC’ ovários mais largos. Como mencionado, essa relação entre as dimensões do ovário se mantém até a maturação do fruto, sendo possível concluir sobre o formato final do fruto antes mesmo de ocorrer a fecundação.

5.2 Recursos florais

Houve interação entre os fatores, número de coletas e cultivares para o volume do néctar nas flores masculinas (Tabela 4) ($p < 0,05$). Em todos os ciclos produtivos, o maior volume de néctar foi obtido após três retiradas (06h00min; 08h00min e; 10h00min) variando entre 169,35 a 203,75 μL . Entre os cultivares 'Sergipe' apresentou os maiores volumes de néctar enquanto 'Jacarezinho' o menor, em todos os ciclos produtivos (Tabela 4).

Tabela 4. Volume¹ (μL) de néctar em flores masculinas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Número de coletas	Cultivares				Média
	Baiana Tropical	CPATC	Jacarezinho	Sergipe	
----- <i>Ciclo I</i> -----					
1	189,58 bA	122,92 cB	59,58 bC	203,33 bA	143,85
2	184,17 bB	215,00 bA	91,25 aD	147,50 cC	159,48
3	254,58 aB	170,83 aC	91,67 aD	297,92 aA	203,75
Média	209,44	169,58	80,83	216,25	169,03
----- <i>Ciclo II</i> -----					
1	147,08 bC	192,92 aB	107,50 aD	239,17 bA	171,67
2	102,50 cC	172,08 bB	108,33 aC	193,33 cA	144,06
3	214,58 aB	163,75 bC	116,25 aD	310,00 aA	201,15
Média	154,72	176,25	110,69	247,50	172,29
----- <i>Ciclo III</i> -----					
1	110,83 cB	101,25 cB	95,00 aB	200,83 bA	126,98
2	131,25 bB	205,83 aA	85,83 aC	135,83 cB	139,69
3	189,17 aB	129,50 bC	94,58 aD	264,17 aA	169,35
Média	143,75	145,53	91,81	200,28	145,34

¹Interação Número de coletas X Genótipos foi significativa a 0,05 de probabilidade pelo teste F. *Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Nas flores femininas (Tabela 5), o volume do néctar houve interação entre os fatores número de coletas e os cultivares ($p < 0,05$), com resultados similares as flores masculinas, com os maiores valores em volume de néctar com três extrações (06h:00min; 08h:00min; 10h:00min) com valores médios entre 241,00 a 315,00 μL . Entre os cultivares, o maior valor em volume do néctar foi 'Sergipe', exceto no ciclo três com duas retiradas o maior foi 'CPATC', e o menor volume de néctar foi o 'Jacarezinho', em todos os ciclos (Tabela 5).

A produção de néctar em abóbora (*Cucurbita moschata*) é estimulada pela remoção do conteúdo nos nectários. Pela análise de retiradas sucessivas, pode-se observar que com as extrações nos horários de 06h:00min, 08h:00min, 10h:00min apresenta o maior

volume de néctar. A dinâmica na produção do néctar é diferente em outras espécies do gênero *Cucurbita*, em abobrinha (*Cucurbita pepo*) e moranga (*Cucurbita maxima*) não há efeito na retirada sucessiva sob a produção de néctar (ASHWORTH; GALETTO, 2002; VIDAL *et al.*, 2006; NEPI *et al.*, 2011).

Tabela 5. Volume¹ (µL) de néctar em flores femininas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Número de coletas	Cultivares								Média
	Baiana Tropical		CPATC		Jacarezinho		Sergipe		
----- <i>Ciclo I</i> -----									
1	220,00	bA	147,00	bB	59,00	bC	210,00	bA	159,00
2	219,00	bB	251,00	aA	113,00	aC	200,00	bB	195,75
3	294,00	aB	247,00	aC	122,00	aD	367,00	aA	257,50
Média	244,33		215,00		98,00		259,00		204,08
----- <i>Ciclo II</i> -----									
1	227,00	cB	257,00	aA	164,00	bC	258,00	bA	226,50
2	246,00	bA	169,00	bB	144,00	cC	249,00	bA	202,00
3	405,00	aA	258,00	aB	187,00	aC	410,00	aA	315,00
Média	292,67		228,00		165,00		305,67		247,83
----- <i>Ciclo III</i> -----									
1	151,00	bB	122,00	bC	111,00	bC	227,00	bA	152,75
2	157,00	bB	234,00	aA	84,00	cC	93,00	cC	142,00
3	258,00	aB	213,00	aC	161,00	aD	332,00	aA	241,00
Média	188,67		189,67		118,67		217,33		178,58

¹Interação Número de coletas X Genótipos foi significativa a 0,05 de probabilidade pelo teste F.*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

O resultado com uma retirada, as 10h:00min, se tem o valor do acúmulo da produção de néctar ao longo da antese, e mostra que não acontece reabsorção pelos nectários, uma vez que não houve retirada e o conteúdo continua disponível para o polinizador coletar o recurso alimentar. Isso ocorre possivelmente, pelo fato que em abóbora o tempo de antese é curto, e a visita de um polinizador durante esse período é determinante para a reprodução da espécie.

Os valores do teor de sólidos solúveis (°Brix) nas flores masculinas (Tabela 6), houve interação com os fatores número de retirada e os cultivares ($p < 0,05$). Os resultados se assemelham aos dados de volume do néctar, com os maiores teores de sólidos solúveis no maior número de retirada (06h:00min; 08h:00min; 10h:00min). Entre os cultivares o 'Sergipe' teve maior °Brix e o menor valor no primeiro ciclo foi o 'Baiana tropical' e no segundo e terceiro ciclo foi o 'CPATC'. Nas flores masculinas, com uma retirada (10h:00min), mesmo com o volume mais baixo em comparação ao número de retirada três e dois, a porcentagem de

açúcar é menor, indicando que pode haver reabsorção de açúcares, caso a flor não receba visita de um polinizador. Como em flores masculinas de abobrinha (*Cucurbita pepo*), no qual os açúcares são reabsorvidos do néctar não coletado e destinados para outras partes da planta, como uma estratégia de economia de energia (NEPI; PACINI; WILLEMSE, 1996; NEPI; GUARNIERI; PACINI, 2001; NEPI; STPICZYŃSKA, 2007).

Tabela 6. Teor de sólidos solúveis¹ (°Brix) no néctar de flores masculinas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Número de coletas	Cultivares				Média
	Baiana Tropical	CPATC	Jacarezinho	Sergipe	
----- Ciclo I -----					
1	18,83 bB ²	26,75 bA	23,83 cA	24,17 bA	23,40
2	25,42 aB	27,33 bB	28,00 bB	34,83 aA	28,90
3	22,96 aB	36,17 aA	34,42 aA	32,71 aA	31,56
Média	22,40	30,08	28,75	30,57	27,95
----- Ciclo II -----					
1	26,58 cB	20,08 cA	26,33 bA	27,58 cA	25,15
2	29,83 bA	23,75 bB	32,17 aA	30,17 bA	28,98
3	34,50 aA	35,88 aA	30,83 aB	33,13 aA	33,58
Média	30,31	26,57	29,78	30,29	29,24
----- Ciclo III -----					
1	29,50 bA	19,08 cC	20,75 bC	24,17 bB	23,38
2	20,71 cB	22,92 bB	19,29 bB	29,42 aA	23,08
3	33,00 aA	27,75 aC	30,63 aB	31,13 aB	30,63
Média	27,74	23,25	23,56	28,24	25,69

¹Interação Número de coletas X Genótipos foi significativa a 0,05 de probabilidade pelo teste F. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

A análise do teor de sólidos solúveis nas flores femininas (Tabela 7), houve interação com os fatores número de retirada e os cultivares ($p < 0,05$). No primeiro ciclo os maiores valores foram com duas retiradas, exceto no cultivar 'CPATC', e no segundo e terceiro ciclo o cultivar 'Baiana tropical' não apresentou diferença entre o número de retirada assim como para 'Jacarezinho' no terceiro ciclo. Entre os cultivares os maiores teores foi para o 'Sergipe' no ciclo I, o 'Jacarezinho' no ciclo II e o 'Baiana tropical' no ciclo III.

O teor de sólidos solúveis nas flores femininas difere do apresentado para flores masculinas e mostra que a possível não reabsorção de açúcares em flores femininas. Segundo Nepi e Stpiczyńska (2007) estudando reabsorção de açúcares em flores de abobrinha (*Cucurbita pepo*), fizeram a comparação entre flores já polinizadas com as não polinizadas e constataram que as que não receberam visitas era mais alto o teor de açúcar, ou seja não teve reabsorção, em comparação com as flores polinizadas. Na presente pesquisa, as flores

nas quais foram realizadas as extrações para mensuração do °Brix, estavam protegidas e eram reensacadas a cada nova mensuração, anulando a visita de qualquer polinizador. A não reabsorção de açúcares em flores femininas de abóbora deve ser uma estratégia da planta para garantir que haja a visita de um polinizador.

Tabela 7. Teor de sólidos solúveis¹ (°Brix) no néctar de flores femininas de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Número de coletas	Cultivares				Média
	Baiana Tropical	CPATC	Jacarezinho	Sergipe	
----- <i>Ciclo I</i> -----					
1	24,60 cB ²	31,40 bA	30,00 cA	32,00 bA	29,50
2	32,40 aB	29,60 bB	38,60 aA	39,20 aA	34,95
3	28,50 bC	39,30 aA	34,50 bB	37,70 aA	35,00
Média	28,50	33,43	34,37	36,30	33,15
----- <i>Ciclo II</i> -----					
1	29,00 aA	24,80 bC	26,60 bB	26,00 cB	26,60
2	29,40 aA	26,60 bB	31,00 aA	29,60 bA	29,15
3	31,40 aB	36,70 aA	33,20 aB	32,70 aB	33,50
Média	29,93	29,37	30,27	29,43	29,75
----- <i>Ciclo III</i> -----					
1	30,80 aA	24,40 bB	28,20 aA	18,60 bC	25,50
2	28,40 aA	25,80 bA	27,20 aA	27,80 aA	27,30
3	31,70 aA	28,50 aB	26,30 aC	28,20 aB	28,68
Média	30,30	26,23	27,23	24,87	27,16

¹Interação Número de coletas X Genótipos foi significativa a 0,05 de probabilidade pelo teste F. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

5.3 Produção de pólen por antera

Na avaliação do número de grãos de pólen por antera, houve interação entre os fatores ciclos de produção e os cultivares ($p < 0,05$) (Tabela 8). Entre os ciclos, houve diferença nos cultivares 'Baiana tropical' e 'Sergipe', com menor número de grãos no terceiro ciclo. O cultivar 'Sergipe' apresentou o maior número de grãos de pólen e o menor foi 'Jacarezinho', em média 12.588,33 e 6.291,67 grãos por antera, respectivamente. O número de grãos de pólen em abóbora é menor que em outras espécies do gênero *Cucurbita* como em abobrinha (*Cucurbita pepo*) o número de grãos de pólen por antera é 36.446,0 (LAU et al., 1995) 43,669 (VIDAL et al., 2006) e 42.400,0 grãos de pólen (ALVES, 2000). Em moranga (*Cucurbita maxima*) o número de grãos de pólen por antera é dez vezes maior do que o apresentado para abóbora, ou seja, são em média, 129.021,0 grãos de pólen por flor (NICODEMO et al., 2007).

No entanto, a viabilidade de grãos de pólen em abóbora (*Cucurbita moschata*) é maior com cerca de 96,7% (SERRA, 2007) comparado a moranga (*Cucurbita maxima*) com 91,2% (NICODEMO *et al.*, 2007) e abobrinha (*Cucurbita pepo*) com 92,0% (NEPI; PACINI, 1993). Em pepino (*Cucumis sativus*), cultura da mesma família da abóbora, o número de grãos de pólen também é relativamente baixo, em média 5.460 grãos e a viabilidade é de 97,0% (NICODEMO *et al.*, 2012).

Tabela 8. Estimativa no número de grãos de pólen¹ por antera (n = 8) em abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Ciclo	Cultivares				Média
	Baiana Tropical	CPATC	Jacarezinho	Sergipe	
I	10377,50 aA	12230,00 aA	5690,00 aB	12722,50 abA	10255,00
II	10565,00 aB	11245,00 aB	6530,00 aC	14317,50 aA	10664,38
III	8465,00 bB	10442,50 aA	6655,00 aC	10725,00 bA	9071,88
Média	9802,50	11305,83	6291,67	12588,33	9997,08

¹Interação Ciclo X Genótipos foi significativa a 0,05 de probabilidade pelo teste F. *Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

O volume de néctar por flor em abóbora é superior a todas as outras espécies do gênero *Cucurbita*. Os dados revelam que em cultivo sob as condições de clima semiárido o volume, em média, é de 162,22 µL por flor masculina e 210,16 µL por flor feminina. Em abobrinha, o volume chega a 79.2 flores masculinas, quando cultivada em estufa (VIDAL *et al.*, 2006) e 73,56 µL, em campo (NEPI *et al.*, 2011). Segundo Nepi, Guarnieri e Pacini (2001), o volume de néctar em abobrinha é de 118 µL por flor feminina e 94 µL por flor masculina. Em moranga, o volume de néctar também é maior em flores femininas com 85 µL e menor nas flores masculinas 38 µL (ASHWORTH; GALETTO, 2002) e Segundo Nicodemo *et al.*, (2007) o volume em flores femininas é 43 µL e nas masculinas 18 µL. Portanto, possivelmente haja uma compensação para o baixo número de grãos de pólen em abóbora com a maior oferta em volume de néctar para se obter maior frequência de um agente polinizador, e este possa a cada visita aderir e transferir os grãos de pólen para os estigmas.

5.4 Análise dos compostos voláteis

5.4.1 Identificação dos compostos

No néctar das flores masculinas e femininas foram detectados 14 compostos no ciclo II, pertencentes a seis classes químicas: ésteres (3), álcoois (4), aldeídos (2), compostos nitrogenados (1), hidrocarbonetos aromáticos (2), terpenos (2). Nas pétalas foram identificados 22 compostos de sete classes químicas: álcoois (9), aldeídos (4), aldoxime (1),

compostos nitrogenados (2), hidrocarbonetos (1), hidrocarbonetos aromáticos (2), terpenos (3). Do total de 36 compostos voláteis, extraídos do néctar e das pétalas, seis foram comuns: benzeneacetaldehyde (aldeído), 1,4-dimethoxybenzene, 1,2,4-trimethoxybenzene (hidrocarboneto aromático), benzyl nitrile (nitrila), eugenol e methyleugenol (terpeno) (Tabela 9).

No ciclo III, foram identificados oito compostos no néctar das flores masculinas e femininas que foram classificados quimicamente em: álcoois (4), aldeído (1), hidrocarbonetos aromáticos (2) e oxime (1). Na pétala foram detectados 21 compostos voláteis, pertencentes a nove classes químicas: álcoois (6), aldeídos (2), cetona (2), composto nitrogenado (2), ésteres (3), hidrocarbonetos (2), hidrocarbonetos aromáticos (2), oxime (1) e terpene (1). Dos 29 compostos voláteis identificados no terceiro ciclo, três eram comuns entre néctar e pétalas: benzeneacetaldehyde (aldeído), 1,4-dimethoxybenzene (hidrocarboneto aromático) e oxime-, methoxy-phenyl (oxime) (Tabela 10).

Houve diferença no perfil químico dos compostos voláteis emitidos pelo néctar entre os ciclos produtivos, sendo um maior número observado na estação chuvosa. Somente quatro compostos foram comuns entre os ciclos: benzeneacetaldehyde e mequinol (álcool), 1,4-dimethoxybenzene e 1,2,4-trimethoxybenzene (hidrocarboneto aromático). Nas pétalas, a diferença entre os ciclos produtivos foi menor, obtendo-se 12 compostos comuns entre a estação seca e chuvosa: 3-hexen-1-ol / 2-octen-1-ol, (z)- / 1-octen-3-ol / 3-octanol / 1-hexanol, 2-ethyl- (álcoois); 2-hexenal, (e)- / benzeneacetaldehyde (aldeídos); 2-hexanamine, 5-methyl- e benzyl nitrile (compostos nitrogenados); cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene- (hidrocarboneto); 1,4-dimethoxybenzene (hidrocarboneto aromático); e, eugenol (terpeno).

O perfil de compostos voláteis foi muito variável entre os cultivares avaliados e os sexos das flores, nos ciclos produtivos. Não obstante, o benzeneacetaldehyde foi comum às flores femininas dos cultivares 'Jacarezinho' e 'Baiana tropical' e o 1,4-dimethoxybenzene e 1,2,4-trimethoxybenzene estavam presentes tanto nas flores masculinas quanto femininas dos quatro genótipos, em ambos os ciclos (Tabelas 9 e 10). Esse padrão do 1,4-dimethoxybenzene e 1,2,4-trimethoxybenzene também foram relatados por Granero *et al.* (2005) em estudo realizado com três cultivares comerciais (Tosca, Chapin e Cônsul) de abobrinha (*Cucurbita pepo*). Nas pétalas, os compostos comuns às flores masculinas e femininas, em ambos os ciclos estudados, foram: 1-octen-3-ol / 3-octanol / 1-hexanol, 2-ethyl- / cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene- e 1,4-dimethoxybenzene.

2-Octen-1-ol, (z)-	986-983	* - *	99.1	24.53	0.00	24.02	0.00	27.68	8.72	40.84	13.63	NI
1-Octen-3-ol	986-983	986-983	100	48.48	0.00	30.04	22.15	136.01	109.03	83.23	56.67	CI
3-Octanol	998 - 998	994-996	94.4	5.95	7.11	4.25	0.00	25.52	9.72	10.52	10.80	CI
1-Hexanol, 2-ethyl-	1058-1057	* -1045	96.3	6.34	5.11	8.35	3.74	14.58	13.91	29.76	9.92	CI
4-Octanol, 4,7-dimethyl-	1076-1075	* - *	97.8	0.00	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	4.91	0.00	NI
1,3-Benzenediol, 4-ethyl-	1253-1243	* - *	85.3	0.00	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NI
2,3-Dimethylhydroquinone	1254-1254	* - *	75.4	0.00	4.24	0.00	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	NI
Aldeído												
2-Hexenal, (E)-	858-859	850-856	96.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0	0.00	CI
2-Decenal, (E)-	1058-1057	1265-1260	98.5	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	16.62	0.00	NI
Benzeneacetaldehyde	1067-1065	1049-1050	90.2	0.00	0.00	0.00	4.62	0.00	0.00	0.00	4.46	CI
Benzaldehyde	962-956	961-962	95.5	0.00	0.00	0.00	0.00	3.59	0.00	4.94	45.84	CI
Aldoxime												
2-Methyl-benzaldoxime	1263-1263	* - *	93.5	0.00	0.00	0.00	11.76	0.00	0.00	0.00	0.00	NI
Composto nitrogenado												
2-Hexanamine, 5-methyl-	998-998	* - *	80.1	0.00	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NI
Benzyl nitrile	1146-1145	1143-1140	85.3	7.90	0.00	0.00	59.57	0.00	37.76	80.88	142.05	CI
Hidrocarboneto												
Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-	1121-1121	* - *	99.9	100.08	10.07	57.32	41.91	31.06	13.62	14.11	59.21	NI
Hidrocarboneto Aromático												
1,4-dimethoxybenzene	1170-1169	* -1170	99.4	579.84	943.74	223.99	580.99	1137.55	544.37	367.17	861.0	CI
1,2,4-Trimethoxybenzene	1378-1378	* -1378	89.5	9.94	0.00	0.00	0.00	14.36	12.40	10.67	73.38	CI
Terpenos												
Eugenol	1371-1371	1373-1359	89.5	11.73	0.00	3.55	0.00	17.24	26.64	0.00	0.00	CI
Methyleugenol	1410-1410	1410-1402	91.6	41.71	0.00	15.91	29.94	16.89	16.34	17.42	36.16	CI
trans- α -Bergamotene	1453-1453	* - *	86.7	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NI

¹/IK: Índice de Kovats; IR: Índice Van Den Dool and Kratz; ²/Literatura: NIST Livro de Química na Web; *valor não encontrado. ³/ID: identificação do composto; CI: composto identificado; NI: composto não identificado.

O composto comum a todos os genótipos e em ambos os ciclos foi o 1,4-dimethoxybenzene, o qual foi o componente prevalente em todas as amostras extraídas. Esse COV alcançou 72,21% da área relativa nas pétalas das flores masculinas e 80,73% nas pétalas das flores femininas, no período chuvoso (ciclo II) (Tabela 9). No, néctar, esse composto correspondeu a 94,72% nas flores masculinas e 95,62% nas femininas. No ciclo III, os resultados foram semelhantes, apresentando 59,21% e 72,36% da área relativa nas pétalas das flores masculinas e femininas e, 98,19% e 98,83% no néctar das flores masculinas e femininas, respectivamente (Tabela 10). O 1,4-dimethoxybenzene também foi detectado como componente predominante em outras cucurbitáceas: moranga (*Cucurbita maxima* Duchesne) (Andersen 1987) e abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) (GRANERO *et al.*, 2004; GRANERO *et al.*, 2005).

Portanto, o elevado valor de área do 1,4-dimethoxybenzene o torna o principal componente das flores de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) podendo ser considerado um marcador químico do perfil dos compostos voláteis da espécie, pois foi amostrado nas flores femininas e masculinas dos genótipos estudados, em distintas estações climáticas. A função dos COVs identificados na abóbora é pouco conhecida. Sabe-se que o 2-hexenal, (e)-, composto comum nas pétalas em ambos os ciclos, tem biossíntese contínua e função importante na defesa, com ação antimicrobiana que serve para proteger a superfície do tecido vegetal contra ação de patógenos como fungos e bactérias (BALDWIN *et al.*, 2010; DICKE; BALDWIN, 2010). Outro composto que atua também na defesa do vegetal é o 3-hexen-1-ol, o qual atrai predadores naturais, mitigando danos por herbivoria (DONG *et al.* 2016).

Tabela 10. Valores de área absoluta ($\times 10^5$) dos compostos orgânicos voláteis emitidos no néctar e nas pétalas de flores femininas (♀) e masculinas (♂) de cultivares de abóbora, no período sem chuvas (ciclo III), 2019.

Composto	IK-IR ¹		R match (%)	Área absoluta ($\times 10^5$) dos compostos orgânicos voláteis								ID ³
	Calculado	Literatura ²		Sergipe		Jacarezinho		Progênie CPATC		Baiana Tropical		
				♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
Néctar												
Álcool												
Mequinol	1219-1219	* -1235	87,5	67,74	0,00	0,00	0,00	13,37	0,00	0,00	0,00	CI
2-Octen-1-ol, (E)-	985-982	* -1069	95,7	0,00	2,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Benzyl alcohol	1067-1066	10237- 1037	85,3	0,00	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Phenol, 2-methoxy-	1351-1351	1090-1096	86,1	14,822	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Aldeído												
Benzeneacetaldehyde	1064-1063	1049-1050	94,6	0,00	0,00	10,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	CI
Hidrocarboneto Aromático												
1,4-dimethoxybenzene	1170-1169	* -1170	99,6	322,47	341,32	284,15	277,78	543,21	431,48	488,52	328,52	CI
1,2,4-Trimethoxybenzene	1375-1375	* -1378	89,2	2,21	2,46	3,30	5,59	4,72	2,03	6,31	5,74	CI
Oxime												
Oxime-, methoxy-phenyl-	932-927	* - *	93,9	2,49	1,67	2,54	3,92	1,89	1,94	2,42	1,69	NI
Pétala												
Álcool												
3-Hexen-1-ol	859-850	* - *	97,7	0,00	0,00	3,45	0,00	1,10	0,00	1,48	0,00	NI
2-Hexen-1-ol, (Z)-	871-863	* -865	98,7	0,00	0,00	2,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	CI
2-Octen-1-ol, (Z)-	983-980	* - *	99,0	0,00	0,00	0,00	0,00	19,22	0,00	12,66	17,59	NI
1-Octen-3-ol	984-980	986-983	97,6	11,70	8,22	7,87	4,31	16,40	9,97	4,84	2,31	CI
3-Octanol	996-995	994-996	94,0	4,02	1,70	2,13	0,00	7,21	2,28	1,92	0,00	CI
1-Hexanol, 2-ethyl-	1056-1054	* -1045	86,3	4,92	5,80	2,29	0,00	2,44	1,93	3,01	3,03	CI
Aldeído												
2-Hexenal, (E)-	854-844	850-856	93,3	0,00	0,00	13,62	0,00	8,10	0,00	13,60	0,00	CI
Benzeneacetaldehyde	1066-1065	1049-1050	89,5	0,00	0,00	3,10	0,00	4,31	0,00	0,00	0,00	CI
2-Hexanamine, 5-methyl-	855-846	* - *	88,9	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Benzyl nitrile	1145-1145	1143-1140	91,6	0,00	0,00	5,64	4,24	4,23	0,00	4,51	4,12	CI
Cetona												
3-Octanone	988-986	985-984	91,2	5,76	0,00	0,00	0,00	11,73	0,00	0,00	0,00	CI

2,3-Octanedione	988-986	* -983	89,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	CI
Éster												
4-Ethylbenzoic acid, 2-methylbutyl ester	944-938	* - *	85,2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00	NI
Benzoic acid, 2-phenylethyl ester	1300-1300	* -1859	87,9	0,00	0,00	27,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Formic acid, (2-methylphenyl) methyl ester	1303-1303	* - *	96,3	0,00	0,00	8,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Hidrocarboneto												
Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-	1116-1116	* - *	98,4	19,23	7,60	5,01	3,19	7,01	20,70	4,63	4,95	NI
Benzene, (isocyanomethyl)-	1143-1143	* - *	86,5	0,00	0,00	3,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NI
Hidrocarboneto Aromático												
Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	1554-1554	1552-1554	89,2	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	CI
1,4-dimethoxybenzene	1166-1166	* - 1170	99,1	37,65	110,72	84,81	57,25	79,36	110,01	63,00	21,17	CI
Oxime												
Oxime-, methoxy-phenyl-	929-924	* - *	97,6	2,64	3,06	3,04	3,80	3,00	4,49	2,89	1,17	NI
Terpeno												
Eugenol	1365-1364	1373-1359	93,5	2,59	0,00	0,00	0,00	5,96	0,00	0,00	0,00	CI

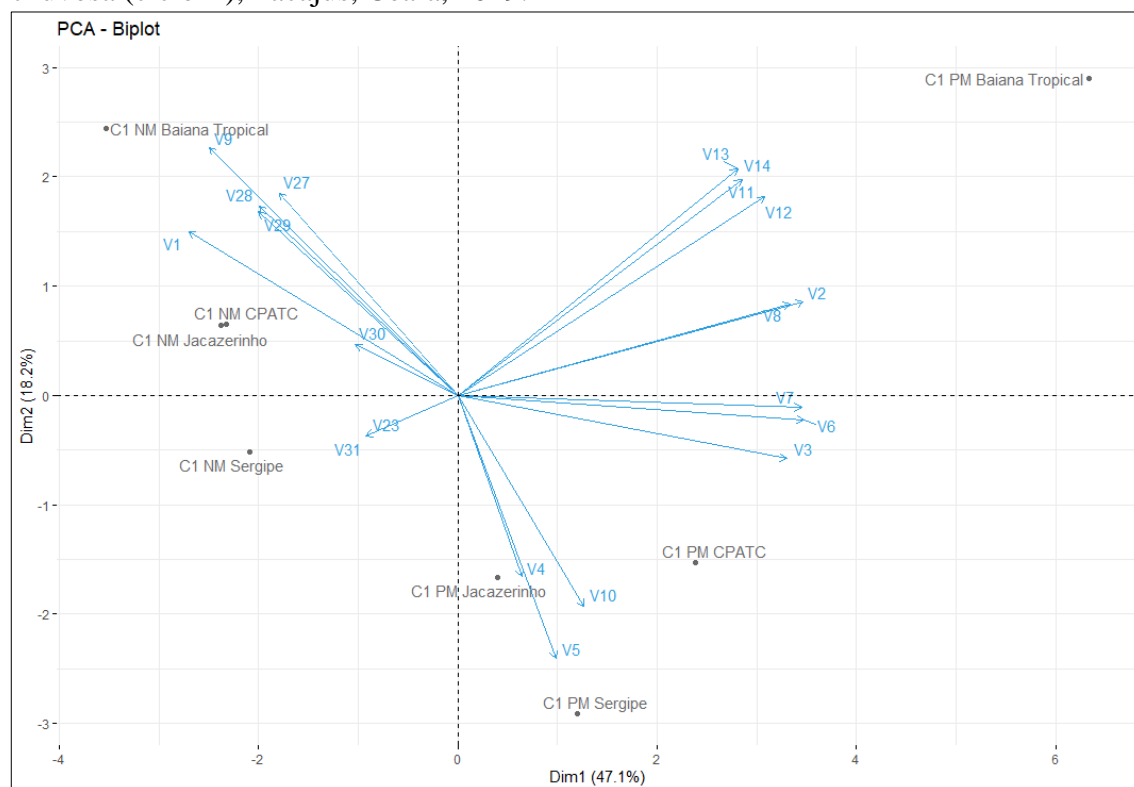
¹/IK: Índice de Kovats; IR: Índice Van Den Dool and Kratz; ²/Literatura: NIST Livro de Química na Web; *valor não encontrado. ³/ID: identificação do composto; CI: composto identificado; NI: composto não identificado.

5.4.2 Padrão de emissão

Por meio da análise de componentes principais, considerando a área absoluta dos COVs emitidos pelas flores masculinas, no ciclo chuvoso, a cultivar 'Baiana Tropical' destacou-se por meio dos compostos emitidos nas pétalas (Figura 7). Por outro lado, quanto aos COVs emitidos pelo néctar das flores masculinas, os cultivares 'Baiana tropical', CPATC e 'Jacarezinho' ficaram próximos entre si com prevalência do componente majoritário, 1,4-dimethoxybenzene, o qual apresenta correlação positiva com o 1,2,4-trimethoxybenzene, 2-propen-1-ol, 3-phenyl-, mequinol, cinnamaldehyde, (e)- e 1,2-benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester, que por sua vez foram muito distintos dos compostos voláteis predominantemente emitidos pelo néctar dos genótipos 'Baiana tropical', CPATC e 'Jacarezinho' (Figura 7). Portanto, embora 'Sergipe' (para néctar) tenha assumido uma posição intermediária e 'Baiana tropical' (para pétalas) tenha se destacado, de modo um geral houve diferenciação na dispersão dos genótipos em função do local de emissão dos COVs. A análise dos componentes principais explicou mais de 65% da variância total das variáveis originais, permitindo uma caracterização razoável do desempenho dos genótipos.

Na estação chuvosa, por meio da emissão de COVs pelas flores femininas, com base na análise de componentes principais (Figura 8), os quatro genótipos estudados foram caracterizados de modo semelhante entre si, considerando os voláteis emitidos no néctar. Ademais, por meio das emissões das pétalas, 'Jacarezinho' obteve desempenho similar a esse grupo. O cultivar 'Baiana tropical' e a progênie CPATC apresentaram desempenho semelhante entre si, com predominância da emissão de outros COVs nas pétalas. E, a variedade local 'Sergipe' se destacou dos demais genótipos, sobretudo pela emissão dos seguintes compostos, em suas pétalas: 2-octen-1-ol, (e)-; 2-hexanamine, 5-methyl-; 2,3-dimethylhydroquinone; 1,3-benzenediol, 4-ethyl-; e, 2-decenal. As correlações entre esses compostos, definida em função do ângulo formado entre os respectivos vetores, foram altas e positivas entre si.

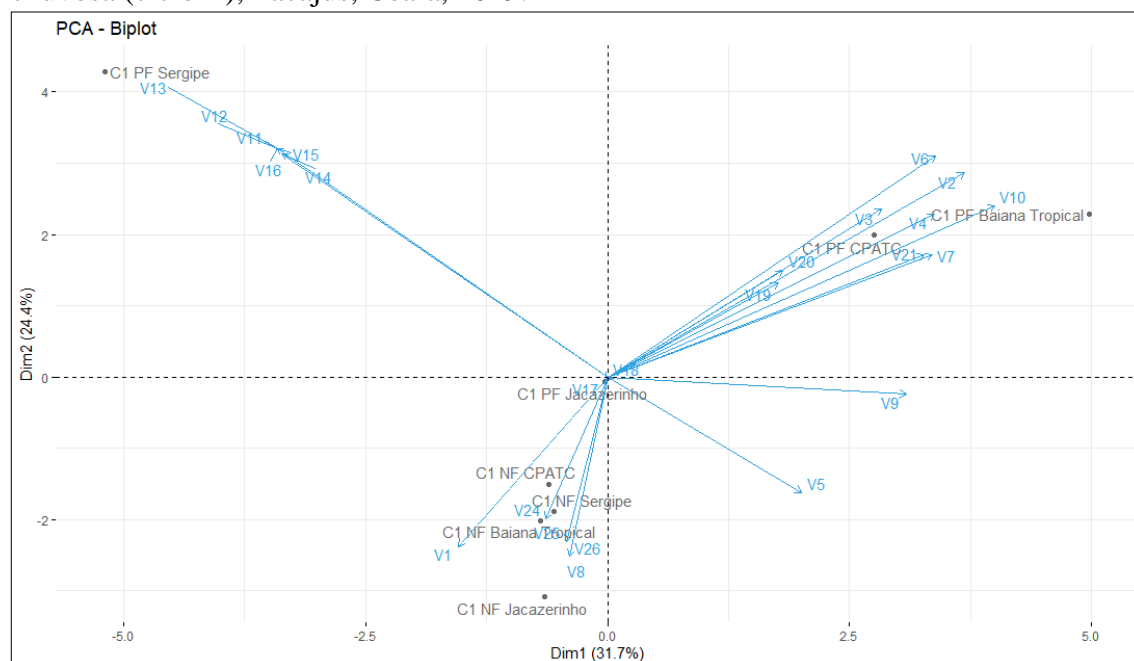
Figura 7. Análise de componentes principais da emissão dos voláteis do néctar (NM) e das pétalas (PM) das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora, na estação chuvosa (ciclo II), Pacajus, Ceara, 2019.



V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - 1-Octen-3-ol; V4 - Methyleugenol; V5 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V6 - 3-Octanol; V7 - 2-Octen-1-ol, (z)-; V8 - 3-Hexen-1-ol; V9 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V10 - Eugenol; V11 - Benzyl nitrile; V12 - Benzaldehyde; V13 - 2-Hexenal, (E)-; V14 - 2-Decenal, (E)-; V23 - Benzoic acid, 2-phenylethyl ester; V27 - Mequinol; V28 - 2-Propen-1-ol, 3-phenyl-; V29 - Cinnamaldehyde, (E)-; V30 - 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester; V31 - 1,4-Benzenediol, 2,5-dimethyl-.

Pela análise de componentes principais com base nas emissões de COVs das flores masculinas, no ciclo seco, os genótipos foram caracterizados de forma bem definidas em relação aos compostos emitidos nas pétalas e, sobretudo, no néctar (Figura 9). Nesse último, os genótipos obtiveram desempenho muito similar, predominando a emissão de 1,4-dimethoxybenzene; 1-octen-3-ol; oxime-, methoxy-phenyl-; mequinol; e, phenol, 2-methoxy-. Esses compostos obtiveram com alta correlação positiva entre si. Por outro lado, prevaleceu a emissão de outros COVs nas pétalas e os genótipos foram heterogêneos, principalmente quanto aos compostos mais relevantes no segundo componente principal. Nesse caso, a correlação entre os COVs também foi positiva, entretanto, em menor magnitude de modo geral.

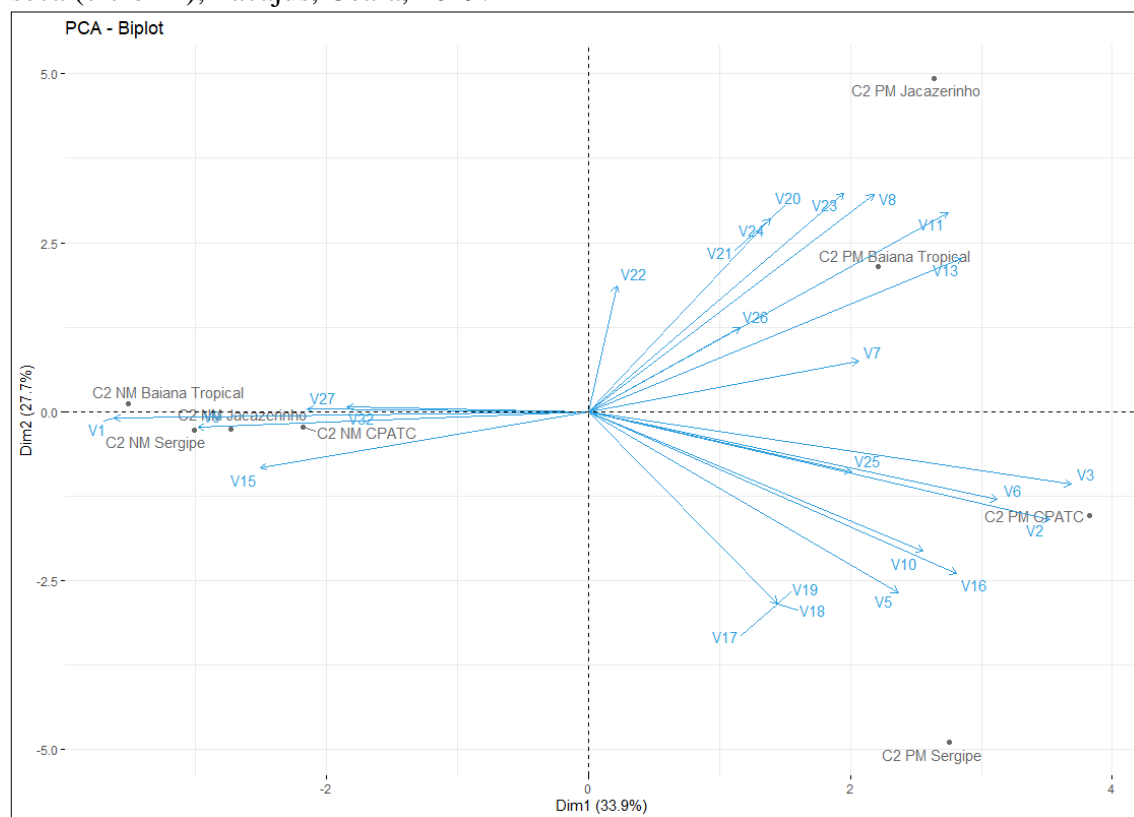
Figura 8. Análise de componentes principais da emissão dos voláteis do néctar (NF) e das pétalas (PF) das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação chuvosa (ciclo II), Pacajus, Ceara, 2019.



V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V4 - 1-Octen-3-ol; V5 - Methyleugenol; V6 - 3-Octanol; V7 - Benzyl nitrile; V8 - Benzeneacetaldehyde; V9 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V10 - 2-Octen-1-ol, (Z)-; V11 - 2-Octen-1-ol, (E)-; V12 - trans-?-Bergamotene; V13 - 2-Hexanamine, 5-methyl-; V14 - 2,3-Dimethylhydroquinone; V15 - 1,3-Benzenediol, 4-ethyl-; V16 - 2-Decenal, (E)-; V17 - 4-Octanol, 4,7-dimethyl-; V18 - 2-Methylbenzaloxime; V19 - Eugenol; V20 - Benzene, (isocyanomethyl)-; V21 - Benzaldehyde; V24 - Benzoic acid, 2-phenylethyl ester; V25 - Phenylethyl Alcohol; V26 - Formic acid, (2-methylphenyl)methyl ester.

O padrão de dispersão dos cultivares em função das emissões dos COVs na estação seca em flores femininas (Figura 10) foi semelhante ao observado nas flores masculinas (Figura 9). Em relação às emissões no néctar, os cultivares foram mais uniformes, com destaque para 1,4-dimethoxybenzene; benzeneacetaldehyde; 1,2,4-trimethoxybenzene; e, benzyl alcohol, também com alta correlação positiva entre si. De outro modo, por meio das emissões no néctar, predominaram os demais COVs identificados nas flores femininas e os genótipos foram mais dispersos, embora os cultivares 'Sergipe' e a progênie CPATC tenham ficado muito próximas. A análise dos componentes principais, no terceiro ciclo, explicou 61% e 67% da variância total das variáveis originais, quanto às flores masculinas e femininas, respectivamente, permitindo boa caracterização do perfil de voláteis dessa matriz.

Figura 9. Análise de componentes principais da de emissão dos voláteis do néctar (NM) e das pétalas (PM) das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca (ciclo III), Pacajus, Ceara, 2019.



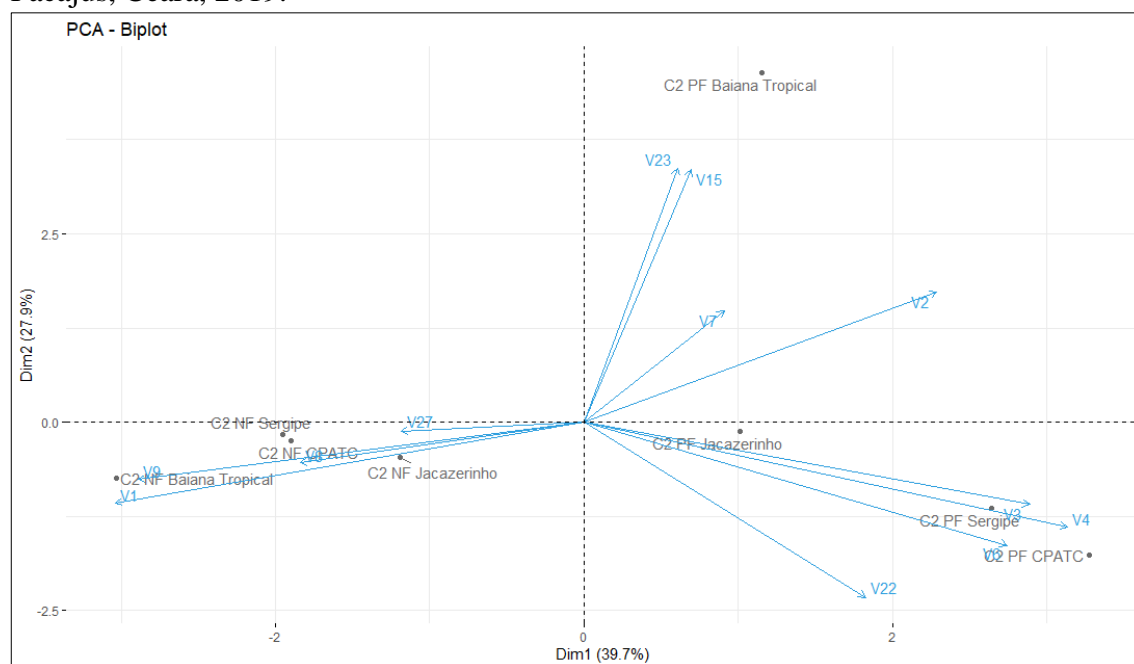
V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - 1-Octen-3-ol; V5 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V6 - 3-Octanol; V7 - 2-Octen-1-ol, (z)-; V8 - 3-Hexen-1-ol; V9 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V10 - Eugenol; V11 - Benzyl nitrile; V13 - 2-Hexenal, (E)-; V15 - Oxime-, methoxy-phenyl-; V16 - 3-Octanone; V17 - Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-; V18 - 2-Hexanamine, 5-methyl-; V19 - 2,4-Difluorobenzene, 1-benzyloxy-; V20 - Benzene, (isocyanomethyl)-; V21 - Formic acid, (2-methylphenyl)methyl ester; V22 - Benzeneacetaldehyde; V23 - Benzoic acid, 2-phenylethyl ester; V24 - 2-Hexen-1-ol, (Z)-; V25 - 4-Ethylbenzoic acid, 2-methylbutyl ester; V26 - 2,3-Octanedione; V27 - Mequinol; V32 - Phenol, 2-methoxy-.

Embora o padrão de dispersão em função dos COVs emitidos se altere, foi possível observar que em relação às flores masculinas que os cultivares CPATC e 'Jacarezinho' e, CPATC e 'Sergipe' estiveram próximos, quanto às emissões no néctar e nas pétalas, respectivamente. Constatou-se ainda, que nas flores masculinas, a correlação positiva entre os compostos 1,4-dimethoxybenzene e 1,2,4-trimethoxybenzene e entre eugenol e cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene- se manteve em ambos ciclos, no néctar e nas pétalas, respectivamente. E, quanto às emissões no néctar das flores femininas, em ambos os ciclos produtivos, todos os cultivares se mantiveram próximos e com correlação positiva entre benzeneacetaldehyde e 1,4-dimethoxybenzene.

Portanto, o padrão da emissão de voláteis variou em função do sexo floral (femininas e masculinas), dos genótipos e das condições climáticas, exceto para o composto 1,4-dimethoxybenzene, que predominou em todas as avaliações, configurando-se como um

COV típico de flores de abóbora. Em flores masculinas e femininas de abobrinha (*Cucurbita pepo* subsp. *Texana*) os compostos identificados de modo mais consistente, em todas as amostras, foram 1,4-dimethoxybenzene e 1,2,4-trimethoxybenzene (FERRARI *et al.* 2006).

Figura 10. Análise de componentes principais da emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca (ciclo III), Pacajus, Ceara, 2019.

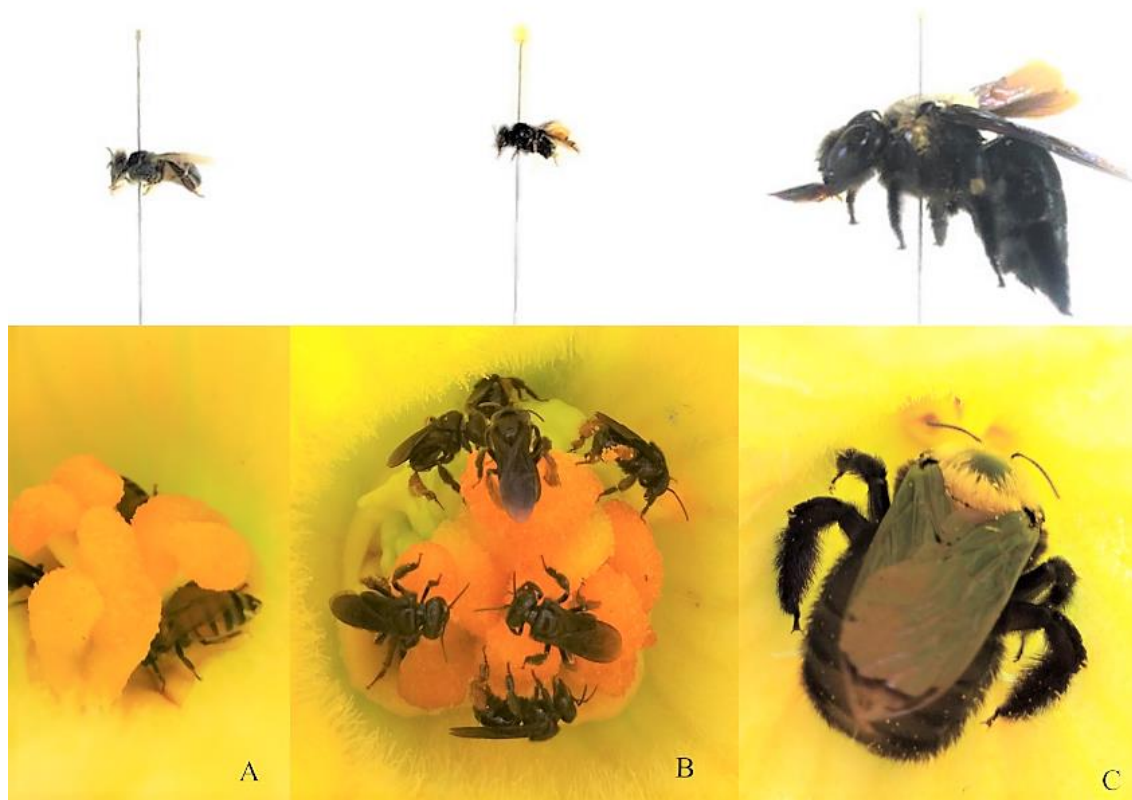


V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-hexanol, 2-ethyl-; V3 - cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V4 - 1-octen-3-ol; V6 - 3-octanol; V7 - benzyl nitrile; V8 - benzeneacetaldehyde; V9 - 1,2,4-trimethoxybenzene; V15 - 1,3-benzenediol, 4-ethyl-; V22 - oxime-, methoxy-phenyl-; V23 - 2-octen-1-ol, (E)-; V27 - benzyl alcohol.

5.5 Potenciais polinizadores e comportamento de forrageio nas flores e no cultivo

Três espécies de abelhas, *Trigona spinipes* Fabricius, *Apis mellifera* Linnaeus e *Xylocopa grisescens* Lepeletier, foram identificadas visitando as flores masculinas e femininas e com comportamento polinizador, frequentando as flores durante toda antese e período de floração da abóbora (Figura 11). Verificou-se a presença de *Trigona spinipes* nas flores masculinas, coletando néctar e pólen, e de *Apis mellifera* e *Xylocopa grisescens* coletando somente néctar nas flores femininas e masculinas. No momento da coleta de néctar nas flores masculinas, os indivíduos tocam a antera e ao sair carregavam pólen nos seus corpos, e ao efetuarem a coleta de néctar nas flores femininas, os mesmos passavam pelos lobos estigmáticos. Isso ocorria devido a posição e estrutura dos nectários, uma vez que na flor masculina ficam na base da antera e na feminina formam um anel em torno do estigma e, assim esses visitantes florais, ao coletarem o recurso, tocam nas estruturas sexuais.

Figura 11. Identificação dos visitantes florais em flores de abóbora (*Cucurbita moschata*). A - *Apis mellifera*; B - *Trigona spinipes*; C - *Xylocopa grisescens*, em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.



As flores abriram por volta das 04h:30min, antes mesmo do nascer do sol, e se fecharam as 10h30min, sendo que após as 09h:30min já começam a murchar, perdendo turgidez. As visitas das abelhas *Trigona spinipes* e *Apis mellifera* nas flores, iniciavam as 06h:00min. Já as primeiras *Xylocopa grisescens*, começavam a frequentar as flores as 05h:00min ainda escuro, mas as observações de forrageio no cultivo foi realizada a partir das 05h:30min quando já havia luz solar viabilizando as análises.

Na análise do comportamento da *Trigona spinipes* (Tabela 11), constatou-se que as abelhas visitaram de forma mais intensa as flores masculinas para coletar néctar e houve menos visitas para coleta de pólen. Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores horários e cultivares. Na coleta de pólen as maiores visitas ocorreram nos dois primeiros horários, as 06h:00min e 07h:00min, diminuindo nos horários seguintes. Entre os cultivares, as visitas para néctar foram maiores ($p < 0,05$) na 'Sergipe' e CPATC entre os horários e em todos os ciclos produtivo, para pólen no ciclo I e III o maior número de visitas foi no cultivar 'Sergipe', no ciclo II foi 'Sergipe' e CPATC. O cultivar 'Jacarezinho' recebeu o menor

número de visitas ($p < 0,05$), tanto para coleta de néctar como pólen, exceto no ciclo III no horário das 07h:00min, no qual o menor valor foi para 'Baiana tropical'.

Tabela 11. Forrageio da *Trigona spinipes* na flor masculina de abóbora ($n = 30$); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Ciclo ¹	Recurso floral	Hora	Cultivares				Média
			Sergipe	Jacarezinho	CPATC	Baiana Tropical	
I	Néctar	06:00	4,20 ± 1,09 bA	2,47 ± 1,04 bB	4,07 ± 1,34 bA	3,27 ± 1,22 abAB	3,50
		07:00	6,30 ± 1,31 aA	3,30 ± 0,75 aC	5,57 ± 1,28 aA	4,20 ± 1,00 aB	4,48
		08:00	4,67 ± 0,80 bA	2,17 ± 0,59 bC	4,43 ± 1,13 abA	2,84 ± 0,79 bB	3,53
		09:00	2,93 ± 1,11 cA	0,37 ± 0,68 cD	1,96 ± 0,93 cB	1,53 ± 0,72 cC	1,70
		Média	4,53	2,08	4,01	2,96	3,39
	Pólen	06:00	2,67 ± 1,06 aA	1,60 ± 1,07 aB	2,27 ± 0,91 aAB	1,57 ± 0,77 aB	2,03
		07:00	2,20 ± 0,99 aA	0,73 ± 0,94 abB	1,43 ± 0,97 bAB	0,93 ± 0,98 aB	1,33
		08:00	0,93 ± 0,91 bA	0,23 ± 0,62 bcAB	0,67 ± 0,84 cAB	0,16 ± 0,38 bB	0,50
		09:00	0,27 ± 0,52 bA	0 ± 0 cB	0 ± 0 dB	0 ± 0 bB	0,07
		Média	1,52	0,64	1,09	0,67	0,98
II	Néctar	06:00	3,23 ± 0,89 bA	2,10 ± 0,60 bB	3,56 ± 1,00 abA	3,01 ± 0,90 abA	2,98
		07:00	4,70 ± 1,14 aA	3,10 ± 0,54 aB	4,90 ± 1,56 aA	3,83 ± 0,83 aAB	4,13
		08:00	3,57 ± 1,38 bA	2,07 ± 0,98 bB	3,83 ± 2,08 abA	2,47 ± 1,36 bcAB	2,98
		09:00	1,80 ± 0,76 cA	0,60 ± 0,77 cC	2,06 ± 1,20 bA	1,23 ± 0,89 cAB	1,43
		Média	3,33	1,97	3,59	2,63	2,88
	Pólen	06:00	1,27 ± 1,01 aAB	0,90 ± 0,80 aB	1,57 ± 0,82 aA	1,13 ± 0,86 aAB	1,22
		07:00	1,10 ± 0,96 aA	0,57 ± 0,67 aA	1,06 ± 1,01 abA	0,70 ± 0,70 aA	0,86
		08:00	0,53 ± 0,58 abA	0,17 ± 0,53 bB	0,50 ± 0,78 bcA	0,07 ± 0,25 bB	0,32
		09:00	0,03 ± 0,18 bA	0,03 ± 0,18 cA	0,03 ± 0,18 cA	0 ± 0 bA	0,03
		Média	0,73	0,42	0,79	0,48	0,60
III	Néctar	06:00	3,03 ± 0,81 b	1,80 ± 0,61 a	2,50 ± 0,57 ab	2,07 ± 0,58 a	2,34
		07:00	4,73 ± 0,63 a	2,33 ± 0,88 a	3,23 ± 1,33 a	2,36 ± 0,81 a	3,17
		08:00	2,70 ± 0,75 b	1,17 ± 0,75 b	1,90 ± 0,96 b	0,93 ± 0,78 b	1,68
		09:00	1,33 ± 0,84 c	0,27 ± 0,52 c	0,56 ± 0,77 c	0,33 ± 0,61 b	0,63
		Média	2,94	1,39	2,05	1,43	1,95
	Pólen	06:00	1,63 ± 0,72 aA	0,53 ± 0,63 aB	0,73 ± 0,74 aB	0,77 ± 0,62 aB	0,92
		07:00	0,87 ± 0,80 bA	0,40 ± 0,62 abB	0,37 ± 0,49 abB	0,17 ± 0,38 bC	0,44
		08:00	0,20 ± 0,41 cA	0,10 ± 0,30 bcAB	0,13 ± 0,34 bAB	0 ± 0 bB	0,11
		09:00	0 ± 0 c	0 ± 0 c	0 ± 0 b	0 ± 0 b	0,00
		Média	0,67	0,26	0,31	0,23	0,37

¹/Ciclo I: 2017-2018 - Período chuvoso sem calagem e adubação do solo; Ciclo II: 2018-2019 - Período chuvoso com correção e adubação do solo; Ciclo III: 2019 - Período seco com correção e adubação do solo.

*Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha mostra resultado significativo ($P < 0,05$) pelo teste de Friedman.

Nas flores femininas (Tabela 12), o comportamento na frequência da coleta de néctar da *Trigona spinipes* houve interação entre horários e cultivares ($p < 0,05$), e o resultado

foi similar as flores masculinas, com um padrão de visitas entre os cultivares em todos os ciclos produtivos, havendo um pico de visitas as 07h:00min e o valor diminui paulatinamente entre os demais horários observados. Entre os cultivares, a frequência de visitas da *Trigona spinipes* se altera perante os ciclos produtivos, no ciclo I o cultivar 'Sergipe' tem o maior número de visitas, nos ciclos II e III são os cultivares 'CPATC' e 'Baiana tropical'. O menor número de visitas foi no cultivar 'Jacarezinho' em todos os ciclos produtivos.

Tabela 12. Forrageio da *Trigona spinipes* na flor feminina de abóbora (n = 12); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Ciclo ¹	Hora	Cultivares				Média
		Sergipe	Jacarezinho	CPATC	Baiana Tropical	
I	06:00	7,08 ± 0,99 bA	4,25 ± 0,96 bC	5,58 ± 1,38 aB	5,42 ± 0,90 bB	5,58
	07:00	8,75 ± 1,29 aA	5,42 ± 1,24 aB	6,42 ± 1,08 aB	6,25 ± 1,22 abB	6,71
	08:00	5,25 ± 0,75 cB	3,83 ± 0,72 bcC	4,25 ± 1,13 bC	6,50 ± 0,91 aA	4,96
	09:00	4,16 ± 0,94 dA	3,08 ± 0,79 cBC	2,17 ± 0,94 cC	3,58 ± 1,08 cAB	3,25
	Média	6,31	4,15	4,60	5,44	5,13
II	06:00	5,75 ± 0,86 aB	3,58 ± 0,79 bC	7,25 ± 0,96 bA	6,00 ± 1,13 cB	5,65
	07:00	6,08 ± 1,44 aB	5,67 ± 0,98 aB	8,83 ± 1,74 aA	8,92 ± 0,99 aA	7,38
	08:00	4,83 ± 0,93 bB	3,66 ± 0,89 bC	6,50 ± 0,90 bA	6,92 ± 0,79 bA	5,48
	09:00	3,58 ± 0,90 cA	2,91 ± 0,79 bA	3,84 ± 1,12 cA	3,75 ± 1,05 dA	3,52
	Média	5,06	3,96	6,60	6,40	5,51
III	06:00	4,67 ± 0,98 abA	2,42 ± 0,99 bB	5,42 ± 1,00 bA	4,58 ± 1,31 bA	4,27
	07:00	5,42 ± 1,24 aB	5,00 ± 1,13 aB	7,58 ± 1,16 aA	6,33 ± 1,67 aAB	6,08
	08:00	4,00 ± 0,74 bA	2,25 ± 0,96 bB	4,42 ± 0,99 bA	5,16 ± 1,47 abA	3,96
	09:00	2,83 ± 0,93 cA	1,92 ± 0,79 bA	2,33 ± 0,89 cA	2,92 ± 1,24 cA	2,50
	Média	4,23	2,90	4,94	4,75	4,20

¹/Ciclo I: 2017-2018 - Período chuvoso sem calagem e adubação do solo; Ciclo II: 2018-2019 - Período chuvoso com correção e adubação do solo; Ciclo III: 2019 - Período seco com correção e adubação do solo.

*Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha mostra resultado significativo (P<0,05) pelo teste de Friedman.

A incidência da *Trigona spinipes* foi de forma natural, embora não houvesse mata nativa próxima ao cultivo, havia três ninhos nas copas dos cajueiros (*Anacardium occidentale*) em torno da área cultivada, hábito de nidificação característico da espécie (GALLO *et al.*, 2002). Essa abelha nativa foi o principal visitante floral da abóbora em todos os genótipos avaliados e ciclos produtivos. Este resultado é similar a Melo *et al.* (2010) e Serra e Campos (2010) que a identificaram como a mais frequente em flores masculinas e femininas de *Cucurbita moschata*. A *Trigona spinipes* também é atrativa em outras espécies do gênero *Cucurbita* e foi descrita como a espécie mais abundante entre os visitantes florais

da abobrinha (*Cucurbita pepo*) (DE SÁ TOREZANI *et al.*, 2016), na abóbora caipira (*Cucurbita mixta*) foi relatada como o segundo maior visitante floral (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2010) e em moranga (*Cucurbita maxima*) é vista como o terceiro inseto mais frequente (NICODEMO; NOGUEIRA-COUTO, 2002). Nestes resultados as visitas foram relatadas somente para coleta de néctar e na presente pesquisa, a *Trigona spinipes* foi atraída também para coletar pólen.

O comportamento de visitas da abelha *Apis mellifera* nas flores da abóbora (Tabela 13) houve interação entre os fatores horários e cultivares ($p < 0,05$). As abelhas visitaram das 06h:00min até 08h:00min, a maior frequência ocorreu nos dois primeiros horários, nas flores masculinas e femininas. Entre os cultivares a frequência nas flores se alterou perante os ciclos, no segundo ciclo nas flores masculinas o 'Jacarezinho' recebeu o maior número de visitas e nas flores femininas foi o 'Sergipe', no ciclo III o CPATC teve maior visitas nas flores masculinas e nas femininas foi o 'Sergipe' e CPATC. Durante o primeiro ciclo produtivo foi observado somente a visita de duas espécies de abelhas: *Trigona spinipes* e *Xylocopa grisescens*. Embora tenha sido transferido três colônias de *Apis mellifera* para próximo do cultivo, dez dias antes do início do florescimento com intuito de condicioná-las ao cultivo.

O número de visitas da *Apis mellifera* foi baixo, mesmo que as flores femininas tenham recebido razoável número de visitas comparado as flores masculinas, a atratividade foi ínfima. Próximo a área das aboboreiras havia o cultivo de caju (*Anacardium occidentale*) e melão (*Cucumis melo*) florescendo e recebendo visita de *Apis mellifera*. Possivelmente, pode ter havido um condicionamento das *Apis mellifera* a coletar recursos nessas espécies de plantas e levado a abóbora a ter nenhuma visita durante o ciclo I e poucas visitas no ciclo II e III.

Em outras espécies do gênero *Cucurbita* a *Apis mellifera* apresenta-se como o principal visitante, como em moranga (*Cucurbita maxima*) (MATSUMOTO; YAMAZAKI, 2013; NICODEMO *et al.*, 2009), abóbora caipira (*Cucurbita mixta*) (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2010), abobrinha (*Cucurbita pepo*) (VIDAL *et al.*, 2010). No entanto, estudos com abóbora mostram que *Apis mellifera* tem baixa frequência de visita nas flores (MELO *et al.*, 2010; SERRA; CAMPOS, 2010), o que foi corroborado na presente pesquisa.

A baixa atratividade das *Apis mellifera* nas flores mostra que essa abelha não é uma espécie ideal para a polinização direcionada na abóbora; ou que para o uso dessa abelha para polinização deve-se ter densidade maior de colônias por área cultivada e sem a distração de outras espécies de plantas florescendo em torno da área cultivada pelo período da manhã.

Tabela 13. Forrageio da *Apis mellifera* L. em flores de abóbora. Masculina (♂ - n = 30) e feminina (♀ - n = 12); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Ciclo ¹	Sexo	Hora	Cultivares				Média	
			Sergipe	Jacarezinho	CPATC	Baiana Tropical		
II	♂	06:00	0,27 ± 0,33 aAB	0,27 ± 0,24 abAB	0,40 ± 0,36 aA	0 ± 0 bB	0,23	
		07:00	0,13 ± 0,16 abBC	0,43 ± 0,34 aA	0,03 ± 0,08 bC	0,23 ± 0,23 aAB	0,21	
		08:00	0,03 ± 0,08 bAB	0,13 ± 0,16 bA	0 ± 0 bB	0 ± 0 bB	0,04	
		Média	0,14	0,28	0,14	0,08	0,16	
	♀	06:00	0,67 ± 0,61 bB	0,92 ± 0,42 aA	0,58 ± 0,57 aB	1,08 ± 0,57 aA	0,81	
		07:00	1,25 ± 1,00 aA	0,83 ± 0,58 aB	1,00 ± 1,19 aAB	1,00 ± 0,38 aAB	1,02	
		08:00	0,50 ± 0,43 bA	0 ± 0 bB	0 ± 0 bB	0,17 ± 0,19 bAB	0,17	
		Média	0,81	0,58	0,53	0,75	0,67	
	III	♂	06:00	0,43 ± 0,60 aB	0,67 ± 0,47 aA	0,57 ± 0,41 bA	0,57 ± 0,23 aA	0,56
			07:00	0,47 ± 0,37 aA	0,43 ± 0,20 aA	0,50 ± 0,60 bA	0,50 ± 0,43 aA	0,48
			08:00	0,20 ± 0,22 bB	0,07 ± 0,10 bB	0,77 ± 0,77 aA	0,20 ± 0,22 bB	0,31
			Média	0,37	0,39	0,61	0,42	0,45
♀		06:00	0,92 ± 0,32 aA	0,75 ± 0,32 aAB	0,58 ± 0,32 bB	0,50 ± 0,33 aB	0,69	
		07:00	0,83 ± 0,58 aAB	0,58 ± 0,50 aB	1,25 ± 1,20 aA	0,58 ± 0,32 aB	0,81	
		08:00	0,42 ± 0,17 bA	0,50 ± 0,43 aA	0,25 ± 0,17 bB	0,08 ± 0,17 bB	0,31	
		Média	0,72	0,61	0,69	0,39	0,60	

^{1/} Ciclo II: 2018-2019 - Período chuvoso com correção e adubação do solo; Ciclo III: 2019 - Período seco com correção e adubação do solo.

*Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha mostra resultado significativo (P<0,05) pelo teste de Friedman.

Na avaliação do comportamento de forrageio na flor, a abelha *Xylocopa grisescens*, houve interação entre os fatores horários e cultivares (p<0,05) na frequência média de visitas das flores masculinas e femininas (Tabela 14). Os dados indicam que houve um padrão entre os horários de visitas em todos os genótipos e ciclos produtivos, com início às 06h:00min e término às 08h:00min, com maior média (p<0,05) de visitas nos dois primeiros horários (06h:00min e 07h:00min) e menor no último. Nas flores masculinas o cultivar 'Baiana tropical' teve o maior número de visitas e nas flores femininas, o maior valor foi nos cultivares 'Sergipe' e 'Baiana tropical', em todos os ciclos produtivos. Não houve nenhuma visita registrada no cultivar CPATC nas flores femininas e masculinas no ciclo I e nas femininas do ciclo III, no 'Sergipe' foi nulo as visitas nas flores masculinas dos ciclos I e II e durante o ciclo III só houve visitas no primeiro horário das flores masculinas em todos os genótipos.

Tabela 14. Forrageio *Xylocopa grisescens* em flores de *Cucurbita moschata*. Masculina (♂ - n = 30) e feminina (♀ - n = 12); Horário (am), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Ciclo	Sexo	Hora	Cultivares				Média
			Sergipe	Jacarezinho	CPATC	Baiana Tropical	
I	♂	06:00	0,40 ± 0,33 aA	0 ± 0 B	0 ± 0 B	0,53 ± 0,35 aA	0,23
		07:00	0,03 ± 0,08 aB	0 ± 0 B	0 ± 0 B	0,40 ± 0,25 aA	0,11
		08:00	0 ± 0 bA	0 ± 0 A	0 ± 0 A	0,03 ± 0,08 bA	0,01
		Média	0,14	0,00	0,00	0,32	0,12
	♀	06:00	0,67 ± 0,27 aA	0,33 ± 0,38 aAB	0 ± 0 B	0,58 ± 0,17 aA	0,35
		07:00	0,42 ± 0,42 aA	0,08 ± 0,17 aB	0 ± 0 B	0,50 ± 0,19 aA	0,31
		08:00	0,17 ± 0,19 bA	0 ± 0 aB	0 ± 0 B	0 ± 0 bB	0,11
		Média	0,42	0,14	0,0	0,36	0,23
II	♂	06:00	0,43 ± 0,34 aA	0 ± 0 B	0,33 ± 0,39 aA	0,43 ± 0,23 aA	0,30
		07:00	0,20 ± 0,22 bAB	0 ± 0 B	0,13 ± 0,21 bAB	0,33 ± 0,33 aA	0,17
		08:00	0,03 ± 0,08 cA	0 ± 0 A	0,03 ± 0,08 bA	0 ± 0 bA	0,02
		Média	0,22	0,00	0,17	0,26	0,16
	♀	06:00	0,42 ± 0,32 aA	0,25 ± 0,32 aB	0,58 ± 0,17 aA	0,50 ± 0,19 aA	0,26
		07:00	0,17 ± 0,19 bAB	0 ± 0 bB	0,50 ± 0,43 aA	0,33 ± 0,27 aA	0,31
		08:00	0,08 ± 0,17 bA	0 ± 0 bA	0 ± 0 bA	0 ± 0 bA	0,08
		Média	0,22	0,08	0,36	0,28	0,24
III	♂	06:00	0,03 ± 0,08 aB	0,17 ± 0,20 aAB	0,03 ± 0,08 aB	0,23 ± 0,15 aA	0,12
		07:00	0 ± 0 a	0 ± 0 b	0 ± 0 a	0 ± 0 b	0,00
		08:00	0 ± 0 a	0 ± 0 b	0 ± 0 a	0 ± 0 b	0,00
		Média	0,01	0,06	0,01	0,08	0,04
	♀	06:00	0,25 ± 0,17 aAB	0,08 ± 0,17 aAB	0 ± 0 B	0,33 ± 0,27 aA	0,21
		07:00	0,08 ± 0,17 aA	0 ± 0 bB	0 ± 0 B	0,25 ± 0,32 aA	0,19
		08:00	0 ± 0 b	0 ± 0 b	0 ± 0	0 ± 0 b	0,00
		Média	0,11	0,03	0,00	0,19	0,04

¹/Ciclo I: 2017-2018 - Período chuvoso sem calagem e adubação do solo; Ciclo II: 2018-2019 - Período chuvoso com correção e adubação do solo; Ciclo III: 2019 - Período seco com correção e adubação do solo.

*Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha mostra resultado significativo (P<0,05) pelo teste de Friedman.

A análise do comportamento de forrageio no cultivo, só foi possível realizar na *Xylocopa grisescens*. A mensuração no tempo de visita, nas outras espécies de abelha não foi possível, pois não tinham um padrão de tempo durante a coleta dos recursos, ao mesmo tempo que um indivíduo durava pouco tempo durante uma coleta um outro indivíduo passava longo tempo na coleta, havendo alta variação entre os indivíduos. Ademais, a contagem do número de indivíduos e o acompanhamento na rota de visitas no cultivo tornou-se inviável pelo seu porte físico, com isso impossibilitou a análise nas abelhas *Trigona spinipes* e *Apis mellifera*.

O comportamento de forrageio da *Xylocopa grisescens* dentro do cultivo da abóbora (Tabela 15), houve maior incidência de abelhas no primeiro horário observado (05h:30min) e o número diminui pouco a pouco nos horários seguintes. A interação foi significativa ($p < 0,05$) para os fatores horário e ciclos produtivos, exceto para o número de visitas, sendo que os fatores isolados apresentaram diferença entre os horários, no qual as 05h:30min os indivíduos visitaram menos ao entrar no cultivo e no último horário (07h:00min) o número de visitas nas flores é maior ($p < 0,05$). O tempo de visitação nas flores acontece o inverso ao número de visitas, as abelhas têm maior tempo nos primeiros horários e o tempo de visita diminui nos horários seguintes, em todos os cultivares.

Tabela 15. Comportamento de forrageio *Xylocopa grisescens* no cultivo de abóbora. Horário (am); (n = 10), em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2017 a 2019.

Horário	Ciclo ¹			Média
	I	II	III	
	<i>Número de abelhas</i>			
5h:30min	11,60 bA	14,70 aA	8,10 cA	11,47
6h:00min	9,80 aA	10,80 aA	5,40 bB	8,67
6h:30min	7,90 aB	7,80 aB	4,70 bBC	6,80
7h:00min	6,00 aC	6,70 aC	4,30 bC	5,67
Média	8,83	10,00	5,63	8,15
	<i>Número de visitas</i>			
5h:30min	4,10	3,80	4,50	4,13 d
6h:00min	5,40	5,20	4,70	5,10 c
6h:30min	6,10	5,80	6,40	6,10 b
7h:00min	9,60	9,60	7,90	9,03 a
Média	6,30 A	6,10 A	5,88 A	6,09
	<i>Tempo de visitação (s)</i>			
5h:30min	13,50 aA	13,81 aA	11,25 aB	12,78
6h:00min	12,09 bA	12,48 bA	10,70 abB	11,79
6h:30min	9,54 cB	9,89 cAB	10,26 bA	9,90
7h:00min	6,62 dB	7,83 dA	7,32 cA	7,26
Média	9,62	10,23	9,55	9,80

¹/Ciclo I: 2017-2018 - Período chuvoso sem calagem e adubação do solo; Ciclo II: 2018-2019 - Período chuvoso com correção e adubação do solo; Ciclo III: 2019 - Período seco com correção e adubação do solo.

*Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha mostra resultado significativo ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O padrão de comportamento da *Xylocopa grisescens* dentro do cultivo é bem definido, apresentando nos primeiros horários do dia maior número de abelhas (11,47 e 8,67) e com visitação em menor número de flores (4,13 e 5,10) e maior tempo de duração de visitas (12,78s e 11,79s). No decorrer dos horários, o número de abelhas diminui (6,80 e 5,67), o número de visitas aumenta (6,10 e 9,03) e o tempo de visitas vão sendo menores (9,90s e 7,26s). Isso ocorre pelo fato da *Xylocopa grisescens* coletar somente néctar e em *Cucurbita* a

secreção ocorre logo à antese (DMITRUK, 2008; NEPI *et al.*, 2011; EDGE *et al.*, 2012). Assim como visto na presente pesquisa (Tabelas 4 e 5), no qual a secreção inicia logo na antese e há reposição do néctar pelos nectários, conforme há coleta. Com isso, nos primeiros horários do dia tem alta oferta desse recurso, conseqüentemente, a atratividade para o cultivo é maior, havendo maior número de abelhas e maior tempo coletando o recurso que se encontra de forma abundante. Conseqüentemente, o número de visitas é menor, pois poucas visitas supri a necessidade de coleta do indivíduo.

Os dados de produção (Tabela 16) apresentam contraposição entre os ciclos II (período chuvoso) e III (período de estiagem). Não houve interação entre os fatores ciclos produtivos e cultivares ($p > 0,05$). No entanto, nos fatores isolados, o maior número de frutos por planta ($p < 0,05$) no ciclo II e entre os genótipos avaliados o maior número de frutos por planta foi a 'Baiana tropical' e 'Jacarezinho' e a massa média dos frutos foi o cultivar 'Sergipe'. O vingamento dos frutos em polinização aberta foi maior no ciclo II e entre os cultivares avaliados chega as ótimas porcentagens médias de 98,11% e 90,88% no 'Baiana tropical' e 'Jacarezinho', respectivamente. Nos cultivares 'CPATC' e 'Sergipe', o vingamento diminui drasticamente (-50%) no ciclo III.

O número de visitas das abelhas nas flores femininas também diminuiu entre os ciclos II e III, melhor evidenciado nas abelhas *Trigona spinipes* e *Xylocopa grisescens*, porém de forma tênue. No entanto, as maiores visitas recebidas foram para o cultivar 'CPATC' ao qual apresentou o menor vingamento (49,58%) entre os cultivares. A média de 3.96 visitas de *Trigona spinipes* por horário (Tabela 12) na 'Jacarezinho', a menor entre os demais cultivares, foi suficiente para obter 99,64% de vingamento dos frutos (Tabela 16).

A eficiência de polinização por intermédio da *Trigona spinipes* no cultivar 'Jacarezinho' foi analisado por Melo (2010) e constatou que o vingamento dos frutos foi conforme o número de visitas, obtendo como resultado a maior porcentagem (60%) com quatro visitas. O autor atribuiu ao pequeno tamanho do corpo dessa abelha, o fato de carregar pequena quantidade de grãos de pólen. Sendo que, na mesma pesquisa, a polinização aberta resultou em 90% no vingamento dos frutos, recebendo visitas das abelhas *Trigona spinipes* (82,95%), *Apis mellifera* (10,95%), *Xylocopa frontalis* (0,32%).

Tabela 16. Produção dos frutos em polinização aberta de abóbora em ensaios estabelecidos em Pacajus, Ceará, 2018 a 2019.

Ciclo ¹	Cultivares				Total
	Baiana Tropical	CPATC	Jacarezinho	Sergipe	
	<i>total de flores emitidas</i>				
II	215	177	275	123	790
III	104	86	123	53	366
Total	319	263	398	176	1156
	<i>total de frutos comerciais</i>				
II	211	122	274	117	724
III	102	26	101	25	254
Total	313	148	375	142	978
	<i>percentual de vingamento dos frutos</i>				
II	98,14	68,93	99,64	95,12	90,46
III	98,08	30,23	82,11	47,17	64,40
Média	98,11	49,58	90,88	71,15	77,43
	<i>número de frutos por planta</i>				
II	8,79	5,08	11,42	4,88	7,54 a
III	4,25	1,08	4,21	1,04	2,65 b
Média	6,52 A	3,08 B	7,81 A	2,96 B	5,09
	<i>massa média dos frutos (kg)</i>				
II	1,80	3,17	1,82	3,37	2,54 a
III	1,91	2,27	2,32	3,21	2,43 a
Média	1,86 B	2,72 AB	2,07 AB	3,29 A	2,48

¹/Ciclo II: 2018-2019 - Período chuvoso com correção e adubação do solo; Ciclo III: 2019 - Período seco com correção e adubação do solo.

*Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha mostra resultado significativo ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os resultado de Melo (2010) é aderente aos encontrados nesta pesquisa que mostra a *Trigona spinipes* como potencial polinizador da cultura, além da análise do comportamento de forrageio que corrobora com se entende segundo Freitas e Paxton (1996) como polinizador efetivo, no qual a espécie de abelha seja atraída pelas flores da cultura, tenha fidelidade nas visitas, transporte em seu corpo quantidade de pólen ideal, viável e compatível e que visite as flores quando os estigmas estejam receptivos.

As abelhas *Apis mellifera* com uma visita nas flores femininas apresenta 25% de frutificação (SERRA; CAMPOS, 2010), uma eficiência moderada, mas na presente pesquisa a atratividade e fidelidade a cultura foi baixa. A *Xylocopa grisescens* o comportamento de forrageio na flor para coleta de néctar também foi baixo (Tabela 14), principalmente em relação a frequência da *Trigona spinipes*, no entanto no comportamento no cultivo (Tabela 16), um mesmo indivíduo visita muitas flores e no momento que as abelhas capturavam o néctar nas flores masculinas, se apoiavam na antera (Figura 11C) e saem com grande quantidade de grãos de pólen no corpo.

A abelha *Xylocopa grisescens* por ser de grande porte e pela morfologia do nectário em formato de anel na base do estilete em flores da abóbora, ao visitar as flores femininas tocavam, inevitavelmente, os lobos estigmáticos. Vale ressaltar que a área de 0,6 ha é grande para obter taxas altas de frequência, haja visto que a *Xylocopa grisescens* são parassociais e a incidência no cultivo foi de forma natural. É preciso fazer testes da eficiência polinizadoras e inserir colônias racionais no cultivo.

A diminuição na frutificação nos cultivares CPATC e 'Sergipe' entre os ciclos II e III, pode ser pelas alterações na frequência dos visitantes florais mencionados, ou devida as condições climáticas que durante o terceiro ciclo a média da temperatura do ar se elevou em 0,6 °C, a umidade relativa se manteve, entretanto o acúmulo de água durante todo período experimental foi de 6,7 mm, considerado período seco pela ausência de precipitação pluviométrica. Outro efeito pode ser genético, onde a estabilidade fenotípica em cultivares comerciais de abóbora são maiores, com isso os efeitos ambientais são atenuados, considerando o número de frutos (SANTOS *et al.*, 2015; GOMES *et al.*, 2020) sendo que o número de frutos e a emissão de flores femininas tem alta correlação positiva (SULTANA *et al.*, 2015). Provavelmente, possa ser a ação conjunta de todos esses fatores, considerando a polinização determinante para a frutificação em abóbora.

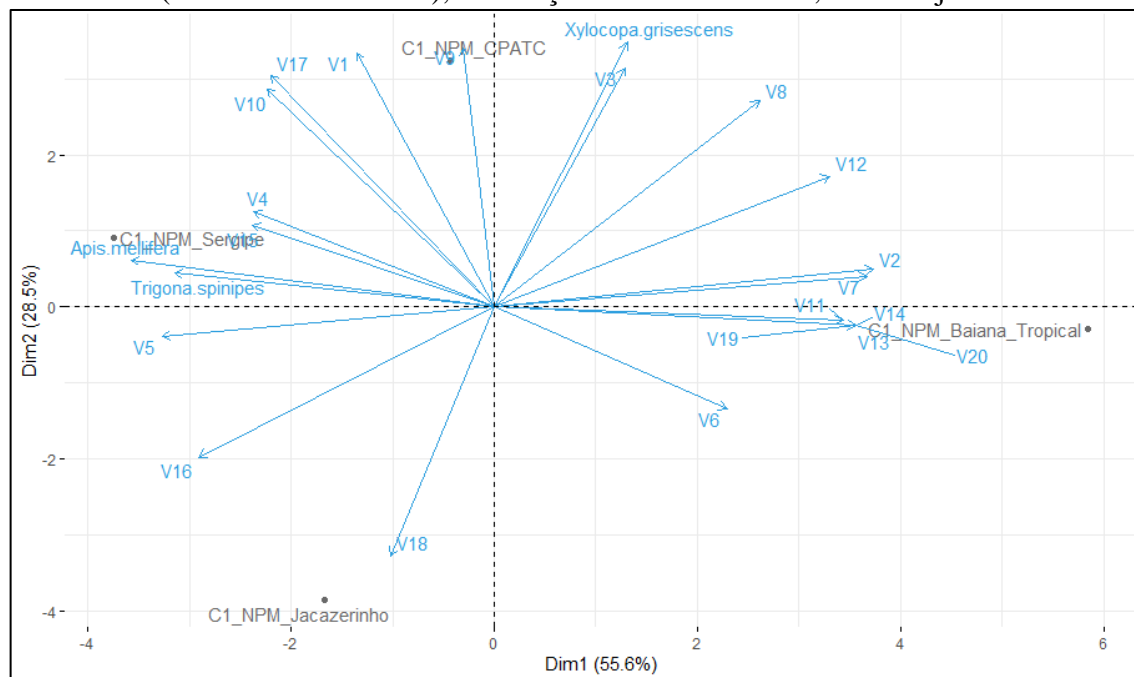
5.6 Interação entre as visitas das abelhas e os COVs

A análise de componentes principais, considerando a área absoluta dos COVs emitidos pelo néctar e pétala e a visitação das abelhas nas flores masculinas durante o segundo ciclo (Figura 12), mostra uma separação bem definida entre os cultivares. As espécies de abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* estão próximas do cultivar 'Sergipe' e *Xylocopa grisescens* ao CPATC. O 1,4-dimethoxybenzene, composto majoritário, não apresentou correlação com a visitação de todas as espécies de abelhas, enquanto que methyleugenol e mequinol apresentaram correlação positiva com a visitação de *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, e o 1-octen-3-ol com as visitas de *Xylocopa grisescens*.

Houve correlação negativa nas flores masculinas durante o segundo ciclo (Figura 12) entre as visitas das abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* e os compostos 1-hexanol, 2-ethyl-, 2-octen-1-ol, (z)-, benzyl nitrile, 2-hexenal, (e)-, 2-decenal, (e)-, benzoic acid, 2-phenylethyl ester e 1,4-benzenediol, 2,5-dimethyl-, sendo estes próximos ao cultivar 'Baiana tropical'. Já *Xylocopa grisescens* apresentou-se correlacionada negativamente somente com o 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester, sendo este composto o único próximo ao 'Jacarezinho'. Os dados representam valores elevados para

todas as variáveis analisadas, que explica mais de 84,1% da variação referentes aos COVs e a visitação das abelhas nas flores masculinas.

Figura 12. Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora (*Curcubita moschata*), na estação chuvosa de 2019, em Pacajus-CE.



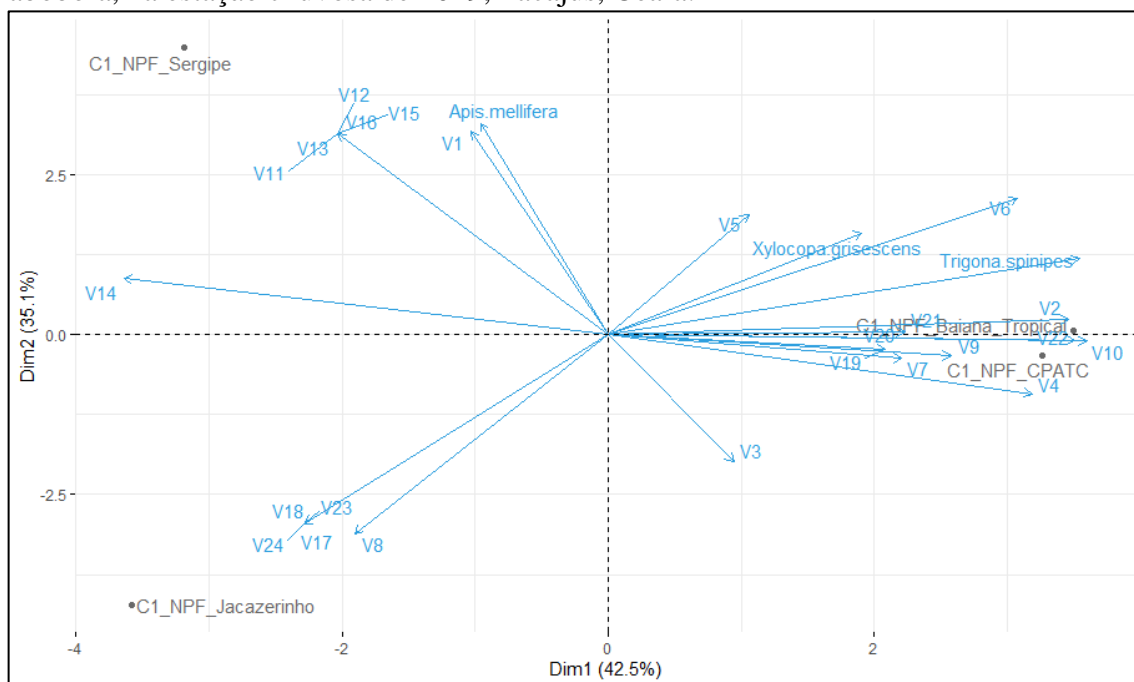
V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - 1-Octen-3-ol; V4 - Methyleugenol; V5 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V6 - 3-Octanol; V7 - 2-Octen-1-ol, (z)-; V8 - 3-Hexen-1-ol; V9 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V10 - Eugenol; V11 - Benzyl nitrile; V12 - Benzaldehyde; V13 - 2-Hexenal, (E)-; V14 - 2-Decenal, (E)-; V15 - Mequinol; V16 - 2-Propen-1-ol, 3-phenyl-; V17 - Cinnamaldehyde, (E)-; V18 - 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester; V19 - Benzoic acid, 2-phenylethyl ester; V20 - 1,4-Benzenediol, 2,5-dimethyl-.

Na flor feminina, a análise de componentes principais da área absoluta dos COVs emitidos pelo néctar e pétala e a visitação das abelhas no ciclo II (Figura 13), mostrou a aproximação das abelhas *Xylocopa grisescens* e *Trigona spinipes* aos cultivares 'Baiana tropical' e 'CPATC'. *Apis mellifera* encontra-se próxima a 'Sergipe' com correlação positiva entre os compostos 1,4-dimethoxybenzene; 2-octen-1-ol, (e)-; trans- α -bergamotene; 2-hexanamine, 5-methyl-; 1,3-benzenediol, 4-ethyl-; 2-decenal, (e)- e correlacionada negativamente com o cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-.

As abelhas *Xylocopa grisescens* e *Trigona spinipes* estão correlacionados positivamente com a maioria dos compostos, entre eles: 1-hexanol, 2-ethyl- / methyleugenol / 1-octen-3-ol / 3-octanol / 1,2,4-trimethoxybenzene / benzyl nitrile / 2,3-dimethylhydroquinone / - 2-octen-1-ol, (z)- / eugenol / benzene, (isocyanomethyl) /

benzaldehyde. Os compostos benzeneacetaldehyde / 4-octanol, 4,7-dimethyl- / 2-methyl-benzaldoxime / phenylethyl alcohol e formic acid, (2-methylphenyl) methyl ester, apresentaram correlação negativa nas flores femininas em todas as variáveis analisadas, explicando mais de 77,6% da variação.

Figura 13. Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação chuvosa de 2019, Pacajus, Ceara.



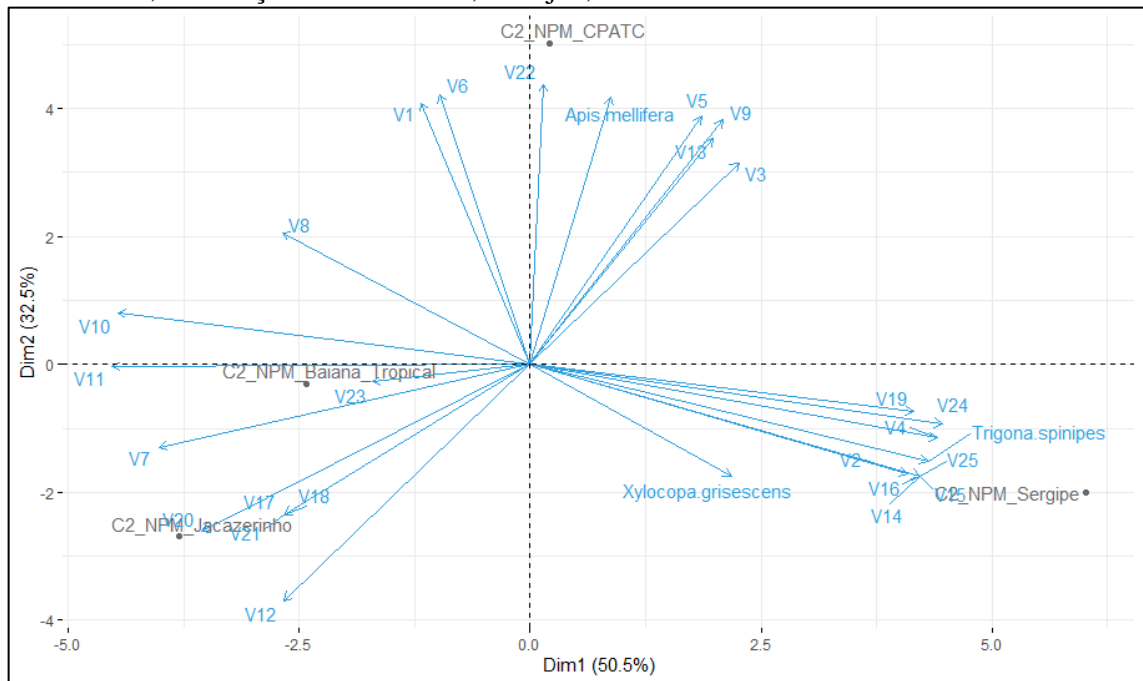
V1 - 1,4-dimethoxybenzene ; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V4 - 1-Octen-3-ol; V5 - Methyleugenol; V6 - 3-Octanol; V7 - Benzyl nitrile; V8 - Benzeneacetaldehyde; V9 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V10 - 2-Octen-1-ol, (Z)-; V11 - 2-Octen-1-ol, (E)-; V12 - trans- α -Bergamotene; V13 - 2-Hexanamine, 5-methyl-; V14 - 2,3-Dimethylhydroquinone; V15 - 1,3-Benzenediol, 4-ethyl-; V16 - 2-Decenal, (E)-; V17 - 4-Octanol, 4,7-dimethyl-; V18 - 2-Methylbenzaldoxime; V19 - Eugenol; V20 - Benzene, (isocyanomethyl)-; V21 - Benzaldehyde; V22 - Benzoic acid, 2-phenylethyl ester; V23 - Phenylethyl Alcohol; V24 - Formic acid, (2-methylphenyl)methyl ester.

Na estação seca (ciclo III), para a análise de componentes principais da área absoluta dos COVs emitidos pelo néctar e pétala e a visitação das abelhas nas flores masculinas (Figura 14), as abelhas *Xylocopa grisescens* e *Trigona spinipes* estão próximas do cultivar 'Sergipe' e apresentaram correlação positiva com os compostos 1-hexanol, 2-ethyl-; benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-; 2-hexanamine, 5-methyl-; 2,4-difluorobenzene, 1-benzyloxy-; benzeneacetaldehyde; mequinol; phenol, 2-methoxy-; e correlação negativa com os compostos 1,2,4-trimethoxybenzene e benzyl nitrile.

O composto 1,4-dimethoxybenzene, do mesmo modo que no ciclo II, não tem correlação com nenhuma visita das abelhas nas flores masculinas. *Apis mellifera* está

próxima ao cultivar CPATC e correlacionado positivamente com os compostos 1-octen-3-ol; 3-octanol; eugenol; 3-octanone e com correlação negativa somente com o oxime-, methoxy-phenyl-. Os dados representam valores elevados para todas as variáveis analisadas, que explica mais de 83% da variação referentes aos COVs e a visitação das abelhas nas flores masculinas no terceiro ciclo.

Figura 14. Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores masculinas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca de 2019, Pacajus, Ceara.

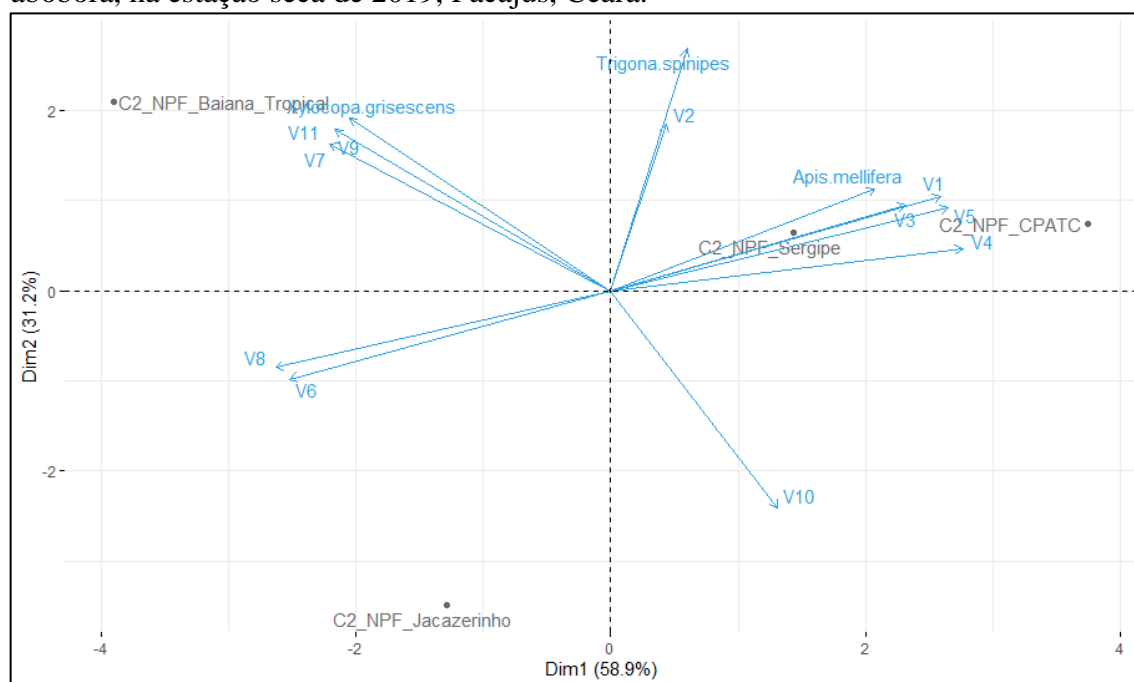


V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - 1-Octen-3-ol; V4 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V5 - 3-Octanol; V6 - 2-Octen-1-ol, (z)-; V7 - 3-Hexen-1-ol; V8 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V9 - Eugenol; V10 - Benzyl nitrile; V11 - 2-Hexenal, (E)-; V12 - Oxime-, methoxy-phenyl-; V13 - 3-Octanone; V14 - Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-; V15 - 2-Hexanamine, 5-methyl-; V16 - 2,4-Difluorobenzene, 1-benzyloxy-; V17 - Benzene, (isocyanomethyl)-; V18 - Formic acid, (2-methylphenyl)methyl ester; V19 - Benzeneacetaldehyde; V20 - Benzoic acid, 2-phenylethyl ester; V21 - 2-Hexen-1-ol, (Z)-; V22 - 4-Ethylbenzoic acid, 2-methylbutyl ester; V23 - 2,3-Octanedione; V24 - Mequinol; V25 - Phenol, 2-methoxy-.

Na análise de componentes principais, considerando a área absoluta dos COVs emitidos pelo néctar e pétala e a visitação das abelhas nas flores femininas durante o terceiro ciclo, há separação entre os cultivares e as espécies de abelhas visitantes (Figura 15). *Apis mellifera* está próxima do cultivar 'Sergipe' e da progênie CPATC, com correlação positiva entre os compostos 1,4-dimethoxybenzene; 1-octen-3-ol; 3-octanol, enquanto *Trigona spinipes* apresentou correlação positiva com o composto 1-hexanol, 2-ethyl- e ambas as espécies de abelhas, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, apresentaram correlação negativa com os compostos benzyl nitrile e 1,2,4-trimethoxybenzene. *Xylocopa*

grisescens, por sua vez, apresentou aproximação ao cultivar 'Baiana tropical' e correlacionada positivamente com os compostos benzeneacetaldehyde; 1,3-benzenediol, 4-ethyl-; 2-octen-1-ol, (e)- e correlação negativa com o composto oxime-, methoxy-phenyl-. Nas flores femininas em todas as variáveis analisadas, explica 90,1% da variação.

Figura 15. Análise de componentes principais da visitação das abelhas polinizadoras e a emissão dos voláteis do néctar e das pétalas das flores femininas de quatro genótipos de abóbora, na estação seca de 2019, Pacajus, Ceara.



V1 - 1,4-dimethoxybenzene; V2 - 1-Hexanol, 2-ethyl-; V3 - Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-; V4 - 1-Octen-3-ol; V5 - 3-Octanol; V6 - Benzyl nitrile; V7 - Benzeneacetaldehyde; V8 - 1,2,4-Trimethoxybenzene; V9 - 1,3-Benzenediol, 4-ethyl-; V10 - Oxime-, methoxy-phenyl-; V11 - 2-Octen-1-ol, (E)-.

O padrão de correlação entre os COVs e as visitas se altera entre os ciclos e entre os sexos nas flores dos diferentes cultivares, no entanto o composto 1,4-dimethoxybenzene, majoritário nas amostras, não tem correlação entre as visitas das abelhas nas flores masculinas e nas flores femininas tem correlação positiva com *Apis mellifera*, em todos os ciclos produtivos. Na estação chuvosa (ciclo II), o composto methyleugenol tem correlação positiva com as visitas da *Trigona spinipes* e o 1-octen-3-ol com a *Xylocopa grisescens* igual para ambos os sexos das flores, e no terceiro ciclo foram iguais as correlações positivas entre os sexos das flores, 1-octen-3-ol e *Apis mellifera*, 1-hexanol, 2-ethyl- e *Trigona spinipes* e o benzeneacetaldehyde e *Xylocopa grisescens*. Entre os ciclos houve correlação positiva igual nas flores masculinas entre o composto mequinol e a

abelha *Trigona spinipes*, e nas flores femininas entre 1-hexanol, 2-ethyl- e a *Trigona spinipes*, 2-octen-1-ol e a *Xylocopa grisescens*.

As correlações negativas dos COVs se alteram totalmente entre os sexos das flores perante os ciclos produtivos em todos os genótipos nas visitas de cada espécie de abelha. O composto benzyl nitrile é o único comum as flores masculinas e femininas, presente no néctar, correlacionado negativamente com todas as espécies de abelhas visitantes. Esse composto atua na proteção das plantas com ação antibacteriana e antifúngica (KURT; GÜNE; SOYLU, 2011; WILSON *et al.*, 2013; HE *et al.*, 2017). Do mesmo modo, o 2-hexenal, (e)-, composto comum nas pétalas em ambos os ciclos, teve correlação negativa nas visitas das abelhas *Trigona spinipes* e *Apis mellifera* nas flores masculinas, o qual apresenta também função importante na defesa, com ação antimicrobiana que serve para proteger a superfície do tecido vegetal contra ação de patógenos como fungos e bactérias (BALDWIN *et al.*, 2010; DICKE; BALDWIN, 2010).

Os COVs da classe dos terpenos têm função conhecida, estão diretamente relacionados com a atração de polinizadores (FILELLA *et al.*, 2013), na presente pesquisa somente o methyleugenol teve correlação positiva com as visitas de *Trigona spinipes*, *Apis mellifera* e *Xylocopa grisescens*. As demais classes químicas ao qual pertencem os compostos com correlação positiva para as visitas das abelhas, foram em sua grande maioria álcool e aldeído, e os demais pertencem a hidrocarboneto aromático. Dentre os principais compostos correlacionados positivamente com as visitas das abelhas, os que apresentam respostas comportamentais de atração comprovada são o 1-Octen-3-ol, considerado como atrativo para insetos, em geral dípteras (DUDAREVA; PICHERSKY, 2006) e há evidências de respostas positivas em bioensaios do composto majoritário (Benzene, 1,4-dimethoxy) para atração da abelha *Andrena vaga* (DÖTTERL *et al.*, 2005).

Um único composto pode não levar a resposta da visitação, mas o conjunto de compostos é que caracteriza o odor único emitido pelas flores dos diferentes genótipos, e esse conjunto de compostos age para atrair os polinizadores (SCHIESTL, 2010). Não obstante, um composto em particular pode ter maior atração positiva para diferentes espécies de abelhas e condicionar a diferença na visitação, sendo um canal específico para relação da planta com seu polinizador, como no caso do 1,2,4-trimethoxybenzene e o cinnamaldehyde, (E) que tem atração direta em *Eucera (Peponapis) pruinoso*, conhecida como abelha da abóbora, por visitar exclusivamente flores do gênero *Cucurbita* na América do Norte (ANDREWS; THEIS; ADLER, 2007). O 1,2,4-trimethoxybenzene e o cinnamaldehyde,(e) foram identificados nas flores de *Cucurbita moschata* na presente

pesquisa, porém não de forma majoritária. Destes compostos, correlação positiva foi encontrada somente para o 1,2,4-trimethoxybenzene e as visitas da *Xylocopa grisescensis* e *Trigona spinipes* em flores femininas.

Assim, possivelmente um composto específico que apresente correlação positiva pode atrair fortemente a visita de uma espécie de abelha, enquanto que os demais COVs que compõe o odor da flor podem agir de forma mais generalista. Com isso a planta pode ter maior benefício, ao mesmo tempo em que atrai um polinizador específico pode também atrair outras espécies de abelhas para visitar a flor e ter uma complementariedade na polinização. Nos cultivares estudados, 'Jacarezinho' apresentou a maior emissão de flores femininas e masculinas, enquanto que 'Sergipe' comportou-se de forma oposta. Por outro lado, na produção de néctar e pólen ocorreu o inverso, com um menor volume de néctar e números de grãos de pólen produzidos por antera no cultivar 'Jacarezinho', e maiores no 'Sergipe'. No que se refere a polinização em si, o cultivar 'Sergipe' atraiu a maior quantidade de visitas das abelhas *Trigona spinipes*, *Xylocopa grisescensis* e *Apis mellifera*, nas flores femininas e masculinas, enquanto que 'Jacarezinho' foi o menos visitado pelas três abelhas. No entanto, o vingamento dos frutos foi maior nos cultivares comerciais 'Jacarezinho' e 'Baiana tropical'. Considerando a necessidade da aboboreira de ser polinizada por agentes bióticos e sendo as abelhas seus principais polinizadores, um maior número de visitas por flores deveria beneficiar o cultivar 'Sergipe', no entanto 'Jacarezinho', o menos visitado apresentou um percentual de vingamento maior. Além de fatores genéticos, a explicação pode ser pelo fato de que o número de polinizadores na área (nativos e introduzidos) foi grande o suficiente para assegurar que todos os cultivares fossem bem visitados, apesar da preferência claramente demonstrado pelas flores mais ricas em néctar do cultivar 'Sergipe'. Talvez em uma situação de limitação de polinizadores, a estratégia de maior produção de néctar por flor de 'Sergipe' se mostrasse mais vantajosa do que a de maior produção de flores de 'Jacarezinho'.

6 CONCLUSÕES

O estudo permite concluir que o padrão geral de floração da abóbora independe do genótipo e as condições de cultivo, se caracterizando pela emissão inicial das flores masculinas, seguida por flores femininas, a partir de então havendo a produção concomitante dos dois tipos de flores. A aboboreira apresenta variações morfométricas nas flores masculinas e femininas em função do genótipo e das condições de cultivo. O maior número de flores masculinas em relação a flores femininas favorece a polinização cruzada intermediada por agentes polinizadores.

A produção de néctar nas flores da aboboreira é estimulada pela remoção do conteúdo nos nectários e não há reabsorção em volume de néctar o que contribui para a flor receber um maior número de visita de agentes polinizadores. O número de grãos de pólen é variável perante as condições de cultivo e entre os diferentes genótipos.

Os COVs produzidos pelos cultivares de abóbora testados variam entre si, tanto no néctar quanto na pétala. Além disso, os fatores edafoclimáticos temperatura do ar, índice pluviométrico e umidade relativa do ar influenciam no perfil dos compostos orgânicos voláteis das flores masculinas e femininas de abóbora, fazendo com que o padrão de emissão de COVs se altere tanto entre ciclos produtivos quanto entre tipos de flores. O composto 1,4-dimethoxybenzene é predominante nas flores de abóboras, sendo o marcador químico da espécie em estudo. Esses perfis variáveis de COVs devem ser levados em consideração tanto para a polinização como proteção da cultura contra fitófagos.

A abelha *Trigona spinipes* é o polinizador efetivo na abóbora com maior frequência nas flores coletando pólen e néctar e *Xylocopa grisescens* apresentou-se como potencial polinizador, com os comportamentos de forrageio dessas espécies se mostrando adequados para a polinização das flores.

Há correlação positiva entre as espécies de abelhas e diferentes COVs presentes no néctar e pétala de abóbora: 1,4-dimethoxybenzene com *Apis mellifera* nas flores femininas; methyleugenol e 1-hexanol, 2-ethyl- para visitas da *Trigona spinipes*, e 1-octen-3-ol e o 2-octen-1-ol com *Xylocopa grisescens*, nas flores femininas e masculinas.

O trabalho contribui com informações importantes para ajustes na polinização em áreas cultivadas com abóbora, podendo ser utilizado como referência para o manejo de polinizadores criados em colmeias, como *Apis mellifera*, e o desenvolvimento de sistemas de criação e manejo de polinizadores silvestres como *Trigona spinipes* e *Xylocopa grisescens*.

Também demonstra a importância da conservação de ninhos naturais e a vegetação nativa no entorno das áreas agrícolas e adoção de práticas amigáveis aos polinizadores.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 5 online ed. Texensis Publishing, 2017.
- AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Recursos florais. *In*: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 129-140.
- ALVES, M. G. V. 2000. Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) e produção de pólen e néctar em aboboreira (*Cucurbita pepo* L.). 2000. 120 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2000.
- AMARAL, E.; MITIDIERI, J. Polinização da aboboreira. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 23, p. 121-128, 1966.
- ANDERSEN, J. F. The composition of the floral odor of *Cucurbita maxima* Duchesne (*Cucurbitaceae*). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 35, n. 1, p. 60-62, 1987.
- ANDREWS, E. S.; THEIS, N.; ADLER, L. S. Pollinator and herbivore attraction to *cucurbita* floral volatiles. **Journal of chemical ecology**. v. 33, n. 9, p. 1682–1691, 2007.
- LANZA, J., SMITH, G.C., SACK, S.; CASH, A. Variation in nectar volume and composition of *Impatiens capensis* at the individual, plant, and population level. **Oecologia**, v. 102, p. 113-119, 1995.
- AQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. Cromatografia: princípios básicos e técnicas afins. **Interciência**, p. 64-8, 2003.
- ARTZ, DEREK R.; NAULT, BRIAN A. Performance of *Apis mellifera*, *Bombus impatiens*, and *Peponapis pruinosa* (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of pumpkin. **Journal of economic entomology**, v. 104, n. 4, p. 1153-1161, 2011.
- ASHMAN, T. L.; BRADBURN, M.; COLE, D. H.; BLANEY, B. H.; RAGUSO, R. A. The scent of a male: the role of floral volatiles in pollination of a gender dimorphic plant. **Ecology**, v. 86, n. 8, p. 2099-2105, 2005.
- ASHWORTH, L.; GALETTO, L. Differential nectar production between male and female flowers in a wild cucurbit: *Cucurbita maxima* ssp. *andreana* (*Cucurbitaceae*). **Canadian Journal of Botany**, v. 80, n. 11, p. 1203-1208, 2002.
- ÁVILA, C. J. Polinização e polinizadores na produção de frutos e sementes híbridas de abóbora (*Cucurbita pepo* L. var. melopepo). 1987. 45 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

BAKER, H. G.; BAKER, I. The predictive value of nectar chemistry to the recognition of pollinator types. **Israel Journal of Botany**, v. 39, p. 157-166, 1990.

BALDWIN, I. T. Plant volatiles. **Current Biology**, v. 20, n. 9, p. 392-397, 2010.

BAPTISTA, C. F. Polinização de Cucurbita pepo (Cucurbitaceae) por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em cultivo protegido. 2016. 32 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 2016.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 38, p. 567-593, 2007.

BLANK, A. F.; SILVA, T. B.; MATOS, M. L.; CARVALHO FILHO, J. L.; SILVA-MANN, R. Parâmetros genotípicos, fenotípicos e ambientais para caracteres morfológicos e agrônômicos em abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 106-111, 2013.

BLUTHGEN, N.; KLEIN, A. M. Functional complementarity and specialisation: the role of biodiversity in plant-pollinator interactions. **Basic and Applied Ecology**, v. 12, p. 282-291, 2011.

BOECKH, J.; ERNST, K. D.; SASS, H.; WALDOW, U. Anatomical and physiological characteristics of individual neurones in the central antennal pathway of insects. **Journal of insect physiology**, v. 30, n. 1, p. 15-26, 1984.

BOMFIM, I. G. A.; BEZERRA, A. D. M.; NUNES, A. C.; ARAGÃO, F. A. S.; FREITAS, B. M. Emissão, duração e proporção de flores masculinas e femininas em cinco variedades de minimelancia sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 605-611, 2012.

BONOD, I. Learning and discrimination of honey odours by the honey bee. **Apidologie**, v. 34, n. 2, p. 147-159, 2003.

BORGES, R. M. E.; RESENDE, G. M.; LIMA, M. A. C.; DIAS, R. C. D.; LUBARINO, P. C.; OLIVEIRA, R. C. O.; GONÇALVES, N. P. Phenotypic variability among pumpkin accessions in the Brazilian semiarid. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 461-464, 2011.

BREED, M. D.; GUZMÁN-NOVOA, E.; HUNT, G. J. Defensive behavior of honey bees: organization, genetics, and comparisons with other bees. **Annual Reviews in Entomology**, v. 49, p. 271-798, 2004.

BRIGHENTI, D. M.; CARVALHO, C. F.; BRIGHENTI, C. R. G.; CARVALHO, S. M. Inversão da sacarose utilizando ácido cítrico e suco de limão para preparo de dieta energética de *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758. **Ciência Agropecuária**, v. 35, n. 2, p. 297-304, 2011.

BRUENING, H. Abelha jandaíra. **Coleção Mossoroense, serie C**, v. 557, p. 181, 1990.

CADY, S. W. Pollination and flowering patterns of field-grown pumpkin (*Cucurbita pepo*). 1993. Tese de Doutorado, Cornell University, Ithaca. 1993.

CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**. 1. ed. Fundação Cargill, 1992.

CAMERON, S. A.; HINES, H. M.; WILLIAMS, Paul H. A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 91, n. 1, p. 161-188, 2007.

CANE, J.H.; SAMPSON, B.J.; MILLER, S.A. Pollination value of male bees: the specialist bee *Peponapis pruinosa* (Apidae) at summer squash (*Cucurbita pepo*). **Environmental Entomology**, v.40, n.3, p.614-620, 2011.

CARADONNA, P. J.; ILLER, A. M.; INOUE, D. W. Shifts in flowering phenology reshape a subalpine plant community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 13, p. 4916-4921, 2014.

COELHO, M. S.; SILVA, J. H. V.; OLIVEIRA, E. R. A.; ARAUJO, J. A.; DE LIMA, M. R. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 01-09, 2008.

COLLINS, C. H., BRAGA, G. L., BONATO, P. S. **Fundamentos de cromatografia**. 5. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2006.

CORALINA, C; CONFISSÕES, Meias. Exaltação de Aninha (O professor). **Vintém De Cobre: Meias Confissoes de Aninha**. 9. ed. Sao Paulo, Brasil: Global, 2007.

COSTA, F. M.; MIRANDA, S. B.; TOLEDO, V. A. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; CHIARI, W. C.; HASHIMOTO, J. H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 101-108, 2007.

CRUZAN, M. B. Pollen tube attrition in *Erythronium grandiflorum*. **American Journal of Botany** v. 76, p. 562-570, 1989.

DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. 1. ed. New York: Oxford, University Press, 1992.

DAFNI, A.; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C. **Practical pollination biology**. Cambridge: NHBS, 2005.

DAFNI, H.; LENSKY, Y.; FAHN, A. Flower and nectar characteristics of nine species of Labiatae and their influence on honeybee visits. **Journal of Apicultural Research**, v. 27, n. 2, p. 103-114, 1988.

DALY, K. C. Learning modulates the ensemble representations for odors in primary olfactory networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 28, p. 10476-10481, 2004.

DE JONG, T. J.; WASER, N. M.; KLINKHAMER, P. G. Geitonamy: The neglected side of selfing. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 8, n. 9, p 321-325, 1993.

- DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARE, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. Herbivoreinfested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, p. 570–573, 1998.
- DE RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 504-508, 2013.
- DE SÁ TOREZANI, K. R.; PIRES, C. S. S.; LAUMANN, R. A.; SUJII, E. R. Diversidade de abelhas em cultura de aboboreira Cucurbita pepo L. no Distrito Federal: influência do sistema de produção e da paisagem. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.
- DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. R.; MAYER, D. F. **Crop pollination by bees**. Cabi, 2000.
- DICKE, M.; BALDWIN, I. T. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the ‘cry for help’. **Trends in plant science**, v. 15, n. 3, p. 167-175, 2010.
- DMITRUK, M. Flowering, nectar production and insects visits in two cultivars of Cucurbita maxima Duch. flowers. **Acta Agrobotanica**, v. 61, n. 1, 2008.
- DOBSON, H. E. M.; BERGSTRÖM, G. The ecology and evolution of pollen odors. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, n. 1-4, p. 63-87, 2000.
- DONG, F.; FU, X.; WATANABE, N.; SU, X.; YANG, Z. Recent advances in the emission and functions of plant vegetative volatiles. **Molecules**, v. 21, n. 2, p. 124, 2016.
- DORCHIN, A.; LÓPEZ-URIBE, M. M.; PRAZ, C. J.; GRISWOLD, T.; DANFORTH, B. N. Phylogeny, new generic-level classification, and historical biogeography of the Eucera complex (Hymenoptera: Apidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 119, p. 81-92, 2018.
- DÖTTERL, S.; FÜSSEL, U.; JÜRGENS, A.; AAS, G. 1,4-Dimethoxybenzene, a floral scent compound in willows that attracts an oligolectic bee. **Journal of chemical Ecology**, v. 31, n. 12, p. 2993-2998, 2005.
- DÖTTERL, S.; GLÜCK, U.; JÜRGENS, A.; WOODRING, J.; AAS, G. Floral reward, advertisement and attractiveness to honey bees in dioecious Salix caprea. **PloS one**, v. 9, n. 3, p. e93421, 2014.
- DUARTE, P. M.; SIQUEIRA, K. M. M.; SILVA, N. C.; SANTOS, G. B. S. SILVA.; GOMES, I. L. S. Floração e morfologia floral de variedades de melancia em Juazeiro-BA. **Revista Verde**. v.10, n.3, p.72-76, 2015.
- DUDAREVA, N.; ANDERSSON, S.; ORLOVA, I.; GATTO, N.; REICHEL, M.; RHODES, D.; ... & GERSHENZON, J. The nonmevalonate pathway supports both monoterpene and sesquiterpene formation in snapdragon flowers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 3, p. 933-938, 2005.
- DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E. **Biology of floral scent**. 1. ed. CRC press, 2006.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E. Metabolic engineering of plant volatiles. **Current opinion in biotechnology**, v. 19, n. 2, p. 181-189, 2008.

EDGE, A. A.; VAN NEST, B. N.; JOHNSON, J. N.; MILLER, S. N.; NAEGER, N.; BOYD, S. D.; MOORE, D. Diel nectar secretion rhythm in squash (*Cucurbita pepo*) and its relation with pollinator activity. **Apidologie**, v. 43, n. 1, p. 1-16, 2012.

ELZINGA, J. A.; ATLAN, A.; BIERE, A.; GIGORD, L.; WEIS, A.E.; BERNASCONI, G. Time after time: flowering phenology and biotic interactions. **Trends in Ecology & Evolution**, v.22, n.8, p.432-439, 2007.

ESTHER JULIER, H.; ROULSTON, T. H. Wild bee abundance and pollination service in cultivated pumpkins: farm management, nesting behavior and landscape effects. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 2, p. 563-573, 2009.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; LIMA, M. V.; SILVA, A. A. F. Produção de abelhas. *In*: COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V. (org.) **Produção de não ruminantes**. João Pessoa: Editora UFPB, 2018. p. 9-27.

FAEGRI, K.; VAN, D. P. L. **The principles of pollination ecology**. 1. ed. London: SinauerAssociates, 1979.

FAHRBACH S. E.; GIRAY, T.; ROBINSON, G. E. b. Volume changes in the mushroom bodies of adult honey bee queens. **Neurobiol Learn Mem** v. 63, p. 181–191, 1995.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops**. 2017. *In*: FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FELIZZOLA, J. F.; DA COSTA, C. F. G.; VASCONCELOS, S. S. Passo a passo para o uso do cromatógrafo gasoso modelo GC-CP3800 Varian para análises de gases de efeito estufa (GEEs). **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

FERNANDES, F.; GUEDES DE PINHO, P.; VALENTÃO, P.; PEREIRA, J. A.; ANDRADE, P. B. Volatile constituents throughout *Brassica oleracea* L. var. *acephala* germination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 6795–6802, 2009.

FERNANDES, N. S.; PINTO, G.S.; ZOCCOLO, G.J.; ARAGÃO, F.A.S.; FREITAS, B.M. *Apis mellifera* discrimination between flowers of commercial types of melon and implications to crop pollination. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 2, e20196851, 2020.

FERNANDES, N. S.; SILVA, F.A.N.; ARAGÃO, F.A.S.; ZOCCOLO, G.J.; FREITAS, B.M. Volatile organic compounds role in selective pollinator visits to commercial melon types. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.3, p. 93-108, 2019.

FERRARI, M. J.; STEPHENSON, A. G.; MESCHER, M. C.; DE MORAES, C. M. Inbreeding effects on blossom volatiles in *Cucurbita pepo* subsp. *texana* (*Cucurbitaceae*). **American Journal of Botany**, v. 93, n. 12, p. 1768-1774, 2006.

- FILELLA, I. ARMENGOL, G. F.; LLUSIA, J.; PEÑUELAS, J. Floral volatile organic compounds: Between attraction and deterrence of visitors under global change. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 15, p. 56-67, 2013.
- FLOTTUM, K. Pollination 2000. **Bee Culture Magazine**, v. 36, p. 12, 2000.
- FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2. ed. Londres: Academic Press, 1993.
- FREE, J. B. The effect of moving colonies of honeybees to new sites on their subsequent foraging behaviour. **The Journal of Agricultural Science**, v. 53, n. 1, p. 1-9, 1959.
- FREE, J. B.; BUTLER, C. G. **Bumblebees**. 1. ed. Colin Gasking, 1959.
- FREITAS, B. M. Polinização por abelhas na agricultura brasileira: empecilhos e perspectivas. *In: X Congresso Ibero-latinoamericano de Apicultura. Polinização por abelhas na Agricultura, Natal-RN, Brasil*. 2010.
- FREITAS, B. M. Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. **Mensagem Doce**. n. 46, 1998.
- FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. *In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. et al. (org.) Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. 1. ed. São Paulo: EDUSP, 2012. p. 103-118.
- FREITAS, B. M.; PAXTON, R. J. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. **The Journal of Agricultural Science**, v. 126, n. 3, p. 319-326, 1996.
- FREITAS, B. M.; PAXTON, R. J.; HOLANDA-NETO, J. P. de. Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in NE Brazil. *In: KEVAN, P.; IMPERATRIZ FONSECA, V. L. (org.) Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. p. 229-244.
- GALAN R. F.; WEIDERT M.; MENZEL R.; HERZ A. V. M.; GALIZIA C. G. Sensory memory for odors is encoded in spontaneous correlated activity between olfactory glomeruli. **Neural computation**, v. 18, p. 10-25, 2006.
- GALLO, D.; O. NAKANO; S. SILVEIRANETO; R.P.L.CARVALHO; G.C. BATISTA; E. B. FILHO; J. R.P. PARRA; R.A. ZUCCHI; S.B. ALVES & J.D. VENDRAMIM. **Manual de Entomologia Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2002.
- GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209-223, 2015.
- GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108 n. 3, p. 849-857, 2015.

GOMES, M. F. F. Polinização entomófila na produção de sementes híbridas (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*). 1991. 60 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 1991.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; DE ALMEIDA, C. F.; CHAGAS, R. R.; DE OLIVEIRA, R. L.; DELAZARI, F. T.; DA SILVA, D. J. H. Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.) displays vast genetic variability, allowing identification of promising genotypes for agro-morphological traits. **PloS one**, v. 15, n. 6, p. e0230546, 2020.

GRANERO, A. M.; GONZÁLEZ, F. E.; FRENICH, A. G.; SANZ, J. G.; VIDAL, J. M. Single step determination of fragrances in *Cucurbita* flowers by coupling headspace solid-phase microextraction low-pressure gas chromatography–tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1045, n. 1-2, p. 173-179, 2004.

GRANERO, A. M.; GONZALEZ, F. E.; SANZ, J. G.; VIDAL, J. M. Analysis of biogenic volatile organic compounds in zucchini flowers: identification of scent sources. **Journal of chemical ecology**, v. 31, n. 10, p. 2309-2322, 2005.

GUEDES DE PINHO, P.; GONÇALVES, R. F.; VALENTÃO, P.; PEREIRA, D. M.; SEABRA, R. M.; ANDRADE, P. B. Volatile composition of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don using solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 49, p. 674–685, 2009.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and Climate Extremes**, v. 10, Part A, p. 4–10, 2015.

HE, X.; MA, Y.; YI, G.; WU, J.; ZHOU, L.; GUO, H. Chemical composition and antifungal activity of *Carica papaya* Linn. seed essential oil against *Candida* spp. **Letters in applied microbiology**, v. 64, n. 5, p. 350-354, 2017.

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

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. Chave para a identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, Cucurbitaceae) cultivadas no Brasil. **Embrapa Clima Temperado. Documentos**, 2007.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. Chave para a identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, Cucurbitaceae) cultivadas no Brasil. **Embrapa Clima Temperado. Documentos**, 2007.

HEINRICH B. **The hot-blooded insects**. 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1996.

HILDEBRAND, J. G.; SHEPHERD, G. M. Mechanisms of olfactory discrimination: Converging evidence for common principles across phyla. **Annual Review Neuroscience**, v. 20, p. 595-631, 1997.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 de maio 2020.

KIILL, L. H. P.; SIMÃO-BIANCHINI, R. Reproductive biology and pollination of *Jacquemontia nodiflora* (Desr.) G. Don (Convolvulaceae) in Caatinga, in Petrolina region, Pernambuco State, Brazil. **Hoehnea**, v. 38, n. 4, p. 511-520, 2011.

KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**. v. 274, 303–313, 2007.

KLEIN, A. -M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, I. G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. **Insect Pollination of Crops in Brazil: A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists**. 1. ed. Freiburg: Germany Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg, 2020.

KNUDSEN, J. T.; ERIKSSON, R.; GERSHENZON, J.; STÅHL, B. Diversity and distribution of floral scent. **The botanical review**, v. 72, n. 1, p. 1, 2006.

KURT, Ş.; GÜNEŞ, U.; SOYLU, E. M. In vitro and in vivo antifungal activity of synthetic pure isothiocyanates against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pest management science**, v. 67, n. 7, p. 869-875, 2011.

LATTARO, L. H.; MALERBO-SOUZA, D. T. Polinização entomófila em abóbora caipira, *Cucurbita mixta* (Cucurbitaceae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, 2006.

LAU, T. C.; LU, X.; KOIDE, R. T.; STEPHENSON, A. G. Effects of soil fertility and mycorrhizal infection on pollen production and pollen grain size of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). **Plant, Cell & Environment**, v. 18, n. 2, p. 169-177, 1995.

LINDAUER, M. Recent advances in bee communication and orientation. **Annual Review of Entomology**, v. 12, p. 439-470, 1967.

LIRA, T. S. et al. Visitantes florais da abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) na região de Rio Largo-Al. **Congresso Nordestino de Apicultura**. 2009.

LIRA-SAADE, R. **Estudios taxonomicos ecogeograficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia economica**. 1. ed. Roma, Italia: International Plant Genetic Resources Institute, 1995.

LORD, W. G. Pollination of horticultural crops in North Carolina. **America Bee Journal**, v. 125, p. 127-128, 1985.

MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 183-190, 2011.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. J. Efeito da interação abelha-flor na produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Zootecnia Tropical** 31, 78-93, 2013.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Comportamento de forrageamento das abelhas africanizadas *Apis mellifera* em cultura de abóbora caipira (*Cucurbita mixta*). **Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB**, v. 5, n. 1, 2010.

MARCHINI, L. C.; DOS REIS, V. D. A.; MORETI, A. C. C. C. Composição físico-química de amostras de pólen coletado por abelhas Africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) em Piracicaba, Estado de São Paulo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 949-953, 2006.

MATSUMOTO, T.; YAMAZAKI, K. Distance from migratory honey bee apiary effects on community of insects visiting flowers of pumpkin. **Bulletin of Insectology**, v. 66, n. 1, p. 103-108, 2013.

MCGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington, DC: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, 1976.

MELO, D. B. M. 2010. Polinização da abóbora (*Curcubita moschata* D.) pela abelha Arapuá (*Trigona spinipes*): requerimentos da cultura e eficiência do polinizador. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MÉLO, D. D. B. M.; SANTOS, A. L. A.; BEELEN, R. N.; LIRA, T. S.; DE ALMEIDA, D. A. S.; LIMA, L. P. Polinização da abóbora (*Curcubita moschata* D.): um estudo sobre a biologia floral e visitantes florais no município de Satuba-Al. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, v. 1, n. 1, 2010.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007.

MILFONT, M. O.; FREITAS, B. M.; LIMA, A. O. N.; ROCHA, E. E. M.; ANDRADE, P. B.; CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, M. O.; CIPRIANO, R. M. O Uso de *Apis mellifera* (L.) na Polinização da Soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) Pode Levar a Incrementos de Produtividade? *In: XIX Encontro Sobre Abelhas*. 2010.

MODRO, A. F. H.; MESSAGE, D.; DA LUZ, C. F. P.; MEIRA NETO, J. A. A. Composição e qualidade de pólen apícola coletado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1057-1065, 2007.

MÜHLEN, C. V. Índices de retenção em cromatografia gasosa bidimensional abrangente. **Scientia Chromatographica**, 3, 21-29, 2009.

NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B. Bees, pollination system and plant diversity. *In: LA SALLE, J.; GAULD, I. D. (org.). Hymenoptera and Biodiversity*. London: CAB, International, 1993. p. 143-167.

NEPI, M. Nectar and pollination drops: how different are they? **Annals of Botany**, v. 104, p. 205– 219, 2009.

NEPI, M.; CRESTI, L.; GUARNIERI, M.; PACINI, E. Dynamics of nectar production and nectar homeostasis in male flowers of *Cucurbita pepo* L. **International Journal of Plant Sciences**, v. 172, n. 2, p. 183-190, 2011.

NEPI, M.; GUARNIERI, M.; PACINI, E. Nectar secretion, reabsorption, and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. **International Journal of Plant Sciences**, v. 162, n. 2, p. 353-358, 2001.

NEPI, M.; PACINI, E. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. **Annals of Botany**, v.72, n.6, p.527-536, 1993.

NEPI, M.; PACINI, E.; WILLEMSE, M. T. M. Nectary biology of *Cucurbita pepo*: ecophysiological aspects. **Acta botanica neerlandica**, v. 45, n. 1, p. 41-54, 1996.

NEPI, M.; STPICZYŃSKA, M. Nectar resorption and translocation in *Cucurbita pepo* L. and *Platanthera chlorantha* Custer (Rchb.). **Plant Biology**, v. 9, n. 1, p. 93-100, 2007.

NETO-VOLLET, A.; MAIA-SILVA, C.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C.; DE JONG, D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Dietas protéicas para abelhas sem ferrão. *In*: **ENCONTRO SOBRE ABELHAS**, 9. Ed. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2010. p. 121-129.

NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e morangas: do plantio à colheita**. 1. ed. Viçosa, UFV, 2017.

NICODEMO, D.; COUTO, R. H. N.; MALHEIROS, E. B.; DE JONG, D. Abelha melífera como eficiente agente polinizador de moranga. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 4, p. 476-480, 2009.

NICODEMO, D.; COUTO, R. H. N.; MALHEIROS, E. B.; JONG, D. D. Biologia floral em moranga (*Cucurbita maxima* Duch. var. "Exposição"). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, p. 611-616, 2007.

NICODEMO, D.; MALHEIROS, E. B.; DE JONG, D.; COUTO, R. H. N. Biologia floral de pepino (*Cucumis sativus* L.) tipo Japonês cultivado em estufa. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 35-40, 2012.

NICODEMO, D.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Biologia floral, insetos visitantes e o efeito das visitas das abelhas *Apis mellifera* nas flores de moranga (*Cucurbita maxima* Duch.) quanto a produção de frutos. *In*: **CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA**, 2002.

NIINEMETS, U. Mild versus severe stress and BVOCs: thresholds, priming and consequences. **Trends in plant science**, v. 15, n. 3, p. 145-153, 2010.

NIST Livro de Química na Web: **Base de dados de Referência padrão do NIST número 69**. Disponível: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>. Acesso em 16 de março de 2020.

NOE, S. M.; CICCIOLO, P.; BRANCALEONI, E.; LORETO, F.; NIINEMETS, Ü. Emissions of monoterpenes linalool and ocimene respond differently to environmental changes due to differences in physico-chemical characteristics. **Atmospheric Environment**, v. 40, n. 25, p. 4649-4662, 2006.

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; PERARO, D. T. Polinização entomófila em abóbora menina brasileira precoce (*Cucurbita mixta* Pang.). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., Florianópolis, 2000.**

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; PEREIRA, J. M. S.; COUTO, L. A. Estudo da polinização entomófila em *Cucurbita pepo* (abóbora italiana). **Científica**, v. 18, n. 1, p. 21-27, 1990.

NUEZ, F. **Colección de semillas de otras especies hortícolas del Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana.** Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (España), 2000.

ORBÁN, L. L.; PLOWRIGHT, C. M. S. Getting to the start line: how bumblebees and honeybees are visually guided towards their first floral contact. **Insectes sociaux**, v. 61, n. 4, p. 325-336, 2014.

PARANI, J. R.; CORTOPASSI-LAURINO, M. **Flores e abelhas em São Paulo.** 1. ed. São Paulo: Edusp, 1993.

PERARO, D. T. Polinização entomófila em abóbora menina brasileira precoce (*Curcubita mixta*). 1997. 36 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Agronomia “Dr. Francisco Maeda”, 1997.

PETERSEN, J. D.; REINERS, S.; NAULT, B. A. Pollination services provided by bees in pumpkin fields supplemented with either *Apis mellifera* or *Bombus impatiens* or not supplemented. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. e69819, 2013.

PNW. **Evaluating honey bee colonies for pollination:** a guide for growers and beekeepers. Pacific Northwest Extension Publication, Oregon, 1993.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220-229, 2016.

PRIORI, D.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; DE OLIVEIRA, A. C.; VILELA, J. C.; MISTURA, C. C. Diversidade genética de *Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma* e *C. ficifolia* empregando marcadores microssatélites. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 361-368, 2013.

PRIORI, D.; BARBIERI, R. L.; MISTURA, C. C.; VILLELA, J. C. B. Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. **Revista Ceres**, v. 65, n. 4, p. 337-345, 2018.

PROCTOR, R. M.; YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination.** London: Harper Collins Publishers, 1996.

RAGUSO, R. A. Wake up and smell the roses: the ecology and evolution of floral scent. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 39, p. 549-569, 2008.

- RAMOS, S. R. R.; DE QUEIRÓZ, M. A.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, MA DE; GOEDERT, C. O; RAMOS, S. R. R. (org.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.
- RASMONT, P.; COPPÉE, A.; MICHEZ, D.; DE MEULEMEESTER, T. An overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae). **Annales de la Société entomologique de France**, v. 44, n. 2. p. 243-250, 2008.
- RAVAZZI, G. **Las abejas**. 1. ed. Barcelona: Editorial de Vecchi, S. A. U., 2004.
- RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 504-508, 2013.
- RICHARDS, A.J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? **Annals of Botany**, Oxford, v.88, p.165-172, 2001.
- RIFFEL, A.; DA COSTA, J. G. Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E)**, 2015.
- ROLDAN-SERRANO, A. S.; GUERRA-SANZ, J. M. Reward attractions of zucchini flowers (*Cucurbita pepo* L.) to bumblebees (*Bombus terrestris* L.). **European Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 1, p. 23-28, 2005.
- SANTOS, J. O.; RODRIGUES, R.; LEAL, N. R.; SUDRÉ, C. P.; FERREIRA, R. T.; LIMA, F. H. Estabilidade fenotípica em abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 498-503, 2015.
- SCHIESTL, F. P. The evolution of floral scent and insect chemical communication. **Ecology Letters**, v. 13, n. 5, p. 643-656, 2010.
- SCHIESTL, F.P.; JOHNSON, S.D. Pollinator-mediated evolution of floral signals. **Trends in Ecology & Evolution**, v.28, p.307-315. 2013.
- SERRA, B. D. V. Polinização entomófila de *Cucurbita moschata* Poir em áreas agrícolas nos municípios de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais, Brasil. 2007. 46 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SERRA, B. D. V.; CAMPOS, L. A. O. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 153-159, 2010.
- SHAFIR, S.; BECHAR, A.; WEBER, E. U. Cognition-mediated coevolution: context-dependent evaluations and sensitivity of pollinators to variability in nectar rewards. **Plant Systematic and Evolution**, v. 238, n. 1-4, p. 195-209, 2003.
- SHIPP, J. L.; WHITFIELD, G. H.; PAPADOPOULOS, A. P. Effectiveness of the bumblebee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera:Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. **Scientia Horticulturae**, 57: 29-39. 1994.

SILVA, F. A. N.; DA SILVA, A. A.; DE SOUSA FERNANDES, N.; RODRIGUES, T. H. S.; CANUTO, K. M.; DO NASCIMENTO, R. F., ... & ZOCCOLO, G. J. Evaluation of Headspace Solid-Phase Microextraction Gas Chromatography–Mass Spectrometry for the Characterization of Volatile Organic Compounds from Melon (*Cucumis melo* L.) Flowers. **Chromatographia**, v. 81, n. 8, p. 1231-1239, 2018.

SILVA, M. M.; BUCKNER, C. H.; PICANÇO, M.; CRUZ, C. D. Influência de *Trigona spinipes* Fabr. (Hymenoptera: Apidae) na polinização do maracujazeiro amarelo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 217-221, 1997.

SIQUEIRA, K. M. M. D.; KIILL, L. H. P.; SILVA GAMA, D. R. D.; ARAÚJO, D. C. D. S.; COELHO, M. D. S. Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 473-478, 2011.

SOUSA, E. H. S.; ALMEIDA, R. S.; DA PIEDADE, A. R.; MATOS, M. C. B.; TEODORO, A. V. Relação entre o número de visitas de abelhas e o sucesso reprodutivo de abóbora (*Curcubita moschata* Duchesne). **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; ANDRADE, A. B. A. ; MEDEIROS, A. C. ; MARACAJÁ, P. B. . Densidade de colméias com abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para polinização da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) no estado do Ceará - Brasil. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 1, p. 09, 2013.

SPIVAK, M.; MASTERMAN, R.; ROSS, R.; MESCE, K. A. Hygienic behavior in the honey bee (*Apis mellifera* L.) and the modulatory role of octopamine. **Journal of neurobiology**, v. 55, n. 3, p. 341-354, 2003.

SULTANA, S.; KAWOCHAR, M. A.; NAZNIN, S.; SIDDIKA, A.; MAHMUD, F. Variability, correlation and path analysis in pumpkin (*Cucurbita moschata* L.). **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 40, n. 3, p. 479-489, 2015.

TEPEDINO, V. J. The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and the honey bee (*Apis mellifera*) on summer squash (*Cucurbita pepo*). **Journal of Kansas Entomology Society**, v. 54, p. 359-377, 1981.

THEIS, NINA; KESLER, KAREN; ADLER, LYNN S. Leaf herbivory increases floral fragrance in male but not female *Cucurbita pepo* subsp. *texana* (Cucurbitaceae) flowers. **American journal of botany**, v. 96, n. 5, p. 897-903, 2009.

TOLEDO, V. D. A. A.; RUVOLOTAKASUSUKI, M. C. C.; BAITALA, T. V.; COSTA-MAIA, F. M.; PEREIRA, H. L.; HALAK, A. L.; CHAMBÓ, E. D.; MALERBO-SOUSA, D. T. Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 237-242, 2013.

TOREZANI, K. R. S. Polinização da abóboreira (*Cucurbita pepo* L.): um estudo sobre a comunidade de abelhas em sistemas orgânicos e convencionais de produção no Distrito Federal. 2015.

TRANCHIDA, P. Q.; FRANCHINA, F. A.; DUGO, P.; MONDELLO, L. Comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry: recent evolution and current trends. **Mass spectrometry reviews**, v. 35, n. 4, p. 524-534, 2016.

TSCHOEKE, P. H.; OLIVEIRA, E. E.; DALCIN, M. S.; SILVEIRA-TSCHOEKE, M. C. A. C.; SANTOS, G. R. Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinators of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Cerrado. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 207-216, 2015.

VARASSIN, I. G.; AMARAL-NETO, L. P. Atrativos. *In*: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 129-140.

VASCONCELOS, J. F. 2020. Mecanismos químicos de resistência em meloeiro à mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (diptera: agromyzidae). 2020. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

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

VIDAL, M. D. G.; JONG, D. D.; WIEN, H. C.; MORSE, R. A. Nectar and pollen production in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2006.

VIDAL, M. D. G.; JONG, D. D.; WIEN, H. C.; MORSE, R. A. Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. **Brazilian Journal of Botany**, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2010.

VON MUHLEN, C.; LANÇAS, F. M. Cromatografia unificada. **Química Nova**, v. 27, p. 747-753, 2004.

WALTERS, S. A.; TAYLOR, B. H. Effects of honey bee pollination on pumpkin fruit and seed yield. **HortScience**, v. 41, n. 2, p. 370-373, 2006.

WELLER, S. G. Pollination biology of heteromorphic populations of *Oxalis alpina* (Rose) Knuth (Oxalidaceae) in south-eastern Arizona. **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 83, p. 189-198, 1981.

WHITAKER, T. W.; BEMIS, W. P. Evolution in the genus *Cucurbita*. **Evolution**, v. 18, n. 4, p. 553-559, 1964.

WHITAKER, T.W.; ROBINSON, R.W. Squash Breeding. *In*: Basset, M.J. (org.) **Breeding vegetable crops**. Wesport: Avi, 1986. p. 209-246.

WILLIAMS P. H.; CAMERON, S. A.; HINES, H. M.; CEDERBERG, B.; RASMONT, P. A simplified subgeneric classification of the bumblebees (genus *Bombus*). **Apidologie**, 39, 46-74, 2008.

WILLMER, P. **Pollination and Floral Ecology**. New Jersey: Princeton University Press, 2011.

WILSON, A. E.; BERGAENTZLÉ, M.; BINDLER, F.; MARCHIONI, E.; LINTZ, A.; ENNAHAR, S. In vitro efficacies of various isothiocyanates from cruciferous vegetables as antimicrobial agents against foodborne pathogens and spoilage bacteria. **Food Control**, v. 30, n. 1, p. 318-324, 2013.

WINSTON, N. L. **A Biologia da Abelha**. Porto Alegre: Magister, 2003.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de Identificação de pragas Agrícolas**. Piracicaba: Fealq, 1993.