



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

**NAYANNY DE SOUSA FERNANDES**

**ATRAÇÃO E VISITAÇÃO DA ABELHA *Apis mellifera***  
**A FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*)**

**FORTALEZA**

**2017**

NAYANNY DE SOUSA FERNANDES

ATRAÇÃO E VISITAÇÃO DA ABELHA *Apis mellifera*

A FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*)

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Professor PhD Breno Magalhães Freitas

Coorientador: Professor Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão

FORTALEZA

2017

NAYANNY DE SOUSA FERNANDES

ATRAÇÃO E VISITAÇÃO DA ABELHA *Apis mellifera*

A FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*)

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Profº Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão (Coorientador)  
EMBRAPA Agroindústria Tropical/ Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Guilherme Julião Zocolo (Conselheiro)  
EMBRAPA Agroindústria Tropical

---

Dr. José Everton Alves  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

---

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

Aos meus queridos pais, Rosa Maria e João Avelar pela confiança depositada em mim e em meus sonhos.

Aos meus amados irmãos, Jardel, Nayara e Eugênio pela grande união e amizade.

Às minhas lindas sobrinhas, que iluminam a minha vida!

Aos demais familiares pelo incentivo, principalmente à minha querida vovó Júlia de Sousa Lima (*in memoriam*), que agora junto de Deus, não pôde estar presente neste dia.

Ao meu amor Luiz Guilherme, sempre presente me encorajando a seguir em frente e a terminar esta Tese, sempre com um ombro amigo e palavras de conforto em dias difíceis, sua paciência e amor incondicional foram importantes nessa trajetória.

Com todo meu amor...

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por tudo.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

À Capes pela concessão da bolsa, que me possibilitou realizar o curso de Doutorado.

Ao meu orientador Professor PhD. Breno Magalhães Freitas, minha referência profissional, muito obrigada pela confiança.

Ao Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão, estimado Coorientador, pela essencial colaboração nas análises estatísticas e total apoio na execução deste trabalho, por não ter me permitido desistir, pelos conselhos que contribuíram não só em minha formação acadêmica, mas também para a vida, um exemplo de humildade e dedicação à pesquisa.

Ao Dr. Guilherme Julião Zocolo, pelo constante incentivo, paciência, confiança e por abrir os horizontes para outras áreas de pesquisa.

Ao professor José Everton Alves, pela colaboração e sugestões que ajudaram a melhorar a qualidade deste trabalho.

Ao professor Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino, pela amizade e críticas construtivas.

À professora Dra. Cláudia Inês da Silva, pela importante contribuição para este trabalho.

Aos funcionários do Campo Experimental de Pacajus, principalmente ao Seu Raimundo (Raimundinho), Paulo, Fernando, Cosme, Adão (Dão), Juscelino e Dona Sileda pelo suporte em campo, dedicação e empenho, pois sem os quais este trabalho não seria realizado.

À dona Neuma e família por me acolherem e fazerem minha estadia em Pacajus muito mais agradável.

A Topplant Comércio de Mudas Ltda, em Icapuí/CE - Fazenda Agrícola Famosa pelo fornecimento da mudas dos cinco tipos de meloeiro utilizados nesse trabalho.

À Dra. Maria do Socorro Rocha Bastos e Dra. Roselayne Ferro Furtado pela valiosa colaboração nas análises colorimétricas.

Aos colegas do Laboratório de Química de Produtos Naturais da Embrapa Agroindústria Tropical, Dr. Paulo Riceli, Dra. Tigressa Helena, Dra. Lorena Mara, Dr. Elenilson de Godoy, Aliny Silva e Lícia Luz pela colaboração nesse projeto.

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento da Embrapa Agroindústria Tropical Dra. Elaine Celin, Frederico Inácio, Davi Silva, Aline Moraes, Adriana Rocha pela inestimável colaboração na coleta de dados em campo e análises laboratoriais.

Aos funcionários do Setor de Abelhas da Universidade Federal do Ceará, Francisco José Carneiro da Silva e Hélio Rocha Lima, pelos quase sete anos de amizade, incentivo e ensinamentos valiosos.

Aos meus companheiros de jornada, Epifânia de Macêdo (Mestrado-Doutorado) e Antonio Abreu (Doutorado), pela amizade e crescimento mútuo.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa com abelhas da Universidade Federal do Ceará (GPA), pelo companheirismo e pelos bons momentos que tornaram essa caminhada mais fácil. Um agradecimento especial a Gercy Soares, Victor Monteiro, Angela Gomes e Jamerson Guedes pela ajuda nas análises em campo e laboratoriais. Aos demais integrantes do grupo e colegas de pós-graduação pela troca de informações e essencial colaboração.

Às minhas amigas Patrícia Barreto (UFC) e Márcia Coelho (EMBRAPA) por me ajudarem em todos os momentos de aflição, que não foram poucos.

A todos os amigos que deixei em Picos, que mesmo com a distância estavam sempre torcendo e nunca deixaram de apoiar-me nessa empreitada.

Aos amigos que fiz em Fortaleza por muitos momentos de alegria e descontração.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

Meu muito obrigada!

“Imagine uma nova história para sua vida e acredite nela”

(Paulo Coelho)

## RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo*) é uma espécie dependente de polinização biótica e a capacidade de atrair os polinizadores pode variar entre os tipos de meloeiro, afetando a polinização e produção de frutos. Este estudo teve por objetivo determinar possíveis diferenças em sinais visuais, olfativos e alimentares das flores de cinco tipos comerciais de meloeiro cultivados no Brasil, e investigar possíveis correlações dessas características com a visitação das abelhas *Apis mellifera* às flores e à produção de frutos e suas características pós-colheita em cada tipo de meloeiro. O experimento foi realizado durante duas estações de cultivo, em 2014 e 2015, no Campo Experimental de Pacajus, que pertence à Embrapa Agroindústria Tropical. Cinco diferentes tipos de meloeiro (Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e Pele de Sapo) foram estudados. Estudos foram realizados sobre o ciclo da cultura, período de florescimento, análises morfométrica e colorimétrica das flores. A visitação de *A. mellifera* nas flores do meloeiro foi quantificada, registrando-se a coleta de pólen e néctar. Grãos de pólen dos botões florais e a produção de néctar foram mensuradas, e amostras de néctar foram analisadas quanto a sua composição química. Também foi feita a extração dos compostos orgânicos voláteis das flores, e estes foram analisados através de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. Por fim, características de produção e características de qualidade pós-colheita foram avaliados nos frutos dos diferentes tipos de meloeiro. Os cinco tipos de meloeiro estudados apresentaram em geral características semelhantes, porém o tipo Cantaloupe apresentou o conjunto das características mais atrativo às abelhas, sendo também este tipo de meloeiro o mais visitado pelas abelhas *A. mellifera*. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na produção de pólen entre as flores hermafroditas, porém não houve entre as flores masculinas. As flores hermafroditas produziram um maior volume de néctar que as flores masculinas e não foi constatada correlação entre a produção de recursos alimentares e a visitação das abelhas. Vinte e seis metabólitos diferentes foram identificados tentativamente no néctar das flores. No odor floral foram identificados 37 compostos voláteis pertencentes a diferentes grupos químicos. As características de produção e qualidade pós-colheita dos frutos dos diferentes tipos de meloeiro apresentaram-se de acordo com o recomendado para comercialização. Houve correlações positivas entre todas as variáveis de visitação entre si, e essas variáveis foram correlacionadas tanto positivamente quanto negativamente com as características pós-colheita avaliadas. Quando plantados simultaneamente os cinco tipos de meloeiro apresentaram semelhantes padrões de visitação por *A. mellifera*, mas variaram na sua atratividade para essa abelha, e as variações na visitação estão associadas tanto a

diferenças qualitativas como quantitativas, influenciando assim a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos. Portanto, conclui-se que apesar dos tipos de meloeiro estudados apresentarem flores semelhantes e com características similares, a somatória das sutis diferenças entre elas é suficiente para a distinção das mesmas pelas abelhas, levando a uma visitação diferenciada com consequências na polinização, produção e qualidade dos frutos.

**Palavras-chave:** Atração de polinizadores. Características florais. Polinização do meloeiro. Preferências florais. Voláteis florais.

## ABSTRACT

The melon (*Cucumis melo*) is a species dependent of biotic pollination and the ability to attract pollinators may be different among the types of melon, which can affect pollination and fruit production. This study aimed to determine possible differences in visual, olfactory and food signals of flowers from five commercial types of melon grown in Brazil, and investigate possible correlations of these characteristics with the visitation of *A. mellifera* bees to flowers and fruit production and its post-harvest characteristics of each type of melon. The experiment was conducted over two growing seasons in 2014 and 2015 at the Experimental Center of Pacajus, which belongs to Embrapa. Five different types of melon were studied, types Yellow, Cantaloupe, Charentais, Galia and Piel de Sapo. Studies have been conducted on the crop cycle, flowering period, morphometric analysis and colorimetric of flowers. The visit of *A. mellifera* in melon flowers was quantified by registering the collecting of pollen and nectar. The flower buds pollen count and nectar collection was performed, and nectar samples were analyzed for their chemical composition. Extraction of the volatile organic compounds from the flowers was also performed, which were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry. Finally were evaluated production characteristics and three representative fruits of each plot were evaluated for post-harvest quality characteristics. The five types of melon studied showed generally similar characteristics, but the Cantaloupe type presented the set of characteristics most attractive to the bees. Cantaloupe melon was the type most visited by *Apis mellifera* bees. There was statistical difference in the production of pollen between flowers hermaphrodite, however there was none in the male flowers. The hermaphrodite flowers produced a larger volume of nectar than the male flowers and no correlation was verified between the production of food resources and the visit of the bees. Tentatively identified 26 different metabolites in the nectar of flowers. In the floral scent 37 volatiles were identified belonging to different chemical groups. The characteristics of production and post-harvest quality of the fruits of the different types of melon were presented according to the recommended for commercialization. There were positive correlations between all visitation variables among them, and these variables were correlated both positively and negatively with the post-harvest characteristics evaluated. When planted simultaneously the five types of melon presented similar patterns of visitation by *A. mellifera*, but vary in their attractiveness to the *Apis mellifera* bee, being the Cantaloupe type the most visited. Therefore, the visitation of honey bees is differentiated according to the type of melon, and the variations in bee visitation are more associated with qualitative and

quantitative differences, influencing the production and post-harvest quality of the fruits. Therefore, it is concluded that although the types of melon studied present similar flowers with similar characteristics, the sum of the subtle differences between them is sufficient for the bee's distinction, leading to a different visitation with consequences on pollination, production and quality of the fruits.

**Keywords:** Attraction of pollinators. Floral characteristics. Pollination of melon. Flower preferences. Volatile flowers.

## SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
3	CARACTERÍSTICAS FLORAIS DE ATRAÇÃO A POLINIZADORES EM CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO ( <i>Cucumis melo</i> ) .....	27
4	PRODUÇÃO DE PÓLEN E NÉCTAR POR FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO ( <i>Cucumis melo</i> ) E SUA RELAÇÃO COM AS VISITAS DE ABELHAS <i>Apis mellifera</i> .....	48
5	IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO ( <i>Cucumis melo</i> ) E SUA RELAÇÃO COM VISITAS ÀS FLORES POR <i>Apis mellifera</i> .....	75
6	PADRÃO DE VISITAÇÃO DE <i>Apis mellifera</i> A FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO ( <i>Cucumis melo</i> ) .....	89
7	INFLUÊNCIA DA VISITAÇÃO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> NA PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO ( <i>Cucumis melo</i> ).....	101
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	114
	REFERÊNCIAS .....	115
	ANEXO A- CROQUI DA AREA EXPERIMENTAL IMPLANTADA NO CAMPO EXPERIMENTAL DE PACAJUS EM 2015, COMPOSTA PELOS CINCO DIFERENTES TIPOS DE MELOEIRO E SEUS RESPECTIVOS HÍBRIDOS COMERCIAIS .....	136
	ANEXO B- CROMATOGRAMAS DAS AMOSTRAS DE NÉCTAR E TENTATIVA DE IDENTIFICACAO DOS COMPONENTES ENCONTRADOS NÉCTAR DAS FLORES NOS DIFERENTES TIPOS DE MELOEIRO .....	137

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A polinização é o processo de transferência dos grãos de pólen das anteras para o estigma da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016). A polinização pode ser abiótica, quando consiste na transferência de grãos de pólen através de um meio sem vida (vento, água ou gravidade), e biótica que é a transferência de grãos de pólen por intermédio de animais (RECH; BERGAMO; FIGUEIREDO, 2014).

Grande parte das espécies vegetais nativas e cultivadas depende em algum grau de polinização biótica, ou é beneficiada por ela (KLEIN *et al.*, 2007). É estimado que a polinização biótica beneficie em torno de 87,5% das espécies vegetais conhecidas (OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011; RECH *et al.*, 2014), portanto, seu valor é inestimável. Esse serviço é importante tanto em ecossistemas silvestres (WRATTEN *et al.*, 2012) quanto na agricultura (RICKETTS *et al.*, 2008).

Os insetos se destacam entre os polinizadores bióticos pela abundância na natureza (WINTER *et al.*, 2014). Dentre os insetos, as abelhas atuam como principais polinizadores (DELAPLANE; MAYER, 2000; SHEPHERD *et al.*, 2003; RICKETTS *et al.*, 2008; OLLERTON; TARRANT; WINFREE, 2011), devido a grande variedade de espécies existentes (cerca de 20 mil espécies), com diferenças quanto ao hábito de vida, morfologia e comportamento entre os grupos, o que torna possível explorarem uma gama de espécies florais (PINHEIRO *et al.*, 2014).

As abelhas se alimentam exclusivamente de recursos florais, e com a necessidade de suprir a alimentação individual ou coletiva se estabeleceu uma estreita relação mutualista entre abelhas e angiospermas durante milhões de anos de coevolução de ambos os grupos, onde as abelhas coletam seu alimento das flores e as flores se beneficiam com o serviço de polinização realizado pelas abelhas (CAPPELLARI; SCHAEFER; DAVIS, 2013; WINTER *et al.*, 2014). No processo de coevolução, as plantas com flores desenvolveram uma série de características atrativas aos polinizadores, como uma grande variedade de cores, formatos e tamanhos de flores, padrões de florescimento e odores, e isso está relacionado ao modo como as espécies de plantas são polinizadas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). Nesse processo, muitas angiospermas possuem flores visitadas e polinizadas, principalmente ou exclusivamente por abelhas (PINHEIRO *et al.*, 2014).

As angiospermas constituem a grande maioria das espécies vegetais usadas na agricultura, sendo então a polinização um processo essencial nessa atividade econômica. Aproximadamente 75% das culturas agrícolas dependem de polinização, normalmente

realizada por abelhas. Além da reprodução das espécies cultivadas, a polinização também está relacionada com a maior produção e qualidade dos frutos (IPBES, 2016). No Brasil, apenas oito culturas dependentes de polinizadores são responsáveis por cerca de US\$ 9,3 bilhões em exportações (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Dentre elas, se encontram culturas altamente dependentes da polinização por abelhas, como a macieira (*Malus domestica*) e o meloeiro (*Cucumis melo*) (KLEIN *et al.*, 2007).

As flores do meloeiro são classificadas como melitófilas, pois apresentam muitas das características típicas de flores atrativas para abelhas, que são antese diurna, cores que variam entre o amarelo, rosa, violeta e azul, apresentam frequentemente guias visuais, são flores geralmente delicadas, odor floral presente e agradável, presença de plataforma de pouso, recursos alimentares de difícil acesso e em pequenas quantidades e néctar com alta concentração de açúcares (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979; VARASSIN; AMARAL-NETO, 2014). Conseqüentemente, as abelhas são os principais polinizadores do meloeiro (FREE, 1993).

Na agricultura, a polinização do meloeiro é realizada principalmente por *Apis mellifera*, que é a espécie de abelha mais utilizada em serviços de polinização em culturas agrícolas, por ser cosmopolita e já possuir técnicas de criação e manejo estabelecidas (DELAPLANE; MAYER, 2000). Visando garantir a produção de frutos de meloeiro, colônias de abelha melífera são introduzidas nas áreas de cultivo (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Porém, no campo as flores do meloeiro nem sempre são visitadas pelas abelhas na quantidade e frequência desejadas, e há suspeitas que isso se deva à competição por espécies silvestres florescendo nas vizinhanças, bem como diferenças na atratividade das flores de diferentes tipos de meloeiros. Nesse contexto o objetivo desse estudo foi estudar os caracteres florais responsáveis pela atratividade das flores do meloeiro para seu polinizador agrícola, a abelha *Apis mellifera*, bem como investigar possíveis diferenças na atração e visitação dessas abelhas a flores de cinco diferentes tipos comerciais de meloeiro, e como isso pode afetar a produção e qualidade dos frutos.

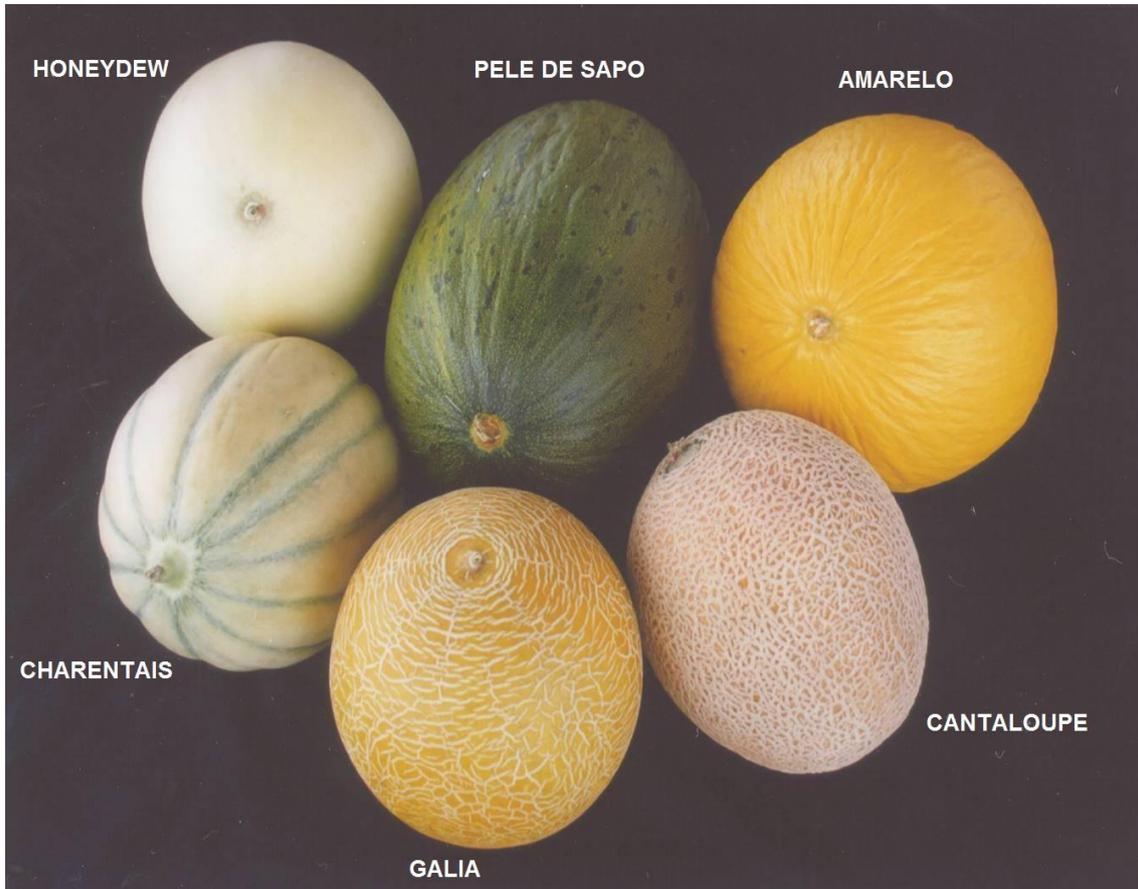
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### A cultura do meloeiro

A África é apontada como provável centro de origem do meloeiro (AMBRÓSIO *et al.*, 2015). O meloeiro pertence à família *Cucurbitaceae*, gênero *Cucumis* e à espécie *Cucumis melo* (SABATO *et al.*, 2015). É a espécie que possui a maior variabilidade fenotípica em seu gênero e sua diversidade morfológica é mais acentuada nos frutos, onde há variações nas cores, formas e tamanhos (STAUB; ROBBINS; LÓPEZ-SESÉ, 2002; LUAN *et al.*, 2010). A espécie *C. melo*, foi subdividida em duas subespécies, *C. melo* spp *agrestis* (ovário ceroso) composta por seis variedades botânicas (*momordica*, *conomon*, *chinensis*, *makuwa*, *acidulus* e *tibish*) e *C. melo* ssp *melo* (ovário piloso) composta por dez variedades botânicas (*cantalupensis*, *reticulatus*, *adana*, *chandalak*, *ameri*, *inodorus*, *chate*, *flexuosus*, *dudaim* e *chito*) (PITRAT, 2008; BURGER *et al.*, 2010; PITRAT, 2013). Embora haja um grande número de variedades botânicas, somente as variedades *cantalupensis*, *inodorus* e *reticulatus* são de interesse comercial global (PITRAT, 2008).

No intuito de facilitar a comercialização, os melões cultivados foram agrupados numa classificação denominada de “tipo”, composto por um grupo de cultivares com características semelhantes, facilmente identificadas e diferenciadas pelo aspecto da casca (cor, presença ou ausência de suturas, cicatrizes, reticulação ou rendilhamento), formato do fruto e cor da polpa. No Brasil, são seis os tipos de meloeiro mais plantados e comercializados: Amarelo, Pele de sapo e Honey dew pertencentes à variedade *inodorus* (FIGURA 1), que se caracterizam por serem frutos sem aroma, de boa resistência ao transporte e elevada conservação pós-colheita; os tipos Cantaloupe e Gália pertencentes à variedade *reticulatus* (FIGURA 1) e o Charentais pertencente à variedade *cantalupensis* (FIGURA 1), sendo estes caracterizados pelo elevado teor de sólidos solúveis e baixa conservação pós-colheita (PITRAT; HANELT; HAMMER, 2000; CRISÓSTOMO; ARAGÃO, 2013).

Figura 1: Tipos comerciais de melão (*Cucumis melo*) mais plantados e comercializados no Brasil.



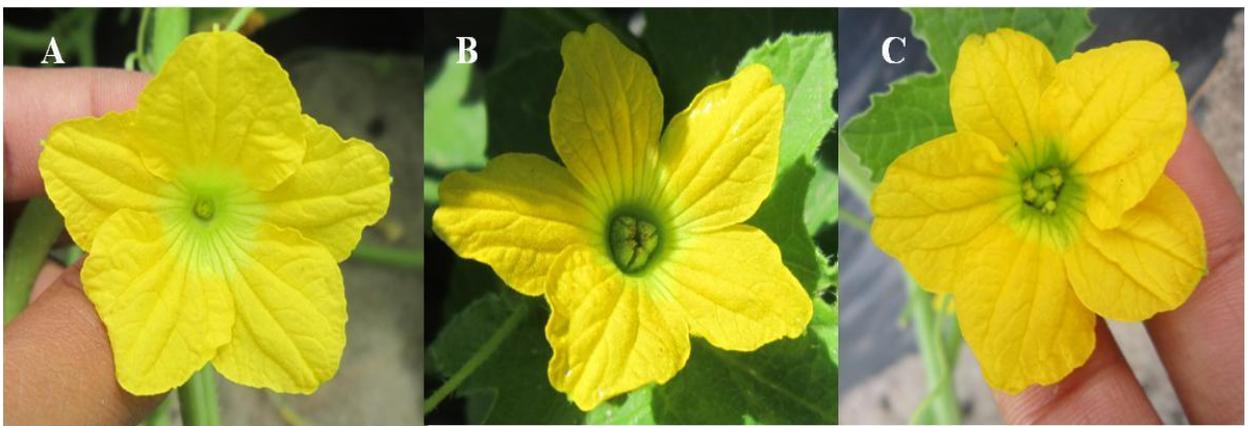
Fonte: ARAGÃO (2011).

O meloeiro é uma planta anual, de caule herbáceo e sarmentoso, com crescimento rasteiro, ramificado e presença de gavinhas. As folhas são alternadas simples, palmadas e de limbo inteiro. O sistema radicular é ramificado, vigoroso e pouco profundo, onde seu maior volume se concentra nos primeiros 30 cm de profundidade de solo (KIRKBRIDE, 1993; FONTES; PUIATTI, 2005). É uma planta de clima quente (25 a 35°C) e seco, com muita luminosidade (SILVA *et al.*, 2005). Em condições de semiárido possui ciclo curto, entre 60 a 65 dias, entretanto, sua duração pode variar devido às condições edafoclimáticas e do tipo de meloeiro cultivado (LIMA; KHAN, 2017).

O período de floração do meloeiro se inicia entre 25 e 30 dias após o plantio, mas pode haver variação de acordo com o tipo/híbrido plantado e o clima da região (KIILL *et al.*, 2015). Os meloeiros podem apresentar três tipos de flores diferentes, flores masculinas, femininas e hermafroditas (FIGURA 2) (FONTES; PUIATTI, 2005). As flores masculinas são axilares e agrupadas em cacho, enquanto as flores hermafroditas/femininas são solitárias

(GÓMEZ-GUILLAMÓN *et al.*, 1985). A flor masculina possui uma corola de cinco pétalas e em sua base existe um estilete rudimentar cercado pelos nectários. As flores masculinas e hermafroditas possuem cinco anteras deiscentes longitudinalmente, das quais dois pares são fundidos (BEZERRA, 2014). As flores hermafroditas/femininas possuem um estigma trilobado e em sua base os nectários. A corola é formada por cinco pétalas e termina com um ovário (ínfero) e alongado (SOUSA, 2003).

Figura 2: Tipos de flores produzidas nos diferentes tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*), flor masculina (A), flor feminina (B) e flor hermafrodita (C).



A antese das flores do meloeiro ocorre logo nas primeiras horas dia (KIILL *et al.*, 2014) e as flores permanecem abertas por aproximadamente 12 horas (KIILL *et al.*, 2012). As flores masculinas e hermafroditas produzem pólen e néctar (KIILL *et al.*, 2014 e 2015), e as flores femininas produzem somente néctar. Normalmente no meloeiro, assim como em outras Cucurbitáceas, o número de flores masculinas por planta ultrapassa mais de dez vezes o número de flores formadoras de frutos (hermafroditas ou femininas), e as flores hermafroditas/femininas são maiores que as flores masculinas (CRISÓSTOMO *et al.*, 2004; ABREU *et al.*, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2011, BOMFIM *et al.*, 2017).

O fruto do meloeiro é classificado como baga, e possui forma, tamanho e coloração muito variáveis, de acordo com o tipo de meloeiro cultivado. O número de sementes de um fruto variar entre 200 e 600 sementes (PEDROSA, 1997).

### **Polinização e polinizadores do meloeiro**

O meloeiro é uma espécie dependente de polinização biótica, e caso não haja vetores que realizem a transferência dos grãos de pólen de uma flor para outra, a perda na produção pode ser superior a 90% (KLEIN *et al.*, 2007). O meloeiro possui algumas estratégias

reprodutivas que impedem a autopolinização, como a separação espacial dos órgãos reprodutivos em flores masculinas e femininas, grãos de pólen pesados e pegajosos, o que impede seu transporte pelo vento, e, no caso das flores hermafroditas, anteras de deiscência longitudinal voltadas para as pétalas, impedindo o contato natural do pólen liberado com o estigma da própria flor. Portanto, mesmo o meloeiro possuindo flores hermafroditas, suas estruturas sexuais masculinas e femininas não entram em contato entre si naturalmente, dessa forma, dificultando a autopolinização (MCGREGOR 1976; DELAPLANE; MAYER, 2000). Essas características explicam porque o meloeiro é tão dependente de polinizadores bióticos para vingar frutos e produzir satisfatoriamente (BOMFIM *et al.*, 2017).

As abelhas destacam-se como principal grupo de polinizadores de culturas agrícolas (KEARNS, 1992). Muitos autores relatam a presença de diferentes espécies de abelhas em áreas de cultivo de meloeiro (FREE, 1993; KOUONON *et al.*, 2009; COELHO *et al.*, 2012a,b; KIILL *et al.*, 2011,2012 e 2014). No Brasil, as espécies mais reportadas são *A. mellifera*, *Xylocopa grisescens*, *Halictidae* sp.e *Trigona spinipes*, em Petrolina-PE (COELHO *et al.*, 2012a; KIILL *et al.*,2011, 2012 e 2014), *A. mellifera*, *Xylocopa grisescens* e *Melipona mandacaia*, ainda em Petrolina-PE (COELHO *et al.*, 2012b), e *Apis mellifera*, *Halictus* sp., *Plebeia* sp. e *Trigona spinipes* (MOURA; TSCHOEKE, 2013) em Gurupi-TO. Contudo, *A. mellifera* parece ser o visitante mais abundante nos cultivos do meloeiro, e um polinizador eficiente (SOUSA *et al.* 2009; RIBEIRO *et al.*, 2015). Coelho *et al.* (2012) relatam que em 2010 a *A. mellifera* foi responsável por 98,5% do total de visitas em meloeiro Amarelo e em 2011 foi o único visitante na área. Outros autores também relatam a abelha melífera como principal ou único visitante floral na cultura do meloeiro (FREE, 1993; COELHO *et al.*, 2010; KIILL *et al.* 2011; SIQUEIRA *et al.*, 2011; SOUSA *et al.*, 2012).

A polinização adequada do meloeiro demanda a transferência de 400 a 600 grãos de pólen das anteras para o estigma das flores (McGREGOR, 1976; FREE, 1993), caso contrário à formação dos frutos e sementes será prejudicada. Na grande maioria das vezes, apenas uma visita de um polinizador é insuficiente para transferir a quantidade mínima de pólen exigida pela flor para vingar ou produzir frutos adequados para o comércio. Normalmente as flores formadoras de fruto no meloeiro necessitam entre 10 e 15 visitas de *A. mellifera* para que seja depositado o número de grãos de pólen necessários para uma boa formação dos frutos (MCGREGOR *et al.*, 1965 e 1976). Quanto maior a área de cultivo maior a demanda por polinização (GARIBALDI *et al.*, 2013), o que torna fundamental a introdução de polinizadores manejáveis adequados em tipo e em densidade durante o período de florescimento do meloeiro, no intuito de atender os requerimentos de polinização da cultura,

com a finalidade de garantir e maximizar a produção comercial de frutos e/ou sementes (BOMFIM *et al.*, 2017). A produção de melão hoje no Brasil recebe um manejo altamente tecnificado e já inclui a utilização de colmeias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* nas áreas de cultivo para promoverem a polinização da cultura (SIQUEIRA *et al.*, 2011).

### **Comportamento de forrageio de abelha *Apis mellifera* na flor de meloeiro**

O padrão de visitação de *Apis mellifera* na cultura do meloeiro já foi descrito por alguns autores, sendo que no geral as atividades de coleta de recurso pelas abelhas é mais intensa no período da manhã, e vai diminuindo até o final da tarde (HOZ, 2007; COELHO *et al.*, 2010; KIILL *et al.*, 2011, 2014). No entanto, Reyes-Carrillo; Cano-Ríos (2004) relataram que em cultivos de melão, no México, o forrageamento se estendeu até o anoitecer.

As flores hermafroditas do meloeiro recebem mais visitas que as flores masculinas, embora as flores masculinas sejam produzidas em maior quantidade e por mais tempo (MUSSEN; THORP, 2003; KIILL *et al.*, 2011). A coleta de pólen pelas abelhas ocorre principalmente no período da manhã (MUSSEN; THORP, 2003, COELHO *et al.*, 2010, SOUSA *et al.*, 2012, MALERBO-SOUZA; SILVA, 2011).

As flores hermafroditas também produzem maior volume médio de néctar do que as flores masculinas (SIQUEIRA *et al.*, 2011; Kiill *et al.*, 2016). Kiill *et al.* (2014) relatam que as abelhas coletaram 3 vezes mais néctar do que pólen nas flores de meloeiro Amarelo, enquanto que Coelho *et al.* (2010) observaram que 96,18% das visitas das abelhas *A. mellifera* as flores de melão era para a coleta de néctar, sugerindo que a oferta desses recursos no ambiente de cultivo pode influenciar nos recursos coletados pelas abelhas na cultura.

A coleta de néctar pelas abelhas também tem início pela manhã, mas diferente da coleta de pólen se estende durante todo o dia (MUSSEN; THORP, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2017). O tempo gasto na coleta dos recursos alimentares pela abelha melífera está estreitamente relacionado ao tipo floral. Normalmente, o tempo mais longo para coleta é registrado nas flores hermafroditas, e isso foi atribuído a maior complexidade da forma e estrutura desse tipo de flor (MUSSEN; THORP, 2003; HOZ, 2007). O tempo médio gasto nas visitas de *A. mellifera* às flores do meloeiro é variável. Segundo Sousa *et al.* (2012), essas abelhas gastam em média 13,18 segundos em cada flor, mas esse tempo também pode variar de acordo com o recurso floral coletado, sendo que o tempo para coleta de pólen é maior, com média de 21,3 segundos do que o tempo para coleta de néctar, que apresenta média de 5,0 segundos (SOUSA *et al.*, 2012).

Alguns fatores externos podem interferir diretamente no padrão e no comportamento de forrageio da abelha melífera, como a quantidade e qualidade de recursos no campo (MENZEL, 2000), florescimento da vegetação em torno da área de cultivo (SIQUEIRA *et al.*, 2012), preferência entre espécies forrageiras (ABOU-SHAARA *et al.*, 2014), fatores ambientais como baixas temperaturas, alta umidade relativa do ar, velocidade do vento, pluviosidade, baixa intensidade luminosa e época ou estação (seca/chuvosa) do ano (COUTO; COUTO, 2006; JOSHI; JOSHI, 2010; MALERBO-SOUZA; SILVA, 2011; SIQUEIRA *et al.*, 2012), além de ocorrência de inimigos naturais e predadores (SEELEY, 2006). Outro fator que afeta diretamente o forrageamento de *A. mellifera* na cultura do meloeiro é o uso de agrotóxicos durante o período de floração. Siqueira *et al.* (2012) relatam que o número de visitas às flores reduz drasticamente no primeiro e segundo dia após a aplicação de agrotóxicos em cultivo de meloeiro, e somente no quinto dia após a aplicação do defensivo as abelhas voltam a visitar normalmente as flores da área. O início do forrageamento também é afetado, o que pode comprometer a produção dos frutos.

### **Atrativos florais**

Como a maioria das plantas com flores depende de polinização biótica para sua reprodução, as flores ao longo de sua evolução desenvolveram várias características que podem atrair os visitantes. A relação entre flor e visitante floral é geralmente estabelecida por meio de 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; HARBORNE, 1993).

Na relação planta-polinizador, existe uma espécie de pré-seleção pela qual as plantas atraem os visitantes florais de acordo com suas características florais, uma vez que o tipo de visitante atraído, sua frequência e duração das visitas são fatores cruciais para a que aconteça a polinização e o conseqüente sucesso reprodutivo da planta (KESSLER; BALDWIN, 2007). Os sinais florais devem ser reconhecidos pelos visitantes para que a interação ocorra. Neste contexto o reconhecimento dos sinais florais na interação planta/polinizadores é de suma importância para a reprodução (CHITTKA; RAINE, 2006; FARRE-ARMENGOL *et al.*, 2013). A natureza dessas características é muito diversa, como sinais visuais (tamanho, forma da flor, número de flores produzidas, cor das pétalas, guias de néctar), sinal olfativo (odor floral), recursos gustativos (recursos alimentares, pólen e néctar), dentre outros (GOULSON, 1999 e 2000; GEGEAR; LAVERTY, 2001; ANDERSSON *et al.*, 2002; GRINDELAND; SLETVOLD, 2005).

## Sinais visuais

Os sinais visuais nas flores foram evolutivamente importantes nas interações planta/polinizador. Eles são os primeiros sinais utilizados pelos visitantes na localização das flores, e sua utilização se estende a longas distâncias (WEISS, 2001). A distinção entre a flor e o meio se dá por intermédio de características visuais fornecidas pelas flores, como tamanho, forma, cor, brilho, etc. Estas são importantes já que a maioria dos visitantes depende, em maior ou menor grau, da visão para encontrar as flores.

As cores também auxiliam no reconhecimento visual e na atração das flores para os polinizadores. As cores tem um papel importante nas flores, não apenas de atração, mas também ajudam na constância floral dos visitantes, pois podem facilitar a distinção entre espécies (KUNZE; GUMBERT, 2001; CHITKA *et al.*, 2001; CHITTKA; RAINE, 2006; STRAUSS; WHITTAL, 2006). As cores podem atrair grupos de visitantes específicos que seriam o tipo de polinizadores mais eficientes para cada espécie (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979). Os flavonoides são os pigmentos mais comuns nas flores, eles fornecem cores que vão do amarelo ao vermelho, violeta e azul, e são encontrados nas células da epiderme vegetal. Os carotenoides fornecem principalmente a cor amarela, mas também laranja e vermelho, e se localizam em grande parte nos plastídios (organelas fotossintéticas). E as betalaínas contribuem para tonalidades esbranquiçadas, amareladas, alaranjadas, avermelhadas e violáceas. A gama de cores nas diversas espécies florais existentes é formada por várias combinações entre esses pigmentos (TANAKA; BRUGLIERA, 2006).

Algumas associações entre cores e polinizadores são conhecidas. Um exemplo é a associação da cor vermelha às flores visitadas por pássaros. No entanto, apesar da relação entre cores e polinizadores exista, se deve salientar que ela não é exclusiva. Abelhas podem reconhecer e visitar flores vermelhas (CRONK; OJEDA, 2008; CHITTKA *et al.*, 2001), embora a cor vermelha seja mais facilmente reconhecida por pássaros devido aos diferentes padrões de reflectância (LUNAU *et al.*, 2011). De forma geral, as flores visitadas por abelhas possuem cores que variam entre amarelo-rosa-violeta-azul, as quais parecem ser mais atrativas para estes visitantes (WESTERKAMP; CLASSEN-BOCKHOFF, 2007).

Outra característica geralmente presente em flores visitadas por abelhas é a presença de guias, que são sinais que vão da abertura da corola e seguem em direção ao recurso floral (WESTERKAMP; CLASSEN-BOCKHOFF, 2007). Estes guias florais são importantes após a aproximação do visitante, já que são detectados apenas a curtas distâncias (MEEUSE, 1961). Eles ajudam o visitante no reconhecimento da flor e auxiliam na sua orientação até o

local onde o recurso se encontra (LEONARD; PAPAJ, 2011; OWEN; BRADSHAW 2011; HANSEN; VAN DER NIET; JOHNSON, 2012). Lunau; Unseld; Wolter (2009) e Hansen; Van Der Niet; Johnson (2012) relatam que abelhas do gênero *Bombus* têm preferências por flores com guias quando comparado às flores sem guias.

Além dos sinais emitidos pela flor como unidade de atração, o aglomerado de flores, isto é o *display* floral, e o conjunto de flores abertas em um indivíduo em um certo intervalo de tempo podem atuar de forma integrada na atração de polinizadores (OHASHI; YAHARA, 2001). As preferências por maiores displays florais podem estar associadas tanto à habilidade de aprendizagem e memorização dos polinizadores quanto simplesmente à melhor detecção de objetos (SCHIESTL; JOHNSON 2013).

O período de floração de uma espécie (início, duração e término) e a intensidade da floração (número de flores disponíveis) são características fenológicas importantes, podendo haver uma relação entre elas e seus visitantes florais (OLLERTON; DAFNI, 2005). O número de flores disponíveis e o período de antese das mesmas, afeta tanto a atração para os polinizadores quanto a eficiência dos mesmos, uma vez que podem influenciar seu comportamento de forrageio. A atratividade das plantas pode ser diferenciada pelas diferentes taxas de abertura das flores (HARDER; JOHNSON, 2005). A sincronia no florescimento também pode ser um fator importante, pois o florescimento em conjunto aumenta a probabilidade de sucesso reprodutivo (MICKELIUNAS; PANSARIN; SAZIMA, 2006), provavelmente em função da maior disponibilidade de pólen coespecífico. A floração chamada de *steady state*, que corresponde a longos períodos de floração e de forma contínua, com a abertura de poucas flores por dia, foi associada às abelhas por Gentry (1978), já que algumas espécies de abelhas tem o comportamento de constância floral. Esse termo é aplicado ao visitante que se restringe a uma espécie de flor durante o forrageamento (GEBER; MOELLER 2006; KUDO, 2006). Os atrativos florais, dentre eles os sinais visuais, podem influenciar na constância floral dos visitantes, na identificação das flores pelas suas características semelhantes, tornando-as mais facilmente diferenciadas das outras (GOULSON, 2000; GEGEAR; LAVERTY, 2001).

### **Sinal olfativo**

O uso do olfato no reconhecimento floral pelos animais também tem um papel importante na atração dos polinizadores (KUNZE; GUMBERT, 2001; CHITTKA; RAINE, 2006). Insetos tem um sistema olfativo especializado e se utilizam de seu olfato para várias

funções, incluindo a alimentação (WRIGHT; SCHIESTL 2009). Na maioria das vezes, o odor floral é emitido pelas pétalas (FARRÉ-ARMENGOL *et al.* 2013), mas Dobson; Bergstrom (2000) afirmam que eventualmente os recursos buscados pelos visitantes florais também podem exalar odores. Assim, os polinizadores poderiam avaliar e associar os recursos através do odor emitido e também podem aprender a associar odores com a ausência de recurso (WRIGHT; SCHIESTL, 2009).

O odor floral pode tanto atrair quanto repelir os visitantes, sendo, portanto, uma forma de selecionar seus potenciais polinizadores (JUNKER; BLÜTHGEN, 2010). Na atração, os perfumes florais podem sinalizar presença de recursos alimentares (PELLMYR; THIEN 1986). De acordo com Kunze; Gumbert (2001), para as abelhas, os perfumes florais são sinalizadores mais eficientes que as cores, pois são memorizados. Desta forma, os odores são caracterizados como sinal-chave para os polinizadores (SCHIESTL, 2005). Provavelmente o odor floral tenha precedido as cores na atração de polinizadores na escala evolutiva (VAN DER PIJL, 1960).

O odor floral consiste numa mistura complexa de moléculas. Knudsen *et al.* (2006) apresentam uma lista contendo 1.719 compostos químicos encontrados em odores florais extraídos de 991 espécies estudadas. Espécies semelhantes podem apresentar composições distintas (VARASSIN; TRIGO; SAZIMA, 2001), e espécies diferentes podem apresentar uma composição química semelhante, indicando uma associação aos polinizadores (RIFFELL *et al.*, 2012).

A composição do odor floral é bastante variável e corresponde às preferências de determinados grupos de polinizadores. Exemplos disso são espécies florais com odores agradáveis, que são associadas com a atração de abelhas, enquanto que flores com odores que se assemelham a corpos em decomposição atraem moscas que fazem postura nesse tipo de substrato (HARBORNE, 1988; KNUDSEN; TOLLSTEN, 1993). A presença de um determinado composto pode reforçar a efetividade de outro composto no reconhecimento do odor pelo polinizador (HARBORNE, 1993). Em alguns casos as abelhas podem ser mais atraídas para flores com pouca disponibilidade de néctar do que para flores com mais recurso disponível, indicando que o sinal olfativo pode ser um fator determinante nas suas escolhas (WOLF; LENSKY; PALDI, 1999). Na colônia, durante a trofalaxia a informação olfativa aliada à habilidade de associar um odor ao alimento que as companheiras possuem, induz a uma memória olfativa de curto e longo prazo, permitindo que as abelhas possam voltar a visitar as mesmas flores posteriormente (GIL; De MARCO, 2005; WRIGHT; SCHIESTL, 2009).

## Recursos alimentares

A interação entre a flor e seus visitantes é geralmente estabelecida quando o visitante sai em busca de algum recurso, em geral recurso alimentar, seja para o próprio indivíduo adulto ou para suas crias (WESTERKAMP, 1996). Em virtude disso, as flores atraem os visitantes sinalizando a presença de algum tipo de recurso, para que dessa forma sejam polinizadas. A fidelidade de um visitante às flores de uma espécie pode estar relacionada à preferência pela qualidade ou quantidade do recurso oferecido (KUDO, 2006).

Dentre os vários recursos buscados pelos visitantes florais, está o pólen. O pólen é produzido nas anteras das flores (BORG; TWELL, 2011) e serve de atrativo para diversos grupos de polinizadores, incluindo as abelhas, que o utilizam como parte de sua alimentação, como a principal fonte proteica natural (PINHEIRO *et al.*, 2014). Segundo Willmer (2011), o pólen tem sua constituição química principalmente proteica (2,5%-61%), mas também contém lipídeos (1%-18%), amido (0%-22%), açúcar, fósforo, vitaminas e água, dentre outros componentes. Seu valor nutritivo e composição química diferem de acordo com a espécie vegetal (MARCHINI; REIS; MORETI, 2006). Nas abelhas *A. mellifera*, ele é importante na alimentação das larvas de até três dias e no desenvolvimento glândular (WINSTON, 2003). Essas abelhas coletam, transportam e armazenam o pólen nos alvéolos dos favos na colônia (SEELEY, 2006).

Considerando a abordagem botânica, os grãos de pólen são células vegetativas que transportam os gametas masculinos das plantas (EDLUND; SWANSON; PREUSS, 2004). Segundo Edlund; Swanson; Preuss (2004), o grão de pólen pode ser dividido em três estratos: uma camada interna chamada de intina, composta principalmente de celulose; e duas camadas mais externas formadas de esporopolenina, um polímero quimicamente resistente. A camada mais interna das duas é lisa e denominada nexina, enquanto que a camada mais externa é a parte “ornamentada” do grão de pólen e chamada de sexina. Essas duas camadas juntas formam a exina. A ornamentação da exina é crucial na identificação da espécie vegetal de origem do pólen, e além da proteção contra impactos e danos às células reprodutoras, a exina também desempenha um papel importante na fixação e aderência dos grãos de pólen à superfície estigmática (BORG; TWELL, 2011).

Existe uma grande variedade entre os grãos de pólen nas espécies vegetais, tanto quanto ao diâmetro (5  $\mu\text{m}$  a 200  $\mu\text{m}$ ), quanto a forma dos grãos (redondos, elípticos e multifacetados) (BORG; TWELL, 2011), pigmentações (LUNAU, 2000), nos compostos orgânicos voláteis presentes (DOBSON; BERGSTROM, 2000) e também em seu valor

nutricional (ROULSTON; CANE, 2000). O grão de pólen do meloeiro é uma mônade, isopolar, de tamanho variando de médio a grande (48-51  $\mu\text{m}$ ), de forma triangular, oblato-suboblado, de simetria radial, triporado (com três poros), com sexina ligeiramente mais espessa do que a nexina, e superfície reticulada (PERVEEN; QAISER, 2008; PALDAT, 2009). Segundo Whitaker; Davis (1962) o grão de pólen do meloeiro é muito denso, viscoso e higroscópico. Ao ser depositado no estigma da flor hermafrodita/feminina, germina em poucos instantes e pode alcançar o ovário até 24 horas após a germinação. Em alguns casos o pólen além de recurso alimentar também pode ser considerado recurso visual, por causa da sua pigmentação (ENDRESS, 2001; THIEN *et al.*, 2009),

Outro recurso muito procurado pelos visitantes florais é uma secreção aquosa e adocicada, produzida pelos nectários florais, denominada néctar (THIEN *et al.*, 2009). O néctar é composto por açúcares, proteínas, aminoácidos, alguns minerais e vitaminas (BRANDENBURG *et al.* 2009). Ele também faz parte da dieta de vários grupos de polinizadores, incluindo as abelhas, para as quais constitui sua principal fonte energética (WINSTON, 2003; WINTER *et al.*, 2014). As abelhas utilizam o néctar como alimento para adultos e larvas com mais de três dias, o que as faz procurarem preferencialmente espécies vegetais que produzam esse recurso. Porém, geralmente a disponibilidade do néctar é mais restrita que a de pólen e com difícil acesso aos visitantes, e sua presença só pode ser detectada por sinalização externa (WESTERKAMP, 2004).

O néctar pode ser tanto atrativo quanto repelente aos visitantes. Os componentes responsáveis pela atração no néctar são os carboidratos e aminoácidos, além de algumas substâncias voláteis. Já a repelência, apresenta a nectarina, proteína do néctar que tem a função de proteção, como um dos principais componentes envolvidos (GONZÁLEZ-TEUBER; HEIL, 2009). Dessa forma, um néctar rico em um determinado composto pode atrair ou repelir mais de um determinado grupo de visitantes (HEIL, 2011).

Segundo Agostini; Sazima; Galetto (2011) o néctar pode ser secretado em ritmos diferentes e pode ser reabsorvido pela flor. Esta reabsorção está relacionada ao comportamento dos visitantes florais, cuja atividade está ligada à quantidade e disponibilidade do néctar ao longo do dia (GALETTO; BERNARDELLO, 2005), podendo influenciar no fluxo de forrageamento dos polinizadores entre as flores de um mesmo indivíduo ou entre indivíduos de uma mesma população (KEARNS; INOUE, 1993; CORBET, 2003; AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014).

Portanto, uma série de fatores pode contribuir em determinar a atratividade de uma espécie vegetal para os potenciais polinizadores que ocorrem naquela área. No caso do melão,

a visitação das abelhas *A. mellifera* é essencial para a obtenção de boa produtividade e frutos de maior qualidade. No entanto, apesar das flores dos diferentes tipos de melões cultivados serem aparentemente muito similares entre si para os olhos humanos, as abelhas melíferas parecem fazer distinção entre elas e apresentar preferências por flores de certos tipos de melão em relação a outros. No presente estudo, se buscou determinar possíveis diferenças em sinais visuais (tamanho, forma da flor, número de flores produzidas, cor das pétalas), olfativos (odor floral) e recursos alimentares (pólen e néctar) das flores de cinco tipos comerciais de meloeiro cultivados no Brasil, e investigar possíveis correlações dessas características com a visitação das abelhas *A. mellifera* às flores e à produção de frutos e sua características pós-colheita em cada tipo de meloeiro.

## CARACTERÍSTICAS FLORAIS DE ATRAÇÃO A POLINIZADORES EM CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*)

### RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo*) cultivado é dividido em grupos em uma classificação denominada de “tipo”, feita de acordo com características dos frutos que as plantas produzem. Sendo uma espécie dependente de polinização biótica, a capacidade de atrair polinizadores é fundamental para a reprodução e a produtividade dessa planta quando sob cultivo agrícola. No entanto, seus polinizadores talvez visitem as flores dos diversos tipos de meloeiro de forma diferenciada, o que pode comprometer a polinização e produção de frutos. Por isso, o objetivo desse estudo foi constatar se existe diferença em características florais de atração de polinizadores, como o número de flores, morfometria floral e cor das pétalas nas flores masculinas e hermafroditas/femininas em cinco diferentes tipos de meloeiro, que possam levar a diferenças na visitação entre suas flores. O experimento foi realizado durante duas estações de cultivo, em 2014 e 2015, no Campo Experimental de Pacajus, que pertence à Embrapa Agroindústria Tropical e constou de estudos do ciclo da cultura, do período de florescimento, e análises morfométrica e colorimétrica das flores em híbridos dos tipos Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e Pele de Sapo. Os cinco tipos de meloeiro estudados apresentaram características gerais semelhantes nos aspectos de duração do ciclo de florescimento, número de flores emitidas, morfometria e cor dessas flores. No entanto, foram encontradas diferenças entre os tipos de meloeiro na precocidade, período de florescimento, número de flores masculinas e hermafroditas, tamanho de estruturas florais relacionadas com a atração dos polinizadores, como diâmetro da corola e altura e diâmetro da câmara nectarífera, e tonalidade de verde. Conclui-se que o tipo Cantaloupe apresenta o conjunto das características estudadas mais atrativo às abelhas, seguido pelos tipos Amarelo e Gália, enquanto que o tipo Pele de sapo e, principalmente o Charentais, são aqueles cujos conjuntos de características seriam os menos atrativos. A habilidade das abelhas de identificarem e diferenciarem diferenças sutis nesses padrões podem evidenciar essas características desejáveis nas flores, tornando um tipo de meloeiro mais atrativo do que os outros. Estudos comparando a visitação de abelhas aos cinco tipos de meloeiro são necessários.

**Palavras-chave:** análise colorimétrica; atração de polinizadores; atratividade floral; características florais; morfometria floral.

## ABSTRACT

The cultivated melon (*Cucumis melo*) plants are divided into groups in a classification called "type", according to characteristics of the fruits they produce. Being a species dependent on biotic pollination, the ability to attract pollinators is critical to the reproduction and productivity of this plant species when under agricultural cultivation. However, pollinators may visit the flowers of different types of melon differently, which can compromise pollination and fruit production. Therefore, the objective of this study was to investigate possible differences in floral characteristics that attract pollinators, such as number of flowers, floral morphometry and color of the petals in male and hermaphrodite / female flowers in five different types of melon which may lead to differences in visitation among their flowers. The experiment was carried out during two growing seasons, in 2014 and 2015, in the Experimental Field of Pacajus, Brazil, which belongs to Embrapa Tropical Agroindustry and consisted of studies of the crop cycle, flowering period, and morphometric and colorimetric analysis of flowers in hybrids of types Yellow, Cantaloupe, Charentais, Galia and Piel de sapo. The five types of melon studied have similar general characteristics regarding the duration of the flowering cycle, number of flowers emitted, morphometry and color of these flowers. However, differences were found between the types of melon in precocity, flowering period, number of male flowers and hermaphrodites, size of floral structures related to the attraction of pollinators, such as diameter of corolla and height and diameter of the nectariferous chamber, and shade of green. It is concluded that the Cantaloupe type presents the most attractive characteristics for bees, followed by the Yellow and Galia types, while the Peil de sapo type, and especially the Charentais, are those whose sets of characteristics would be the least attractive. The ability of bees to identify and differentiate subtle differences in these patterns may evidence these desirable characteristics in flowers, making one type of melon more attractive for visits than the others. Investigations comparing flower visitation to the five melon types are needed.

**Keywords:** colorimetric analysis; floral attractiveness; floral morphometry; floral traits; pollinator attraction.

## INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo*) é uma espécie da família *Cucurbitaceae* que possui origem africana e atualmente é cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre (AMBRÓSIO *et al.*, 2015; SABATO *et al.*, 2015). É a espécie que possui a maior variabilidade fenotípica em seu gênero, mas sua diversidade morfológica é mais acentuada nos frutos, onde há variações nas cores, formas e tamanhos (STAUB; ROBBINS; LÓPEZ-SESÉ, 2002; LUAN *et al.*, 2010). No intuito de facilitar a comercialização, os melões cultivados foram agrupados numa classificação denominada de “tipo”, composto por um grupo de cultivares com características semelhantes, facilmente identificadas e diferenciadas por características dos frutos, como o aspecto da casca (cor, presença ou ausência de suturas, cicatrizes, reticulação ou rendilhamento), formato do fruto e cor da polpa. Outras diferenças fenotípicas relacionadas a folhas, caules, ramos e flores são bem menos evidentes.

O meloeiro é uma espécie dependente de polinização biótica, e caso não haja vetores que realizem a transferência dos grãos de pólen de uma flor para outra, a perda na produção pode ser superior a 90% (KLEIN *et al.*, 2007). Desta forma, a capacidade de atrair polinizadores é fundamental para a reprodução e a produtividade dessa planta quando sob cultivo agrícola (BOMFIM *et al.*, 2017). Observações empíricas no entanto, sugerem que os polinizadores, particularmente a espécie mais utilizada na polinização dessa cultura, a abelha *Apis mellifera*, visita as flores dos diversos tipos de meloeiro de forma diferenciada, o que pode comprometer a polinização e produção de frutos. Para que isso ocorra, essas abelhas precisam identificar diferenças sutis entre as flores de tipos diferentes de meloeiro que permitam tal discriminação.

As flores são as unidades atrativas das plantas para os polinizadores e utilizam uma grande variedade de sinais para atrair os visitantes (FAEGRI VAN DER PIJL, 1979). Em geral estes sinais são transmitidos simultaneamente e por meio de várias estratégias sensoriais (KACZOROWSKI *et al.*, 2012; BURGER; DOTTERL; AYASSE, 2012). Dentre eles, os sinais visuais geralmente são os primeiros percebidos pelos visitantes que os usam para distinguir as flores e o meio que se encontram (LUNAU, 2006). Características como o tamanho da flor, a simetria, a cor, dentre outras, foram evolutivamente fundamentais no estabelecimento das interações planta-polinizador (BRITO; TELLES; LUNAU, 2014; ORBÁN; PLOWRIGHT, 2014).

O tamanho das flores seria significativamente importante em termos evolutivos, (ARMBRUSTER; ANTONSEN; PÉLABON, 2005), pois pétalas grandes contribuem para

eficiência da exibição floral, facilitando a sinalização para os polinizadores a longa distância, podendo assim aumentar as taxas de visitação (WEISS, 1991; JONES; CRUZAN, 1999) e o tamanho floral é possivelmente preditivo de maiores recompensas (ORBÁN; PLOWRIGHT, 2014; YAN *et al.*, 2015). Blarer; Keasar; Shmida (2002) consideram a possibilidade das abelhas serem capazes de associar o tamanho floral com a recompensa fornecida, havendo preferência por flores de maior tamanho. Tipos de melão com flores maiores poderiam portanto ser mais atrativas para as abelhas.

Além do formato e tamanho, as cores das flores atuam como sinais visuais que atraem os polinizadores (ARAGÓN; ACKERMAN, 2004; BRITO; TELLES; LUNAU, 2014; YAN *et al.*, 2015). As flores atraem os visitantes usando uma gama de cores, mas abelhas tendem a visitar principalmente flores violetas, azuis, rosas e amarelas (CHITTKA *et al.* 2001; MILLER; OWENS; RORSLETT, 2011). A preferência de cor pelas abelhas geralmente está ligada à qualidade de recursos alimentares ofertados (RAINE; CHITTKA 2007; WILLMER, 2011), mas a maioria das flores não tem uma única cor (HEUSCHEN; GUMBERT; LUNAU, 2005). Além disso, a cor das flores varia entre as espécies, entre indivíduos da mesma espécie, e até durante a vida das flores (YAN *et al.*, 2015), e flores mais contrastantes em relação ao meio podem ser mais facilmente detectadas pelos visitantes e, conseqüentemente serem mais visitadas (GIURFA *et al.*, 1997). Todos os tipos de meloeiro apresentam flores com aparentemente a mesma cor, amarelo. No entanto, as abelhas tem a capacidade de ver contrastes e tons de cores não percebidos pelo olho humano (GARCIA *et al.*, 2017) e poderiam detectar diferenças na cor das flores dos diferentes tipos de meloeiro.

O número de flores abertas também é um elemento importante na exibição floral em plantas polinizadas por animais, pois plantas que produzem um grande número de flores podem receber mais visitas (OHASHI; YAHARA 1998). Eckhart (1991) sugere que as abelhas visitam mais plantas que produzem muitas flores, provavelmente porque isso reduz o tempo das viagens, otimizando assim, a coleta de recursos (KACELNIK; HOUSTON; SCHMID-HEMPEL, 1986; ELLIOTT; IRWIN, 2008). Considerando isso, tipos de meloeiro que produzem mais flores também poderiam atrair mais polinizadores.

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi estudar as características florais de atração a polinizadores do meloeiro para investigar se existem diferenças em sinais visuais como o número de flores, morfometria floral e cor das pétalas nas flores masculinas e hermafroditas/femininas de cinco tipos comerciais dessa cultura agrícola, e como essas diferenças poderiam afetar a visitação por polinizadores.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical localizado no município de Pacajus, CE. As flores objeto do estudo foram obtidas de cinco tipos comerciais de meloeiro, tendo sido utilizado um híbrido de boa aceitação comercial para cada tipo. Os cinco tipos de meloeiro foram plantados em uma área composta por 20 linhas de plantio, que foram divididas ao meio, totalizando assim 40 parcelas experimentais (ANEXO 1). Elas foram plantadas simultaneamente e cada parcela ficou composta por 25 plantas. A distribuição dos tipos de meloeiro nas parcelas foi feita ao acaso, por sorteio. O espaçamento utilizado foi de 2,0 m entre linhas e de 0,40 m entre plantas. O ensaio foi conduzido na estação seca dos anos de 2014 (setembro- dezembro) e 2015 (outubro-dezembro), a área foi irrigada por gotejamento, com adubação de fundação, e abubação de cobertura via fertirrigação.

### **Material vegetal utilizado**

Os cinco diferentes tipos e respectivos híbridos de meloeiro selecionados para este estudo foram Amarelo (Goldex), Cantaloupe (Zelda), Pele de sapo (Ricura), Charentais (Banzai) e Gália (McLaren). Os três primeiros tipos apresentam somente flores (masculinas e hermafroditas), enquanto os dois últimos apresentam flores (masculinas, femininas e hermafroditas) na mesma planta.

O estudo do número total de flores produzidos durante o ciclo da cultura levou em conta todas as flores produzidas pelas plantas, mas as a morfometria floral e a análise colorimétrica foi feita apenas nas flores masculinas e hermafroditas, por serem as únicas comuns aos cinco tipos de melão estudados.

### **Duração do ciclo da cultura e o número de flores produzidas por planta**

Logo no início da floração na área, duas plantas saudáveis e vigorosas de cada parcela foram selecionadas e marcadas com fita vermelha, para diferenciá-las das demais plantas e facilitar a sua localização (FIGURA 3), num total de 16 plantas marcadas para cada tipo de meloeiro estudado. Nessas plantas foi registrado diariamente o número de flores masculinas e hermafroditas/femininas emitidas durante todo o período de floração, que vai desde a emissão da primeira flor até a colheita dos frutos.

Figura 3: Planta de meloeiro (*Cucumis melo*) marcada com fita colorida para estudo do número de flores emitidas durante todo o período de floração em Pacajus-CE.



Fonte: Autor

### Morfometria floral

Na análise morfométrica, duas flores masculinas e duas flores hermafroditas de cada parcela foram coletadas, sendo 16 flores masculinas e 16 flores hermafroditas de cada tipo de meloeiro estudado. As flores utilizadas nessa análise foram removidas da planta e medidas somente no período da manhã, com o intuito de garantir que estariam turgidas e vistosas para que as medições não fossem prejudicadas.

As características florais mensuradas nas flores masculinas e hermafroditas foram as seguintes: Diâmetro da corola (mm) (FIGURA 4); altura da corola (mm); abertura da flor (mm); altura da câmara nectarífera (mm); diâmetro da câmara nectarífera (mm); altura da antera (mm) e altura do cálice (mm). A altura do cálice (mm) foi medida somente nas flores masculinas. As características como altura do cálice/ovário (mm); diâmetro do ovário (mm) e o diâmetro do estigma (mm) foram mensurados somente em flores hermafroditas. Todas as medições morfométricas foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital.

Figura 4: Mensuração do diâmetro da corola de uma flor hermafrodita de meloeiro (*Cucumis melo*) com auxílio de um paquímetro digital em Pacajus-CE.



Fonte: Autor

### **Análise colorimétrica**

Na análise colorimétrica as amostras (15 flores) hermafroditas e (15 flores) masculinas de cada tipo de meloeiro foram coletadas em campo no período da manhã, para garantir que todas as flores estivessem túrgidas e viçosas. Estas então foram armazenadas em potes plásticos, datados e identificados com tipo de meloeiro e o sexo floral correspondente. Os potes foram acondicionados em isopor com gelo e levados imediatamente ao Laboratório de Embalagens, localizado na sede da Embrapa Agroindústria Tropical, para a realização da análise colorimétrica.

No intuito de obter somente a cor das pétalas, as flores foram despetaladas e as pétalas colocadas em uma placa de petri para que a análise fosse realizada. As leituras foram obtidas em triplicata (três flashes de luz do colorímetro), em três posições distintas, de tal forma que toda a superfície da amostra fosse coberta, as três leituras compõem a média das leituras, a qual está apresentada nos resultados.

A cor das pétalas das flores dos diferentes tipos de meloeiro foi medida por refletância utilizando o colorímetro da marca MINOLTA CR-400/410, com fonte iluminante padrão D65 (luz do dia), no padrão C. I. E (Commission Internationale de L'Eclairage) (FIGURA 5). E na caracterização objetiva da cor foi utilizado o sistema CIELAB ( $L^*a^*b^*$ ), no qual cada cor tem uma única localização, especificada numericamente por meio dos eixos  $L^*$  (luminosidade), que vai do 0 (ausência de luminosidade ou preto) a 100 (alta luminosidade ou branco), o eixo

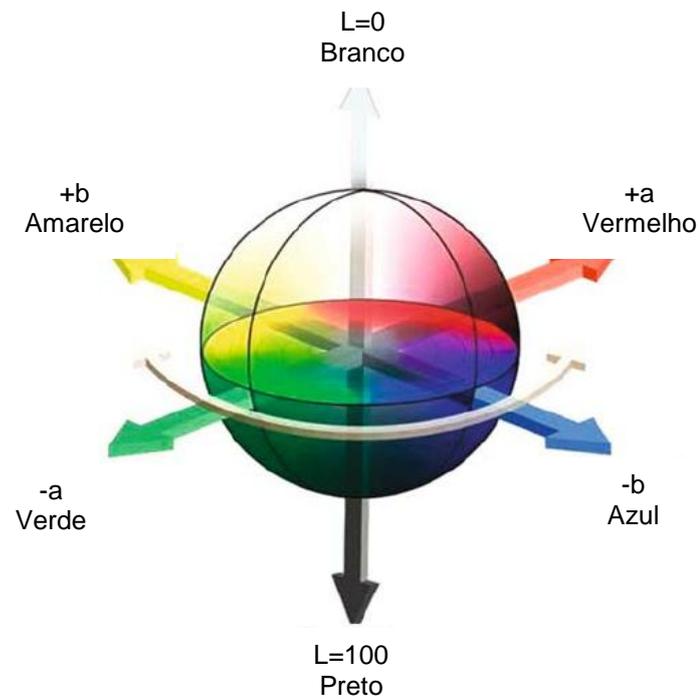
$a^*$  do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo  $b^*$  do azul (-b) ao amarelo (+b) (FIGURA 6) (STOLKER, 2009).

Figura 5: Uso de colorímetro na análise de cor das pétalas de flores masculinas e hermafroditas de cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*).



Fonte: Autor

Figura 6: Sistema  $L^*a^*b^*$  para caracterização da cor das pétalas das flores de meloeiro.



Fonte: (SINGH; PARWATE, SHUKLA, 2009).

## **Análise estatística dos dados**

A análise estatística dos dados da avaliação colorimétrica foi feita de forma descritiva. Os dados referentes ao número de flores por planta e morfometria passaram por teste de normalidade e as variáveis foram transformadas por Box-Cox. A comparação entre médias das características morfométricas para os anos de 2014 e 2015 foi realizada pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Duração de ciclo da cultura e o número de flores produzidas por planta**

O ciclo dos tipos de meloeiro estudados teve duração de 71 dias em 2014 e 70 dias em 2015. Esses números indicam que o meloeiro cultivado no Nordeste brasileiro, independentemente do tipo ou híbrido, apresenta ciclo curto. Na Espanha, por exemplo, o ciclo da cultura dura o dobro desse tempo (ARAGÃO *et al*, 2017). Fatores ambientais, especialmente a temperatura e a luminosidade podem afetar a duração do ciclo de várias cultivos agrícolas, dentre elas o melão (GORNALL *et al*, 2010).

O florescimento do meloeiro iniciou entre os 18 e 23 dias após o plantio das mudas em 2014 e 17 aos 21 dias em 2015, sendo os tipos Amarelo, Cantaloupe e Gália mais precoces enquanto que o Charentais e Pele de sapo os mais tardios. Segundo Kiill *et al*. (2015), o período de floração do meloeiro tem início entre 25 a 30 dias após o plantio, a depender da variedade, cultivar e das condições climáticas da região. No entanto, mesmo considerando esses fatores, todos os cinco tipos de meloeiro estudados iniciaram florescimento antes dos 25 dias, em ambos os anos de experimento.

O período de floração de 2014 foi semelhante ao de 2015, tendo variado de 44 a 49 dias no primeiro ano e 44 a 47 dias no ano seguinte, em função dos tipos de melão cultivados. O florescimento do meloeiro por cerca de 45 dias pode ser importante para o processo de polinização, pois longos e contínuos períodos de floração, com a abertura de poucas flores por dia são características que atraem repetidamente as abelhas devido ao seu comportamento de fidelidade floral (GENTRY, 1978; KUDO, 2006).

As flores masculinas surgiram quatro a cinco dias antes que as flores hermafroditas e foram produzidas até o final do ciclo da cultura, o que é normal para o meloeiro (KIILL *et al*., 2015). Dessa forma, o período de emissão de flores masculinas coincide com o período de

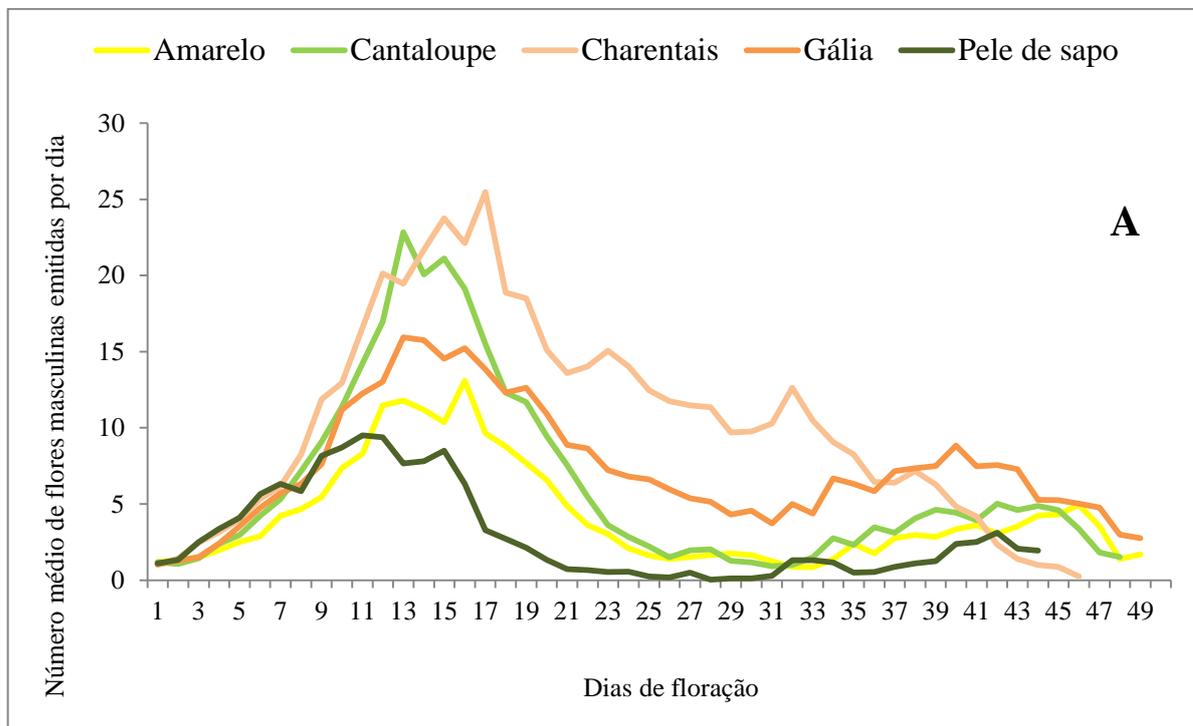
floração da cultura e durou de 44 a 49 dias, apresentando variação de até cinco dias para os diferentes tipos de meloeiro: Amarelo (49 dias), Gália (49 dias), Cantaloupe (48 dias), Charentais (46 dias) e Pele de Sapo (44 dias) (FIGURA 7A). Uma menor amplitude foi observada quanto ao período de emissão de flores hermafroditas/femininas nos diferentes tipos de meloeiro: Amarelo (47 dias), Cantaloupe (46 dias), Gália (45 dias), Pele de Sapo (42 dias) e Charentais (40 dias), provavelmente porque elas surgiram apenas alguns dias após as primeiras flores masculinas (FIGURA 7B). Vários fatores podem afetar o período de emissão de flores no meloeiro estendendo ou reduzindo sua duração. Abreu *et al.* (2008) trabalhando com híbridos de melão Amarelo verificou um período de apenas 30 dias para as flores masculinas e 15 dias para as hermafroditas, enquanto que no presente estudo obteve-se uma amplitude bem maior em ambos os casos. No entanto, as variações no tempo de florescimento observadas no presente estudo, onde todos os tipos estavam submetidos às mesmas condições climáticas e de cultivo, sugerem a existência de diferenças no período de emissão de flores masculinas e hermafroditas/femininas entre esses tipos de melão.

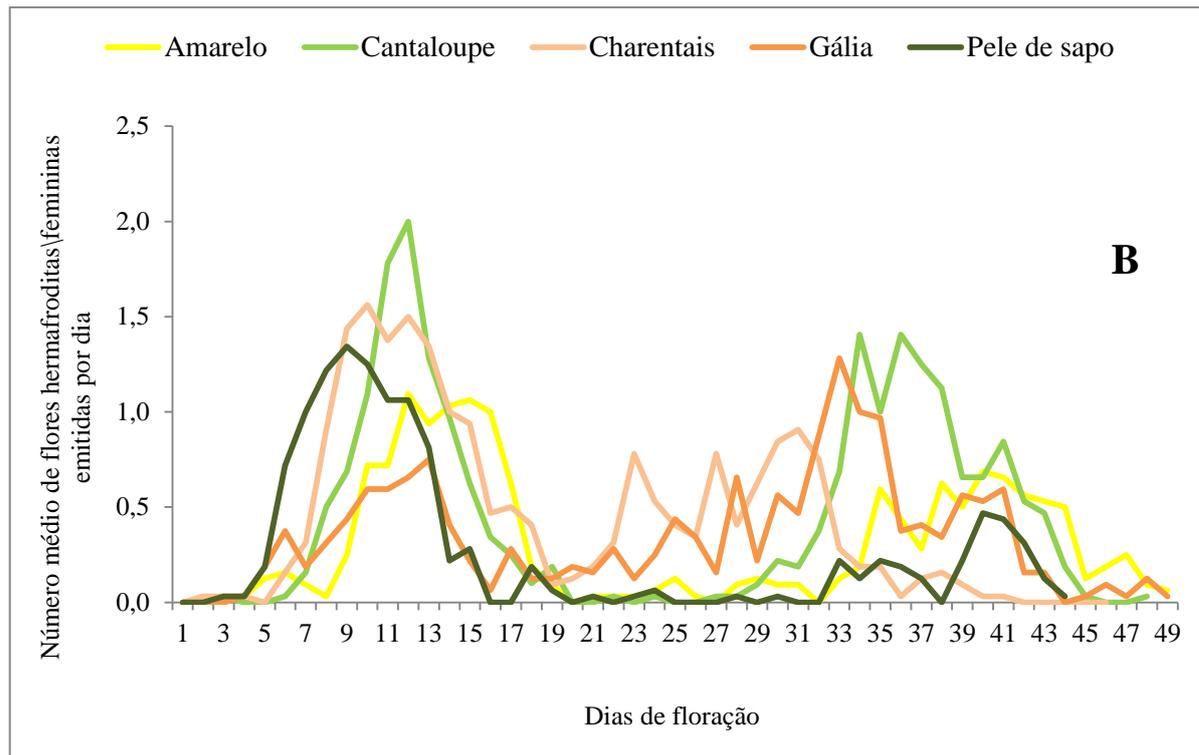
No que se refere ao padrão de apresentação das flores masculinas, todos os tipos de meloeiro mostraram uma crescente produção de flores logo após iniciarem o florescimento, atingindo os maiores picos entre 11 e 17 dias após terem emitidos as primeiras flores (FIGURA 7A). Logo após o pico, a emissão de flores masculinas começou a diminuir rapidamente, atingindo os níveis mais baixos (exceto para o tipo Charentais) entre os 24 e 33 dias após o início do florescimento, quando então apresentaram um novo crescimento na emissão de flores com pico bem mais modesto que o anterior entre os 39 e 42 dias, para finalmente diminuir a produção de flores e encerrar o ciclo entre os 44 e 49 dias (FIGURA 7A). A excessão nesse padrão de florescimento foi apresentado pelo tipo Charentais cuja redução na emissão de flores após o primeiro e antes do segundo pico de produção não foi tão drástica como aquela dos demais tipos de meloeiro (FIGURA 7A). Além disso, o segundo pico no Charentais ocorreu antes dos demais, aos 32 dias, e a emissão de flores já se encontrava em queda acentuada quando os demais tipos apresentaram o segundo pico de emissão de flores (FIGURA 7A).

As flores hermafroditas/femininas surgiram somente quatro a cinco dias depois que as plantas de meloeiro iniciaram a produção de flores masculinas, o que pode favorecer a polinização pois as abelhas já estarão forrageando nas plantas desde a emissão das primeiras flores formadoras de frutos (SIQUEIRA *et al.*, 2011). O padrão de apresentação das flores hermafroditas/femininas dos cinco tipos de meloeiro foi semelhante entre si, e parecido com aquele das flores masculinas com um aumento rápido na produção de flores logo após

iniciarem o florescimento, seguido por queda abrupta na emissão de flores para em seguida retomar a apresentação de flores alcançando um segundo pico antes do declínio final e encerramento da na produção de flores ao final do ciclo das plantas (FIGURA 7B). No entanto, duas diferenças marcantes foram observadas entre os padrões de emissão de flores masculinas e hermafroditas/femininas. A primeira diferença diz respeito aos dois picos de produção de flores que são bem menores para as hermafroditas/femininas do que para as flores masculinas, sendo que o primeiro pico mostrou-se semelhante para quatro dos cinco tipos de meloeiro estudados. A exceção foi o tipo Gália, cujo segundo pico de produção de flores foi maior que primeiro (FIGURA 7B). A segunda diferença está no fato que para todos os tipos de meloeiro estudados houve dias em que nenhuma flor hermafrodita/feminina foi emitida pela planta, o que não ocorreu no período de emissão de flores masculinas, onde pelo menos uma flor era produzida por dia durante todo o período de floração da cultura.

Figura 7: Número médio de flores masculinas (A) e hermafroditas/femininas (B) emitidas por planta a cada dia em cinco diferentes tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) nos anos de 2014 e 2015 em Pacajus-CE.





Todos os cinco tipos de meloeiro emitiram uma quantidade média de flores masculinas e hermafroditas/femininas maior em 2014 do que em 2015 (TABELA 1 e 2). Porém, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no número médio de flores masculinas e hermafroditas/femininas produzidas pelas plantas dos cinco tipos de meloeiro em cada ano de estudo separadamente (TABELA 1 e 2). Fatores climáticos podem influenciar na floração do meloeiro (SILVA; COSTA, 2003), o que poderia explicar as diferenças obtidas na quantidade média de flores entre os dois anos estudados, uma vez que todos os demais parâmetros (tipos e híbridos usados, adubação, irrigação, tratos culturais) foram mantidos constantes entre os dois anos, inclusive a proporção entre os tipos que produziram mais e menos flores.

Quando consideradas as médias dos dois anos de estudo, no entanto, os cinco tipos de meloeiro diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) no número de flores masculinas e hermafroditas/femininas produzidas por planta (FIGURA 7A e B, TABELA 1 e 2). Nesse caso, os cinco tipos de meloeiro emitiram médias de 129.72 a 473.34 flores masculinas por planta durante todo o seu ciclo, sendo que o tipo Charentais produziu maior número de flores, seguido pelos tipos Gália, Cantaloupe, Amarelo e Pele de sapo, todos diferindo entre si (TABELA 1). No que diz respeito às flores hermafroditas/femininas, as médias variaram de 12.13 a 21.31 com os tipos Charentais e Cantaloupe tendo emitido o maior número médio de

flores e não diferido entre si, sendo então seguidos por Gália, Amarelo e Pele de Sapo que também não diferiram entre si (TABELA 2).

Tabela 1: Número médio de flores masculinas emitidas durante o período de floração em 2014 e 2015 de cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE.

Ano	Tipo de meloeiro					Média
	Amarelo	Cantaloupe	Charentais	Gália	Pele de sapo	
2014	243.56±81.70	347.50±81.73	518.06±127.24	390.44±121.75	161.69±56.86	332.25 A
2015	168.31±47.10	246.63±47.46	428.63±100.67	322.63±75.04	97.75±19.23	252.79 B
Média	205.94 d	297.06 c	473.34 a	356.53 b	129.72 e	292.52

\* Todas as variáveis foram transformadas por Box-Cox. <sup>1</sup>/Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Tabela 2: Número médio de flores hermafroditas/femininas emitidas durante o período em 2014/2015 de cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE.

Ano	Tipo de meloeiro					Média
	Amarelo	Cantaloupe	Charentais	Gália	Pele de sapo	
2014	16.00±7.29	25.19±11.18	23.00±8.02	18.25±9.10	15.06±5.86	19.50A
2015	14.63±7.41	17.44±6.81	17.44±7.50	15.25±8.50	9.19±3.39	14.79B
Média	15.31b	21.31a	20.22a	16.75b	12.13b	19.44

\* Todas as variáveis foram transformadas por Box-Cox. <sup>1</sup>/Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

No geral, os tipos de meloeiro que produzem frutos menores (Charentais, Cantaloupe e Gália) produziram mais flores masculinas e hermafroditas/femininas do que os tipos de meloeiros que produzem frutos maiores (Amarelo e Pele de sapo) (TABELA 1 e 2). Isso ocorre provavelmente porque frutos maiores demandam mais nutrientes das plantas reduzindo a capacidade de produção de frutos e, obviamente de flores (AULAR; NATALE, 2013). Um número maior de flores apresentadas simultaneamente tem sido relacionado a um número maior de visitas dos polinizadores (OLLERTON; DAFNI, 2005; HARDER; JOHNSON, 2005), porém a relação dos visitantes e o número de flores produzidas por uma planta ao longo de sua vida ainda é um aspecto pouco estudado, e faltam padrões consistentes para afirmações categóricas a respeito. No caso dos tipos de melão estudados, no entanto, devido ao ciclo de florescimento ter sido muito parecido entre eles, é razoável supor que a média diária de flores apresentadas por planta e por área plantada tenha sido maior nos tipos que apresentaram um número total de flores maior.

A produção de flores masculinas foi maior do que a produção de flores hermafroditas/femininas em todos os tipos de melão nos dois anos (TABELA 1 e 2). Esse parece ser um padrão comum nas Cucurbitáceas, uma vez que padrão semelhante foi

encontrado por Crisóstomo *et al.* (2004) e Kiill *et al.* (2016) em estudos com melão, e por Vidal *et al.* (2006) com abóbora (*Cucurbita pepo* L.).

A proporção entre o número de flores masculinas e hermafroditas/femininas variou de 10,63 a 24,50 vezes maior, como mostra a tabela 3. Esses resultados corroboram com a literatura, quando aponta que o número de flores masculinas pode ser mais de 10 vezes maior que o número de flores formadoras de frutos (DELAPLANE; MAYER, 2000; REYES-CARRILLO; CANO-RÍOS, 2002; SIQUEIRA *et al.*, 2011). Embora fatores ambientais possam afetar a razão sexual entre as flores dessa cultura, aumentando ou diminuindo a diferença entre os tipos florais (SILVA; COSTA, 2003), é possível notar que enquanto o tipo Pele de sapo apresenta a menor razão sexual, os tipos Galia e Charentais apresentam as maiores, e o Cantaloupe e o Amarelo ocupam posições intermediárias entre esses dois grupos (TABELA 3). Na verdade, a diferença na razão sexual cresceu em função do aumento no número total de flores produzidas por cada tipo de melão, de forma a mostrar-se maior nos melões que produziram mais flores, como os tipos Charentais e Gália respectivamente (TABELA 1, 2 e 3).

Tabela 3: Razão sexual entre flores hermafroditas/femininas e flores masculinas em cinco diferentes tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em 2014 e 2015 em Pacajus-CE.

Tipo de meloeiro	Razão sexual (H/F:M)*	
	2014	2015
Amarelo	1:15.22	1:11.50
Cantaloupe	1:13.79	1:14.14
Charentais	1:22.52	1:24.50
Gália	1:21.39	1:21.15
Pele de sapo	1:10.73	1:10.63

\*H/F- flores hermafroditas/flores femininas; M- flores masculinas.

### Morfometria

As análises dos dados morfométricos da flores dos cinco tipos de meloeiro coletadas em 2014 e 2015 mostraram não haver interações significativas dos fatores anoXsexo e anoXtipo. Dessa forma, esses fatores são independentes, ou seja, o comportamento de um fator independe da variação de outro fator, demonstrando não ter havido interferência ambiental sobre o sexo e o tipo de meloeiro. Já a interação sexoXtipo foi significativa para todas as variáveis amostradas, indicando que as características estudadas relacionadas ao sexo das flores dependem do tipo de meloeiro (TABELA 4).

Tabela 4: Médias das características morfométricas comuns às flores masculinas e hermafroditas em dois anos (2014 e 2015) nos diferentes tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE.

Tipo de Flor	Tipos de meloeiro				
	Amarelo	Cantaloupe	Charentais	Gália	Pele de Sapo
Diâmetro da corola (mm)					
Hermafrodita	44,41±3,03 aA	41,66±3,85 aB	38,43±2,48 aC	36,90±3,15 aC	44,32±2,79 aA
Masculina	36,50±2,29 bA	35,98±3,21 bA	32,50±2,58 bB	33,96±3,01 bB	37,68±2,47 bA
Altura da corola (mm)					
Hermafrodita	15,13±2,54 aB	17,25±3,12 aA	10,37±1,02 aB	12,96±2,48 aB	17,69±2,36 aA
Masculina	11,61±2,03 bB	13,50±2,02 bA	11,04±2,53 aB	12,31±1,71 aB	14,05±1,69 bA
Abertura da flor (mm)					
Hermafrodita	5,40±0,53 aA	4,40±0,41 aC	4,71±0,21 aC	5,66±0,45 aA	5,12±0,39 aB
Masculina	3,68±0,47 bA	3,26±0,61 bB	3,34±0,44 bB	4,02±1,64 bA	3,98±0,37 bA
Altura da câmara nectarífera (mm)					
Hermafrodita	0,98±0,24 aA	0,90±0,22 bB	0,69±0,09 bC	0,83±0,13 bB	0,98±0,22 aA
Masculina	0,86±0,30 bB	1,03±0,25 aA	1,01±0,19 aA	0,87±0,19 aB	1,01±0,20 aA
Diâmetro da câmara nectarífera (mm)					
Hermafrodita	5,28±0,42 aB	5,63±0,40 aA	4,90±0,29 aC	5,22±0,51 aB	5,29±0,24 aB
Masculina	3,39±0,33 bA	3,52±0,26 bA	3,46±0,30 bA	3,44±0,33 bA	3,56±0,26 bA
Altura da antera (mm)					
Hermafrodita	2,52±0,21 aB	2,18±0,18 bC	2,09±0,14 bC	1,96±0,16 bD	2,70±0,37 aA
Masculina	2,60±0,15 aB	2,46±0,14 aC	2,28±0,13 aD	2,28±0,17 aD	2,73±0,21 aA

\* Todas as variáveis foram transformadas por Box-Cox. <sup>1</sup>/Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

As flores hermafroditas, de uma forma geral, apresentaram dimensões significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores que as flores masculinas em todos os tipos de meloeiro estudados (TABELA 4). As excessões ficaram por conta da altura da corola dos tipos Charentais e Gália, altura da antera nos tipos Amarelo e Pele de sapo, e altura da câmara nectarífera no tipo Pele de sapo, nas quais não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as flores masculinas e femininas (TABELA 4). Estudo de Kiill *et al.* (2011), também encontrou que as flores hermafroditas de três dos cinco tipos de meloeiro estudados aqui, Amarelo, Pele de sapo e Cantaloupe, possuem flores hermafroditas maiores que as masculinas. O tamanho maior dessas flores pode favorecer a localização pelos polinizadores e favorecer um maior número de visitas.

Já na comparação entre os tipos de meloeiro, houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para todas as características avaliadas nas flores masculinas e femininas, exceto o diâmetro da câmara nectarífera das flores masculinas (TABELA 4). Considerando todos os parâmetros estudados, o tipo Pele de sapo produziu as flores com maiores dimensões, seguido pelo Cantaloupe, Amarelo, Gália e Charentais. O tipo Pele de sapo não diferiu significativamente

dos maiores valores para todas as características, exceto a abertura da flor e o diâmetro da câmara nectarífera das flores hermafroditas. O tipo Cantaloupe por sua vez, destacou-se nas características de diâmetro e altura da corola e diâmetro e altura da câmara nectarífera. O tipo Amarelo apresentou valores maiores para diâmetro da corola e abertura da flor para ambos os sexos de flores, e altura câmara nectarífera das flores masculinas. O tipo Gália apresentou altos valores para abertura da flor e diâmetro da corola das flores masculinas. Finalmente, o tipo Charentais produziu as flores de menores dimensões tendo as medidas de seus caracteres ficado sempre entre os menores, exceto para a altura e diâmetro da câmara nectarífera das flores masculinas e a altura da antera das flores hermafroditas (TABELA 4). O diâmetro e a altura da corola, e a abertura da flor provavelmente são as características vistas inicialmente pelas abelhas e que ajudam na sua localização, enquanto que a altura e o diâmetro da câmara nectarífera e a altura das anteras estão mais relacionadas com as recompensas (quantidade potencial e acesso) e a polinização (KIILL *et al.*, 2012). Dessa forma, os tipos Pele de sapo, Cantaloupe e Amarelo apresentam características florais potencialmente mais atrativas aos polinizadores.

Considerando as características morfométricas distintas entre flores masculinas e hermafroditas, houve interações significativas dos fatores dos anoXtipo, mostrando que a média dessas características pode variar entre os tipos de um ano para o outro como mostra a Tabela 5. A altura do cálice/ovário e o diâmetro do estigma diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) de um ano para o outro. A altura cálice/ovário de todos os tipos de meloeiro foi maior em 2015 do que em 2014, enquanto que para o diâmetro do estigma a diferença foi observada somente para os tipos Amarelo e Pele de sapo, com os valores de 2014 sendo maiores que os de 2015. Nesses parâmetros, embora tenha havido diferenças significativas entre os tipos de meloeiro dentro de cada ano individualmente, não foram observadas diferenças na média dos dois anos (TABELA 5). Para a altura do cálice da flor masculina e o diâmetro do ovário da flor hermafrodita a situação foi inversa à anterior. Não foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois anos nem entre os tipos de meloeiro dentro de cada ano, mas os tipos de meloeiros se mostraram diferentes na média dos dois anos. Dessa forma, o tipo Pele de sapo apresentou média de altura do cálice significativamente maior do que os demais tipos de meloeiro, que não divergiram entre si, enquanto que os tipos Amarelo, Cantaloupe e Gália apresentam o maior diâmetro de ovário, seguidos pelo Pele de sapo e por último, o Charentais (TABELA 5).

Essas características morfométricas distintas entre flores masculinas e hermafroditas do meloeiro provavelmente apresentam pouca, se alguma, função na atração e visitação dos

polinizadores, e podem estar mais relacionadas com a eficiência da polinização uma vez que o inseto pousa na flor. A altura do cálice da flor masculina pode interferir na capacidade do visitante acessar os néctarios ou receber pólen no corpo, enquanto que o diâmetro do estigma e do ovário estão relacionados com uma área maior ou menor para receber grãos de pólen e um número maior de óvulos a ser fecundados e tamanho potencial do fruto, respectivamente. Embora variações de um ano para o outro nas medidas da altura do cálice/ovário aparentemente não interfiram com a visitação dos polinizadores ou a polinização propriamente dita, variações como essa no diâmetro do estigma podem sim interferir com a quantidade de grãos de pólen recebidas pela flor alterando a eficiência de polinização entre os anos. Nessas circunstâncias, tipos de meloeiro não susceptíveis a variações nessa característica devido o efeito do ano, como foram os casos do Cantaloupe, Charentais e Gália, teriam a polinização menos afetada do que aqueles susceptíveis, como o Amarelo e o Pele de sapo.

Tabela 5: Médias das características morfométricas distintas entre flores masculinas e hermafroditas em dois anos (2014 e 2015) em cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE.

Ano	Tipos de meloeiro					Média
	Amarelo	Cantaloupe	Charentais	Gália	Pele de Sapo	
Altura do cálice (mm) (flor masculina)*						
2014	5,69±0,17	5,81±0,30	5,81±0,38	5,63±1,02	6,05±0,36	5,80 b
2015	8,58±0,71	9,43±0,53	9,07±0,72	9,25±0,53	9,86±1,49	9,24 a
Média	7,14 B	7,62 B	7,44 B	7,44 B	7,95 A	
Altura do cálice/ovário (mm) (flor hermafrodita)*						
2014	19,62±0,99 bB	16,65± bC	19,95±0,91 bB	16,50±0,68 bC	22,43±1,13 bA	19,03
2015	23,23±0,57 aB	20,10± aD	21,95±0,97 aC	19,69±1,16 aD	27,45±1,52 aA	22,48
Média	21,42	18,37	20,95	18,10	24,94	
Diâmetro do ovário (mm) (flor hermafrodita)						
2014	8,19±0,44	8,29±0,53	7,07±0,24	7,95±0,59	7,75±0,40	7,85 a
2015	7,99±0,36	8,28±0,45	7,00±0,55	8,15±0,39	7,24±0,24	7,73 a
Média	8,09 A	8,28 A	7,03 C	8,05 A	7,50 B	
Diâmetro do estigma (mm) (flor hermafrodita)						
2014	4,21±0,14 aA	3,95±0,24 aB	3,70±0,15 aB	3,87±0,13 aB	4,13±0,28 aA	3,97
2015	3,83±0,27 bB	4,14±0,48 aA	3,74±0,23 aB	4,08±0,31 aA	3,42±0,28 bC	3,84
Média	4,02	4,05	3,72	3,97	3,78	

\*Variáveis transformadas por Box-Cox. <sup>1</sup>/Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### Análise colorimétrica pelo Sistema L\*a\*b\*

Não houve grande variação na cor das pétalas de flores dos cinco tipos de meloeiro estudados quanto aos valores de L\*. Todos os valores obtidos foram superiores a 50, o que

permite afirmar que as flores masculinas e hermafroditas de todos os tipos de meloeiro avaliados apresentaram pétalas brilhantes. Em 2014, tanto as flores masculinas quanto as hermafroditas mostraram um maior valor na luminosidade que no ano de 2015. Houve uma grande variação nos valores de L entre os dois anos, porém não houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas flores masculinas e hermafroditas dos cinco tipos de meloeiro dentro de cada ano individualmente nem nas médias dos dois anos (TABELA 6).

Tabela 6: Médias de L\* a\* b\* em dois anos (2014 e 2015) de flores masculinas e hermafroditas em cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*).

Ano	Tipos de Meloeiro					Média
	Amarelo	Cantaloupe	Charentais	Gália	Pele de sapo	
- - - - Flores hermafroditas - - - -						
Eixo L*						
2014	75,95±2,73	77,40±1,18	77,95±1,31	75,90±1,84	76,90±3,34	76,82 A
2015	64,89±0,79	64,42±0,67	63,82±1,39	64,52±0,01	65,00±0,93	64,53 B
Média	70,42a	70,91a	70,89a	70,21a	70,95a	70,68
Eixo a*						
2014	-7,05±2,54 cA	-3,19±1,72 aA	-5,58±0,54 abA	-7,67±2,84 cA	-5,30±1,44 abA	-5,76
2015	-4,70±0,85 abA	-4,88±0,73 abA	-6,18±1,02 bA	-2,67±0,03 aB	-4,26±0,30 abA	-4,54
Média	-5,88	-4,04	-5,88	-5,17	-4,78	-5,15
Eixo b*						
2014	74,90±9,02	83,27±6,59	84,60±5,77	73,26±3,25	76,36±6,44	78,48 A
2015	61,46±2,66	61,87±1,56	59,26±4,07	45,14±0,05	61,72±1,46	57,89 B
Média	68,18a	72,57a	71,93a	59,20b	69,04a	68,18
- - - - Flores masculinas - - - -						
Eixo L*						
2014	77,17±2,47	77,49±0,83	77,61±2,12	76,04±2,07	77,62±3,84	77,19 A
2015	68,43±1,74	64,92±0,92	64,39±0,72	63,25±1,93	64,64±0,53	65,13 B
Média	72,80a	71,20a	71,00a	69,65a	71,13a	71,16
Eixo a*						
2014	-8,65±1,00	-4,82±1,34	-6,51±3,36	-5,08±1,58	-5,58±1,09	-6,13 B
2015	-4,13±0,04	-3,26±0,36	-4,45±1,06	-2,43±0,48	-4,19±0,22	-3,69 A
Média	-6,39b	-4,04ab	-5,48ab	-3,76a	-4,89ab	-4,91
Eixo b*						
2014	66,79±5,71	84,34±1,46	72,35±7,43	81,06±3,52	76,48±6,24	76,20 A
2015	67,30±2,87	64,67±3,23	60,93±2,19	61,11±6,04	60,52±0,51	64,91 A
Média	67,04a	74,51a	66,64a	66,09a	68,50a	70,56

Os valores negativos de a\* apontam a tendência ao verde. Houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas flores hermafroditas dos cinco tipos de meloeiro dentro de cada ano individualmente, mas não nas médias dos dois anos (TABELA 6). Assim, em 2014 as flores dos tipos Amarelo e Gália foram as que mais tenderam ao verde, diferindo

significativamente ( $p < 0,05$ ) dos tipos Charentais e Pele de sapo, enquanto que esses, por sua vez, diferiram do tipo Cantaloupe, que foi aquele que mais se aproximou do zero (neutro) nesse eixo. Em 2015, no entanto, o tipo Charentais foi o que mais se aproximou do verde, diferindo dos tipos Amarelo, Cantaloupe e Pele de sapo, que por sua vez diferiram do tipo Gália. Essa diferença entre os anos nos tipos de meloeiros que mais tenderam para o verde se deve ao fato de que alguns tipos como o Amarelo e especialmente o Gália, apresentaram uma diminuição considerável na leitura média do verde de 2014 para 2015, enquanto que os demais tipos, especialmente o Cantaloupe e o Charentais, se mostraram leituras muito mais estáveis entre os anos, inclusive com um pequeno aumento na tonalidade do verde (TABELA 6).

As flores masculinas, no entanto, não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para  $a^*$  entre os cinco tipos de meloeiro dentro de cada ano individualmente, mas diferiram entre si nas médias dos dois anos (TABELA 6). Assim, o tipo Amarelo foi o que mais se aproximou do verde, diferindo dos tipos Cantaloupe, Charentais e Pele de sapo, que também diferiram do tipo Gália. Esse padrão é parecido com aquele apresentado pelas flores hermafroditas em 2015, exceto por uma inversão entre os tipos Amarelo e Charentais. Considerando os padrões observados para os cinco tipos de meloeiro e os dois anos de observações é possível perceber que as flores do tipo Amarelo são aquelas que mais tendem para o verde que os tipos Gália e Cantaloupe os mais próximos do neutro. As diferenças observadas no tom de verde das flores dos cinco tipos de meloeiro entre os dois anos estudados podem ser consequências de fatores ambientais como temperatura, intensidade solar, clima da região e estação do ano, que podem afetar ou alterar a quantidade e tipo de carotenóides das pétalas das flores entre indivíduos da mesma espécie (BEM-TAL; KING, 1997; SACHER, 2009).

Os valores positivos de  $b^*$  mostram que as flores do meloeiro tendem ao amarelo e de todos os tipos de meloeiro apresentaram uma tonalidade mais forte de amarelo em 2014, em relação a 2015. Não houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas flores masculinas e hermafroditas dos cinco tipos de meloeiro dentro de cada ano individualmente e na média dos dois anos para as flores masculinas (TABELA 6). A única diferença significativa ( $p > 0,05$ ) foi observada nas médias dos dois anos entre as flores hermafroditas, quando a flor do tipo Gália mostrou uma menor tendência ao amarelo quando comparada aos demais tipos que não diferiram entre si. (TABELA 6). A cor amarela observada nas pétalas das flores dos cinco diferentes tipos de meloeiro está relacionada a flores atrativas para abelhas (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979).

A cor da flor é importante não somente para permitir a sua localização por parte o polinizador, mas também para o comportamento de constância floral das abelhas, ou seja, reconhecimento e visitas sucessivas às flores de uma mesma espécie vegetal (CHITTKA *et al.* 1997). As abelhas têm a capacidade de discriminar flores de cores de diferentes com muita precisão (GIURFA; NÚNEZ; BACKHAUS, 1994; VOROBYEV; MENZEL, 1999; LEHRER, 1999), no entanto generalizam flores de coloração semelhante (CHITTKA *et al.*, 1997; GUMBERT, 2000). A diferenciação de cores semelhantes ocorre quando a visualização é simultânea, e o erro na distinção das flores aumenta se a visualização for sucessiva (DYER; CHITTKA, 2004). Dessa forma, um alto nível de constância floral pode ser observado apenas em flores com grande diferença na coloração (CHITTKA *et al.* 1997 e 2001; GUMBERT 2000). As cores das flores dos cinco tipos de meloeiro mostraram-se muito semelhantes entre si, exceto pelo tom de verde no qual o tipo Amarelo se diferenciou dos demais e os tipos Gália e Cantaloupe foram quase neutros. No entanto, o eixo  $b^*$  é o eixo da tonalidade, então mesmo pequenas diferenças podem afetar significativamente a visualização da cor pelas abelhas (HORRIDGE, 2015). Segundo Rohde; Papiorek; Lunau (2013) e Papiorek; Junker; Lunau (2014) a dimensão principal na abordagem do visitante floral não é primordialmente a tonalidade da corola de uma flor, mas sim a pureza da cor (LUNAU *et al.*, 2011). Os pigmentos nas flores não são distribuídos de forma homogênea, resultando em diferenças na cor na pétala. Uma vez que a medida de reflexão é uma medição de pontos, a cor obtida a partir dos valores calculados de  $L^* a^* b^*$  nem sempre corresponde exatamente à cor percebida, pois as cores obtidas a partir dessas coordenadas estão geralmente de acordo com a cor real da pétala (STOLKER, 2009).

## CONCLUSÕES

Os cinco tipos de meloeiro estudados apresentam características gerais semelhantes nos aspectos de duração do ciclo de florescimento, número de flores emitidas, morfometria e cor dessas flores, o que não surpreende considerando que são tipos botânicos de uma mesma espécie. No entanto, algumas diferenças entre os tipos de meloeiro foram observadas na precocidade, período de florescimento, número de flores masculinas e hermafroditas, tamanho de estruturas florais relacionadas com a atração dos polinizadores, como diâmetro da corola e altura e diâmetro da câmara nectarífera, e tonalidade de verde. Dessa forma, baseado nas características florais normalmente associadas à atração das abelhas às flores, é possível concluir que o tipo Cantaloupe apresenta o conjunto das características estudadas que é mais

atrativo às abelhas, seguido pelos tipos Amarelo e Gália, enquanto que o tipo Pele de sapo e, principalmente o Charentais, são aqueles cujos conjuntos de características seriam os menos atrativos. A já comprovada habilidade das abelhas de identificarem e diferenciarem diferenças sutis nesses padrões podem evidenciar essas características desejáveis nas flores, tornando um tipo de meloeiro mais atrativo do que os outros. Estudos comparando a visitação de abelhas aos cinco tipos de meloeiro são necessários.

**PRODUÇÃO DE PÓLEN E NÉCTAR POR FLORES DE CINCO TIPOS  
COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*) E SUA RELAÇÃO COM AS  
VISITAS DE ABELHAS *Apis mellifera***

**RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi comparar a produção de pólen e néctar nas flores de meloeiro e correlacionar com as visitas de abelhas *Apis mellifera*, além de descrever a composição química do néctar produzido nos diferentes tipos de meloeiro. O experimento foi realizado no Campo Experimental de Pacajus. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (tipos comerciais de meloeiro Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e Pele de Sapo) e oito repetições. A visitação de *A. mellifera* nas flores do meloeiro foi quantificada durante quatro dias, das 5 às 16 horas, em flores hermafroditas e masculinas, registrando-se por coleta de pólen (VHP e VMP) e de néctar (VHN e VMN). Para a contagem de grãos de pólen foram coletados aleatoriamente 10 botões florais masculinos e 10 botões florais hermafroditas em cada tipo de meloeiro. Na coleta de néctar foram amostradas em cada horário de coleta do néctar três flores masculinas e três flores hermafroditas eram coletadas, totalizando por dia 18 flores masculinas e 18 flores hermafroditas para cada tipo de meloeiro com auxílio de capilares graduados de cinco microlitros. As amostras de néctar coletado das flores dos diferentes tipos de meloeiro foram tratadas com uma mistura de água e metanol (1:1), depois foram injetadas no equipamento (UPLCQTOF-MS). A comparação de todos os picos de LC foi realizada utilizando a ferramenta composição elementar do MassLynx. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Também foi realizada a correlação entre a produção de néctar e pólen e as visitas das abelhas, utilizando-se do programa estatístico SISVAR. Nas flores hermafroditas os tipos Amarelo e Pele de sapo produziram mais grãos de pólen e não houve diferença na produção de pólen entre as flores masculinas. Nas flores hermafroditas o Charentais produziu maior volume de néctar e nas flores masculinas não houve diferença estatística. O padrão de produção de néctar das flores de meloeiro é linear. O meloeiro Cantaloupe foi o mais visitado, as abelhas visitam mais flores hermafroditas que masculinas e coletam mais néctar que pólen nas flores de meloeiro. Não houve correlação entre a produção de recursos alimentares e a visita das abelhas. Foram tentativamente identificados 26 metabólitos, incluindo açúcares, flavonóides e aminoácidos. Houve diferença na produção de pólen em flores hermafroditas, mas não nas flores masculinas. O mesmo padrão ocorreu na

produção de néctar, exceto para concentração onde o melão tipo Cantaloupe apresentou néctar mais concentrado, particularmente nas flores masculinas. Flores hermafroditas são mais visitadas e o néctar é mais coletado.

**Palavras chaves:** forrageamento; cromatografia líquida de ultra performance; espectrometria de massa; microcapilares; recursos alimentares.

### ABSTRACT

The objective of this work was to compare the production of pollen and nectar produced in the melon flowers and correlate with the visits of *Apis mellifera* bees, besides describing the chemical composition of the nectar produced in the different melon types. The experiment was carried out in the Experimental Field of Pacajus. The design was completely randomized with five treatments (commercial types of melon - Yellow, Cantaloupe, Charentais, Galia and Piel de Sapo) and eight repetitions. The visitation of *A. mellifera* in the flowers of the melon was quantified during four days, from 5 to 16 hours, in hermaphrodite and male flowers, being recorded by pollen collection (HPV and MPV) and nectar (HNV and MNV). For the pollen grain count, 10 male floral buds and 10 hermaphroditic floral buds were randomly collected in each type of melon. In the collection of nectar, three male flowers and three hermaphrodite flowers were collected at each nectar collection time, totaling 18 male flowers and 18 hermaphrodite flowers for each type of melon with 5 microliter graduated capillaries. The samples of nectar collected from flowers of the different melon types were treated with a mixture of water and methanol (1:1), then injected into the equipment (UPLCQTOF-MS). The comparison of all LC peaks was performed using the MassLynx elemental composition tool. The data were submitted to variance analysis, and the means were compared by the Tukey test at 5%. The correlation between nectar and pollen production and bee visits was also performed using the SISVAR statistical program. In the hermaphrodite flowers, the Yellow and Piel de Sapo types produced more grains of pollen and there was no difference in pollen production among the male flowers. In the hermaphrodite flowers the Charentais produced greater volume of nectar and in the male flowers there was no statistical difference. The nectar production pattern of the melon flowers is linear. The melon Cantaloupe was the most visited, bees visit more hermaphrodite flowers than male flowers and collect more nectar than pollen in the melon flowers. There was no correlation between the production of food resources and the visit of the bees. 26 metabolites have been tentatively identified, including sugars, flavonoids and amino acids. There was a difference in the production of pollen in

hermaphrodite flowers, but not in male flowers. The same pattern occurred in the production of nectar, except for nectar concentration that was higher to the Cantaloupe type, especially in male flowers. Hermaphrodite flowers are more visited and the nectar is more collected.

**Keywords:** foraging; ultra performance liquid chromatography; mass spectrometry; microcapillary; resources.

## INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma cultura de grande importância global, sendo cultivado em 101 países (IBGE, 2017). É uma espécie dependente de polinização biótica (KIILL *et al.*, 2015) e as abelhas são seus principais polinizadores (SOUSA, 2009), garantindo que haja a transferência dos grãos de pólen para o estigma das flores para que ocorra a fecundação e produção de frutos. O meloeiro produz flores masculinas, hermafroditas e femininas, e estas apresentam características compatíveis as flores geralmente visitadas por abelhas como, corola pouco tubular, pétalas de coloração amarela, odor suave e agradável e antese diurna (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979). E todos os tipos florais são atrativos para as abelhas (KIILL *et al.*, 2012).

As abelhas dependem das flores para obtenção de alimento, seja para o indivíduo adulto ou para suas crias (SEELEY, 2006). Nas flores de meloeiro as visitas das abelhas ocorrem pela busca do pólen e néctar produzidos. As visitas das abelhas as flores podem ser relacionadas com a disponibilidade dos recursos florais em campo (FREE, 1993). Entretanto outros fatores como o período do ano, variedade de espécie florais e ainda a necessidade da colônia também podem influenciar no forrageamento das abelhas (ARAÚJO *et al.*, 2014),

O pólen é um importante atrativo alimentar para polinizadores (ARAÚJO *et al.*, 2009). Provavelmente ele foi o primeiro recurso disponível nas flores utilizado pelos visitantes (LUNAU, 2006). E de acordo com Freeman; Olson; Kabelka (2008) a disponibilidade e a quantidade de pólen produzido por flor pode ser uma característica importante na atratividade dos polinizadores. Alguns autores afirmam ainda que o pólen além de recurso alimentar pode também atuar como recurso visual atraindo os polinizadores devido a sua pigmentação (LEPAGE; BOCH, 1968; LUNAU, 2007; POHL; WATOLLA; LUNAU, 2008).

No meloeiro, a coleta de pólen ocorre geralmente no período da manhã, pois o pólen é um recurso limitado, estando disponível para as abelhas após antese da flor e deiscência das anteras (SOUSA *et al.*, 2012), e depois da coleta a planta não volta a repor esse recurso. O pólen é a fonte de proteína das abelhas (SEELEY, 2006), é rico em nutrientes como

aminoácidos, polissacarídeo, lipídios e vitaminas (WINSTON, 2003), em diferentes proporções, dependendo da espécie vegetal. O pólen é importante na alimentação das crias, e essencial para desenvolvimento glandular nas abelhas (MORET, 2006). Existe uma constante necessidade de coleta de pólen, pois, diferente do néctar esse recurso não é armazenado em grande quantidade na colônia (WINSTON, 2003). O meloeiro requer a deposição de uma grande quantidade de grãos de pólen no estigma para a formação de frutos de boa qualidade e com padrão comercial (MUSSEN; THORP, 2003, BONFIM *et al.*, 2017). Considerando essa particularidade torna-se indispensável conhecer a quantidade de grãos de pólen produzidos nas anteras das flores (masculinas/hermafroditas) do meloeiro. A quantificação dos grãos de pólen é considerada um importante processo na reprodução e biologia reprodutiva da uma planta (KEARNS; INOUE, 1993; COSTA; YANG, 2009). O número de grãos de pólen produzidos é uma característica variável entre as espécies vegetais (SILVA *et al.*, 2001). Freeman; Olson; Kabelka (2008) relatam que a quantidade de pólen produzido por uma flor pode ser um fator importante na atratividade dos polinizadores.

O néctar é uma secreção adocicada, produzida pelos nectários das flores, é composto principalmente por açúcares e aminoácidos (ADLER, 2000; TIEDGE; LOHAUS, 2017), e sua composição pode variar em função da espécie vegetal. É a principal fonte energética das abelhas, utilizado na alimentação de crias e adultos (SEELEY, 2006). As flores masculinas, hermafroditas e femininas de meloeiro produzem néctar e as abelhas visitam as flores da cultura durante o dia em busca desse recurso (SOUSA, 2009, HOZ, 2007, SIQUEIRA *et al.*, 2011), das primeiras horas se estendendo até o final da tarde (KIILL *et al.*, 2016). A disponibilidade e distribuição do néctar entre flores podem determinar o comportamento e a frequência de visitas, o número de flores visitadas e o tempo de duração da visita (RATHCKE, 1992).

Estudos sobre estas características são relevantes, pois estas afetam diretamente a taxa de sucesso reprodutivo das plantas (NUNES *et al.*, 2004; 2016). Nesse contexto o objetivo desse trabalho comparar a produção de pólen e néctar produzidos nas flores de meloeiro e comprovar se existe correlação com as visitas de abelhas *Apis mellifera*, além de descrever a composição química do néctar produzido nos diferentes tipos de meloeiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical localizado no município de Pacajus, CE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cinco tipos comerciais de melão) e oito repetições (parcelas). A área era composta por 20 linhas de plantio, que foram divididas ao meio, totalizando assim 40 parcelas experimentais (ANEXO 1). Elas foram plantadas simultaneamente e cada parcela ficou composta por 25 plantas. A distribuição dos tipos de meloeiro nas parcelas foi feita ao acaso, por sorteio, e para cada tipo de meloeiro foi utilizado um híbrido de boa aceitação comercial. O espaçamento utilizado foi de 2,0 m entre linhas e de 0,40 m entre plantas. O ensaio foi conduzido na estação seca do ano de 2015, irrigado por gotejamento, com adubação de fundação e a adubação de cobertura via fertirrigação.

### **Material vegetal utilizado**

Dos cinco diferentes tipos de meloeiro selecionados para este estudo, os tipos Amarelo (Goldex), Cantaloupe (Zelda) e o Pele de sapo (Ricura) são andromonóicos (apresentam flores masculinas e hermafroditas), já os tipos Charentais (Banzai) e Gália (McLaren) são trimonóicos (apresentam flores masculinas, femininas e hermafroditas na mesma planta).

### **Introdução de colônias de abelhas *Apis mellifera* na área de cultivo**

Duas colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* instaladas em colmeias padrão *Langstroth*, no intuito de assegurar a visitação das flores dos diferentes tipos de meloeiro, foram introduzidas na área. As colônias ocupavam sete quadros da colmeia com crias e estavam em bom estado sanitário. Elas foram colocadas próximas à área de cultivo, à sombra e com fonte de água potável disponível. As colônias utilizadas foram cedidas pelo setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia do CCA\UFC.

### **Visitas de abelhas das abelhas *Apis mellifera* às flores de meloeiro**

As visitas das abelhas *Apis mellifera* foram registradas apenas em flores masculinas e hermafroditas, já que esses dois tipos florais são comuns aos cinco tipos de meloeiro estudados. A visitação das abelhas foi observada durante todo o dia, em quatro dias consecutivos, a partir do trigésimo dia após o transplante, sendo registrado o número de visitas para coleta de pólen nas flores masculinas (VPM) e hermafroditas (VPH) e néctar em

flores masculinas (VNM) e hermafroditas (VNH), obtendo assim, por somatório o número total de visitas nas flores masculinas (VTM) e hermafroditas (VTH) em cada tipo de meloeiro.

### **Coleta e contagem dos grãos de pólen das anteras dos botões florais dos diferentes tipos de meloeiro**

No dia da coleta e logo antes da antese das flores, 10 botões florais masculinos e 10 botões florais hermafroditas em cada tipo de meloeiro foram coletados aleatoriamente em plantas vigorosas e saudáveis em diferentes parcelas da área. Os botões florais foram removidos com auxílio de tesoura e pinça e colocados em tubos tipo Falcon de 15 mL contendo álcool 70% para conservação, os quais foram identificados com o tipo de meloeiro e o sexo floral correspondente.

As amostras (botões) foram levadas ao Laboratório de Abelhas da Universidade Federal do Ceará, onde posteriormente os botões foram colocados em placas de Petri, onde as anteras foram retiradas e maceradas com auxílio de uma pinça de ponta fina. Os grãos de pólen foram então lavados da placa de Petri com álcool 70% e recolocados no tubo tipo Falcon. As amostras foram centrifugadas e o sobrenadante foi descartado até que restasse um volume de 2 mL. Desse volume então foi retirado uma amostra de 100 microlitros com o auxílio de uma pipeta automática, cada 1 mL de volume equivale a 1000 microlitros. No intuito de facilitar a contagem dos grãos de pólen, a amostra de 100 microlitros foi dividida em duas lâminas, cada lamina contendo 50 microlitros de amostra.

A contagem do número total de grãos de pólen nas lâminas foi realizada com auxílio de microscópio óptico com aumento de 40x. Terminada a contagem das duas lâminas o total de grãos de pólen das lâminas foi então somado, e o número resultante foi então multiplicado pelo volume total da amostra, obtendo assim a estimativa do número total de grãos de pólen produzidos pelas flores masculinas e hermafroditas de cada tipo de meloeiro. A metodologia utilizada na contagem dos grãos de pólen foi adaptada de Vidal *et al.* (2006).

### **Coleta e mensuração do volume e concentração de néctar nas flores de meloeiro**

No dia anterior à coleta, vários botões florais masculinos (FIGURA 8A) e hermafroditas (FIGURA 8B) ambos em estágio de pré-antese foram isolados por meio de sacos confeccionados de voal, em toda a área experimental, no intuito de impedir que as abelhas ou outro visitante floral retirasse o néctar das flores quando elas abrissem (FIGURA 8C e D). No dia seguinte, no momento da coleta, as flores eram desensacadas, retiradas da

planta para o início do procedimento. As coletas de néctar tiveram início as 07:00 horas da manhã e a cada duas horas era feita uma nova coleta, se estendendo até as 17:00 horas. As coletas foram realizadas por três dias não consecutivos.

Devido ao pouco volume produzido por cada flor de meloeiro, a concentração do néctar foi obtida por meio da leitura em refractômetro digital da soma e uniformização de 25 amostras de néctar de flores masculinas e também das flores hermafroditas de cada tipo de flor de meloeiro.

Figura 8: Botão floral pré-antese masculino (A), Botão floral pré-antese hermafrodita (B), flor masculina ensacada (C), flor hermafrodita ensacada (D) de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

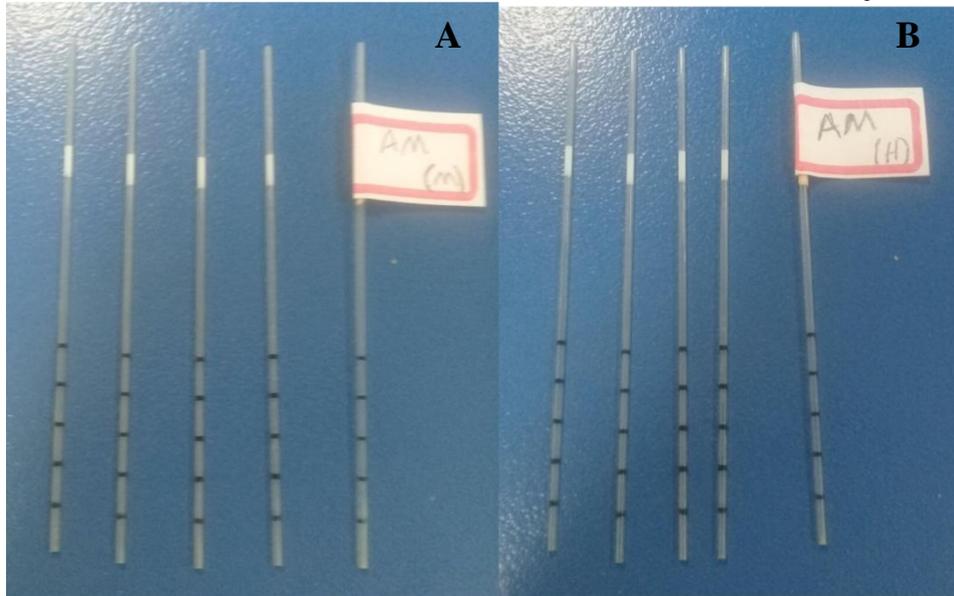


Fonte: Autor

Em cada horário de coleta do néctar três flores masculinas e três flores hermafroditas eram coletadas, totalizando por dia 18 flores masculinas e 18 flores hermafroditas para cada tipo de meloeiro por dia de coleta. O néctar foi coletado com o auxílio de microcapilares graduados de cinco microlitros (VIDAL *et al.*, 2006). Os capilares utilizados eram identificados com uma etiqueta contendo o tipo de meloeiro e o sexo floral correspondente,

onde foram cinco capilares para coleta de néctar das flores masculinas (FIGURA 9A) e cinco capilares para coleta do néctar de flores hermafroditas (FIGURA 9B).

Figura 9: Microcapilares graduados de 5  $\mu$ L utilizados na coleta de néctar nas flores masculinas (A) e flores hermafroditas (B) de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacaju-CE, 2015.



Fonte: Autor

### **Preparo e tratamento das amostras do néctar de flores de cinco tipos de meloeiro**

O néctar utilizado na análise qualitativa foi o mesmo néctar coletado no ensaio de volume néctar, descrito no tópico anterior. Após a coleta o néctar retirado foi depositado em um *vial* e, posteriormente, transferido ao ultrafreezer a uma temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

No tratamento das amostras do néctar coletado das flores dos diferentes tipos de meloeiro foi utilizado 1 mL de uma mistura de água e metanol (1:1) até a solubilização, e posteriormente as amostras foram centrifugadas numa microcentrífuga no intuito de separar o analito da proteína. Em seguida, foi realizada a filtragem do analito utilizando uma seringa acoplada ao filtro de PTFE 0,20. Depois disso as amostras devidamente tratadas, foram injetadas no equipamento de sistema Waters Acquity Cromatografia Líquida de Ultra Performance acoplado a espectrometria de massa (UPLCQTOF-MS).

Na análise das amostras via UPLC, os solventes utilizados foram procedentes da LiChrosolv® e da Aldrich Chemical Company. Em todos os métodos, a água de alta pureza utilizada foi produzida a partir do Milli-Q® Integral Purification System da Merck Millipore. O padrão de kinetina foi obtido da Sigma-Aldrich.

## **Análise Cromatográficas**

As análises foram realizadas num sistema Waters Acquity de Cromatografia Líquida de Ultra Performance (UPLC) acoplado a um analisador Tempo-de-Voo (TOF) Waters Micromass LCT espectrometria de massa equipado com uma interface electrospray (ESI). As separações serão realizadas em colunas C18 (Waters Acquity UPLC C18, 150 milímetros×2,1 milímetros, 1.7µm). Os perfis dos metabólitos nas amostras foram obtidos inicialmente por um gradiente exploratório, sendo as fases móveis: H<sub>2</sub>O (A) e acetonitrila (B), cada uma destas contendo ácido fórmico (0,1% volume/volume). As amostras foram submetidas ao seguinte gradiente exploratório: 2–95%, a vazão de 500 µL min<sup>-1</sup>. As amostras foram injetadas e feitas triplicadas das análises cromatográficas do UPLC para cada módulo de ionização do espectrômetro de massas de alta resolução, ionização positiva (IP) e negativa (IN).

## **Espectro de massa**

O perfil químico das amostras de néctar de cinco genótipos de meloeiro foi realizado acoplando o sistema Waters ACQUITY UPLC ao espectrômetro de massa QTOF Premier (Waters MS Technologies, Manchester, Reino Unido) com a interface de ionização electrospray (ESI) nos modos de ionização positivo e negativo. O modo ESI+ foi adquirido na faixa de 110-1180 da temperatura da fonte fixa de 120 C°, temperatura de dessolvatação 350°C, e fluxo do gás dessolvatação de 350 L/h. A voltagem capilar foi de 3 kV. O modo ESI foi adquirido na faixa de 110-1180 Da, temperatura da fonte fixa de 120 C°, temperatura de dessolvatação 350 C°, e fluxo do gás dessolvatação de 500 L/h. Leucina encefalina foi utilizada como lock mass. A voltagem capilar foi de 2,6 kV. O modo de aquisição foi de MSE. O instrumento foi controlado pelo software MassLynx 4.1 (Waters Corporation). Na análise de identificação dos componentes do néctar das flores de meloeiro por UPLC-QTOF-MS e os dados foram processados usando o software MassLynx, (Waters Corporation). A comparação de todos os picos de LC foi realizada utilizando um desvio de tolerância de tempo de retenção ± 0,05 min e uma tolerância de massa exata de ± 0,05 Da. Para picos não identificados, todas as possíveis fórmulas moleculares foram extraídas (elementos C, H, N, O, a tolerância de 10 ppm, pelo menos, 2 átomos de carbono) com a ferramenta composição elementar do MassLynx.

## Análise estatística dos dados

Os dados obtidos da contagem do número de grãos de pólen, do volume de néctar produzido por flores nos diferentes tipos de meloeiro e também de visitação das abelhas *Apis mellifera* foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e Scott-Knott a 5% de probabilidade. Também foi realizada uma análise de correlação entre a produção de néctar e pólen e as visitas das abelhas. As análises foram realizadas com o auxílio Programa Computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Contagem dos grãos de pólen das anteras dos diferentes tipos de meloeiro

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na produção de pólen das flores hermafroditas dos cinco tipos de meloeiro, onde os tipos Amarelo e Pele de sapo produziram um maior número de grãos de pólen, seguidos do Cantaloupe e finalmente pelos tipos Charentais e Gália (TABELA 7). Já entre as flores masculinas não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na produção de pólen dos diferentes tipos de meloeiro, como mostra a Tabela 7. De maneira geral as flores masculinas dos tipos de meloeiro produzem mais grãos de pólen que as flores hermafroditas, com exceção do meloeiro Amarelo que apresentou quantidades semelhantes para os tipos florais (TABELA 7). Esses resultados corroboram os achados de Kiill *et al.* (2016).

Tabela 7: Número médio de grãos de pólen produzidos em botões de flores masculinas (n=10) e hermafroditas (n=10) em cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

Tipos de meloeiro						Média
Amarelo	Cantaloupe	Charentais	Gália	Pele de Sapo		
----- Hermafrodita -----						
22.868±1.761 a <sup>1</sup>	17.480±4.670 b	11.270±2.109 c	11.082±903 c	19.350 ±2.783 a	16.410	
----- Masculina -----						
22.248±4.036	21.932±4.643	18.184±2.513	14.512±2.724	22.470±3.186	19.869	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A quantidade de pólen produzida por flores das diversas espécies vegetais é muito variável. O meloeiro produz muito pólen quando comparado ao cajueiro (*Anacardium occidentale*) com pouco mais de 800 grãos (FREITAS, 1995), mas pouco diante da macieira

(*Malus domestica* spp. 'Fuji'), que produz em média 36.445 grãos de pólen (DALL'ORTO *et al.*, 1985). Mesmo dentro da família cucurbitácea, a qual pertence, o meloeiro produz mais pólen que o pepino (*Cucumis sativus*) que tem 3.936 a 5.460 grãos de pólen (NICODEMO *et al.*, 2012), mas bem menos que a abóbora (*Cucurbita pepo*) com 43.669 grãos de pólen (VIDAL *et al.*, 2006), moranga (*Cucurbita maxima*) com 44.00 grãos de pólen (NICODEMO *et al.*, 2007), e melancia (*Citrullus lanatus*) que em 27 cultivares apresentou médias entre 134.206 e 321.905 grãos de pólen (STANGHELLINI; SCHULTHEIS, 2005).

Além da espécie, outros fatores podem causar variação na produção de grãos de pólen em uma planta como, local, altitude, condições climáticas, tamanho do grão de pólen, dentre outros (ALBUQUERQUE JUNIOR *et al.*, 2010; KHANDURI, 2011). A produção de pólen também é regulada por fatores genéticos (BERI; ANAND, 1971).

A quantidade de pólen pode variar entre indivíduos de uma espécie (NICODEMO *et al.*, 2012; TIAGO *et al.*, 2014; NOGUEIRA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2017). Figueiredo *et al.* (2013) estudando cultivares comerciais de nespereira (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.) e amoreira-preta (*Rubus* sp.) também observaram diferença na quantidade de pólen entre as cultivares. Contudo, a variação no número de grãos de pólen na antera na mesma flor ou ainda entre flores de uma mesma espécie não são largamente documentados na literatura (SILVA *et al.*, 2017).

### **Volume e concentração de néctar produzido pelas flores dos diferentes tipos de meloeiro.**

As flores hermafroditas do meloeiro Charentais produziram um maior volume de néctar e as flores do Pele de sapo produziram o menor volume entre os tipos estudados, porém não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (TABELA 8). Nas flores masculinas dos diferentes tipos de meloeiro estudados também não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na produção de néctar (TABELA 8). Um resultado oposto foi mostrado por Kiill *et al.* (2016), que avaliando o mesmo híbrido de meloeiro tipo Gália (McLaren) teve uma maior produção de néctar quando comparado a outros tipos de meloeiro.

Tabela 8: Volume médio ( $\mu\text{L}$ ) e concentração (%) do néctar produzido nas flores hermafroditas e masculinas em cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

Tipos de meloeiro	Volume do néctar( $\mu\text{L}$ )		Concentração do néctar (%)*	
	Flores hermafroditas	Flores masculinas	Flores hermafroditas	Flores masculinas
Amarelo	15.33 $\pm$ 3.28 ab	4.22 $\pm$ 0.62 a	29	35
Cantaloupe	18.42 $\pm$ 2.45 ab	5.33 $\pm$ 1.15 a	34	42
Charentais	19.77 $\pm$ 2,95 a	4.55 $\pm$ 0.85 a	35	31
Gália	14.33 $\pm$ 4.72 b	4.22 $\pm$ 1.87 a	30	33
Pele de sapo	15.33 $\pm$ 3.24 ab	5.27 $\pm$ 0.97 a	28	35

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\* Leitura feita a partir da soma e homogeneização do néctar de 25 flores.

O meloeiro produz uma pequena quantidade de néctar quando comparado com as flores de abóbora, por exemplo, que podem produzir de 63 a 79,2  $\mu\text{L}$  (VIDAL *et al.*, 2006) e grande quantidade quando comparado as flores masculinas de melancia que produzem entre 1 a 3,5  $\mu\text{L}$  (WOLF; LENSKY; PALDI, 1999). Essa informação é de grante importância, pois o meloeiro é uma das culturas altamente dependentes de polinização para que ocorra reprodução (IPBES, 2016), e a quantidade de néctar produzido pelas flores é uma das características florais que atraem os polinizadores. Além do maior volume de néctar, a concentração de açúcares também pode influenciar na atratividade do néctar aos polinizadores (FREE, 1993; FREITAS, 1995; KARP *et al.*, 2004).

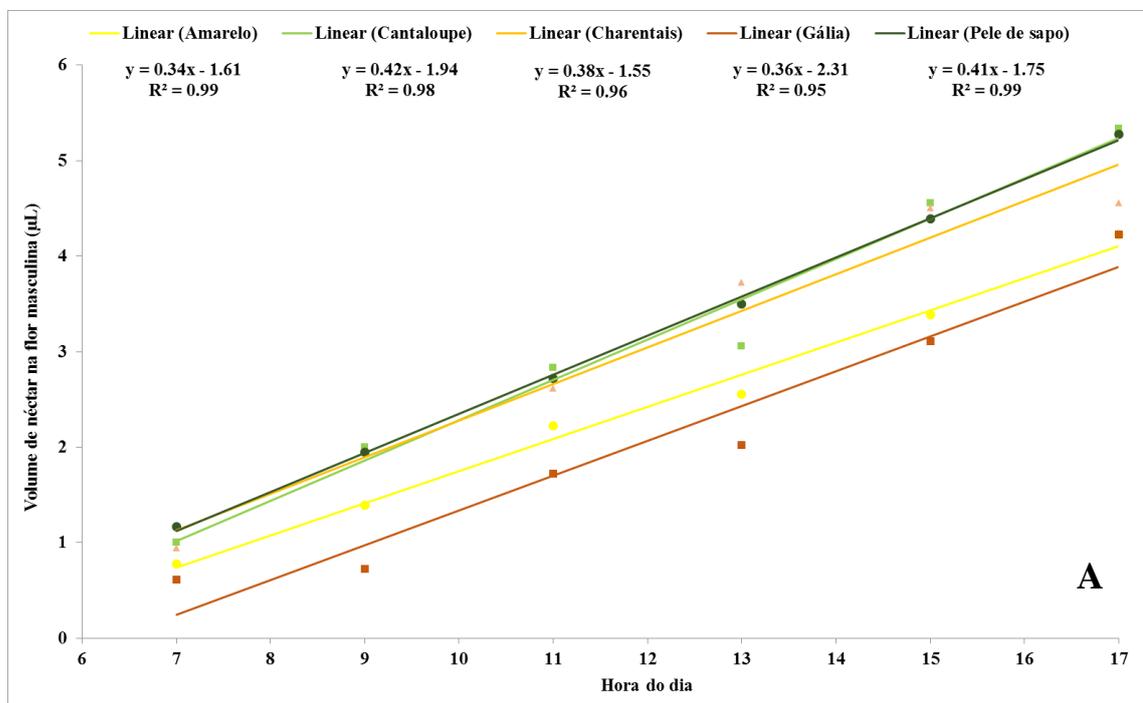
As flores hermafroditas produziram um maior volume de néctar que as flores masculinas mas com uma concentração em açúcares menor em todos os tipos de meloeiro estudados, exceto o Charentais no qual as flores hermafroditas também produziram néctar mais concentrado (TABELA 8). As flores hermafroditas produziram em torno de três vezes mais néctar que as flores masculinas. Em seu estudo, Kiill *et al.* (2016) mostram que as flores hermafroditas de meloeiros tipo Amarelo, Cantaloupe, Gália e Pele de sapo produzem de duas a sete vezes mais néctar que as flores masculinas. Artz; Hsu; Nault (2011) relatam a mesma diferença entre a produção de néctar entre flores masculinas e femininas em abóboras. Taha; Bayoumi, (2009) sugerem que esse padrão pode ser comum às cucurbitáceas. A maior produção de néctar pelas flores hermafroditas pode torná-las mais atrativas para as abelhas que as flores masculinas (KIILL *et al.*, 2016). No entanto, as abelhas buscam açúcares nas

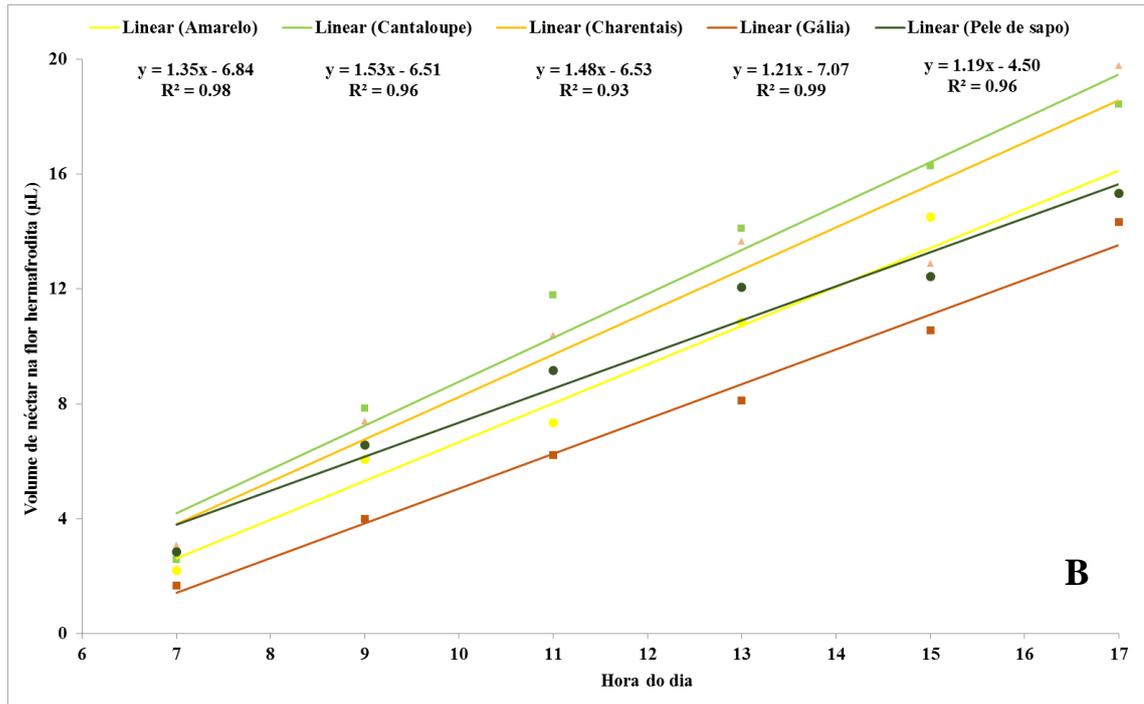
flores e volumes diferentes de néctar podem representar a mesma quantidade de açúcar, ou até mais açúcar no menor volume, caso esse seja mais concentrado que o outro (FREITAS 1995).

### Volume de néctar produzido pelas flores dos diferentes tipos de meloeiro em diferentes horários do dia.

O volume inicial de néctar durante a manhã é pequeno, e esse volume foi aumentando com o passar das horas do dia, mostrando um padrão linear de produção desse recurso floral (FIGURAS 10A e B). Isso sugere que a produção desse recurso é cumulativa, pois caso não haja a coleta do recurso pelos visitantes florais o néctar vai se acumulando na câmara nectarífera. Padrão semelhante foi observado por Kiill *et al.* (2016), e Vidal *et al.* (2006), mostra que esse mesmo padrão ocorre em outra espécie da mesma família do meloeiro, a abóbora (*Cucurbita pepo* L.).

Figura 10: Padrão de produção de néctar em diferentes horários do dia em flores masculinas (A) e hermafroditas (B) em cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.





Alguns fatores podem influenciar a produção de néctar nas flores como o local (CHALCOFF; AIZEN; GALETTO, 2006; ONO; DOHZONO; SUGAWARA, 2008), idade da flor (VALTUENA; ORTEGA-OLIVENCIA; RODRIGUEZ-RIANO, 2007), horário do dia (VALTUENA; ORTEGA-OLIVENCIA; RODRIGUEZ-RIANO, 2007), temperatura e radiação solar (VIDAL *et al.*, 2006), número de visitas (VALTUENA; ORTEGA-OLIVENCIA; RODRIGUEZ-RIANO, 2007; KAESER; SADEH; SHMIDA, 2008), tamanho da flor (LONGO; FISCHER, 2006), sexo da flor (LIU *et al.*, 2002; CARLSON, 2007), dentre outros. Portanto, informações sobre a produção de néctar das flores se torna importante tanto em estudos ecológicos como de polinização agrícola, pois o tempo de permanência dos polinizadores nas flores pode variar de acordo com a quantidade de néctar disponível, aumentando a probabilidade da deposição de pólen no estigma e assim o sucesso da polinização (VIDAL *et al.*, 2006; FREITAS, 1995).

### Visitas das abelhas *Apis mellifera* nas flores dos diferentes tipos de meloeiro em 2015.

O tipo de meloeiro mais visitado pelas abelhas melíferas foi o Cantaloupe, porém este não diferiu do tipo Pele de sapo que não diferiu dos demais tipos de meloeiro, Amarelo, Gália e Charentais (TABELA 9). As flores hermafroditas foram mais visitadas do que as flores masculinas em todos os tipos de meloeiro e o recurso mais coletado nas flores foi o néctar (TABELA 9).

As flores mas culinas e hermafroditas de todos os tipos de meloeiro estudados receberam mais de 36 visitas (Tabela 9). No meloeiro, para que haja a produção de um fruto com boas características comerciais é necessário um grande número de visitas às flores formadoras de fruto, no mínimo entre 10 e 15 visitas de abelhas (McGREGOR *et al.*, 1965 e 1976). Portanto, todos os tipos de meloeiro estudados receberam um número de visitas bem maior do que o mínimo necessário para produção de bons frutos e a polinização não foi um fator limitante (TABELA 9). Considerando o tamanho total da área experimental (0,5 ha) e o uso de duas colmeias fortes de *Apis mellifera* para a polinização, certamente a densidade de abelhas utilizadas foi responsável pelo alto número de visitas.

Tabela 9: Média de visitas de abelhas *Apis mellifera*, separadas por tipo floral (masculina e hermafrodita) e por recurso coletado (néctar e pólen) em cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*).

Tipo floral e comercial de meloeiro		Visitas de abelhas <i>Apis mellifera</i>					
		Néctar		Pólen	Total		
Sexo	Masculina	36.77±6.20	b	16.76±6.47	a	53.53±12.58	b
	Hermafrodita	49.97±7.31	a	13.26±3.97	b	63.23±11.23	a
Tipo comercial	Amarelo	42.75±8.60	b	14.58±0.82	b	57.33±7.78	b
	Cantaloupe	53.75±10.49	a	23.42±6.25	a	77.17±4.24	a
	Charentais	36.67±8.72	b	10.75±2.00	c	47.42±6.72	c
	Gália	38.33±8.72	b	10.92±1.77	c	49.25±6.95	c
	Pele de Sapo	45.33±10.14	b	15.42±1.53	b	60.75±8.60	b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### Correlações entre a produção de pólen e néctar de flores masculinas e hermafroditas e a visitas das abelhas *Apis mellifera* em 2015.

Houve uma correlação positiva entre as características de visitação entre si, porém não houve correlação entre as características de produção de néctar e pólen e as características de visitação nas flores masculinas (TABELA 10).

Tabela 10: Correlação entre produção de néctar e pólen e visitação de abelhas *Apis mellifera* em flores masculinas de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

	Mnec	Mpol	Mvn	Mvp
Mpol	0,586			
	0,299			
Mvn	0,734	0,677		
	0,158	0,209		

Mvp	0,736	0,565	0,970	
	0,156	0,321	<b>0,006</b>	
Mvt	0,741	0,624	0,992	0,993
	0,152	0,260	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>

\*Mpol- Flor masculina produção de pólen; Mnec- Flor masculina produção de néctar; Mvp- Flor masculina visitas coleta de pólen; Mvn- Flor masculina visitas coleta de néctar; Mvt- Flor masculina total de visitas coleta.

O mesmo ocorreu com a correlação entre as características de produção de recurso e as flores hermafroditas. Houve uma correlação positiva entre as características de visitação entre si, porém não houve correlação entre as características de produção de néctar e pólen e as características de visitação nas flores hermafroditas (TABELA 11).

Tabela 11: Correlação entre produção de néctar e pólen e visitação de abelhas *Apis mellifera* em flores hermafroditas de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus, 2015.

	Hnec	Hpol	Hvn	Hvp
Hpol	-0,296			
	0,629			
Hvn	0,123	0,517		
	0,844	0,373		
Hvp	0,103	0,653	0,981	
	0,869	0,232	<b>0,003</b>	
Hvt	0,116	0,567	0,998	0,992
	0,852	0,319	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>

\*Hpol- Flor hermafrodita produção de pólen; Hnec- Flor hermafrodita produção de néctar; Hvp- Flor hermafrodita visitas coleta de pólen; Hvn- Flor hermafrodita visitas coleta de néctar; Hvt- Flor hermafrodita total de visitas coleta.

Apesar da alta probabilidade de correlação entre a produção de recursos alimentares e visitação das abelhas, elas não se correlacionaram quando observado em flores masculinas e hermafroditas nos diferentes tipos de meloeiro estudados. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato de que a alta densidade de abelhas forrageando na área (ver tópico 3.4 acima) aumentou a competição por recursos entre as campeiras eliminando os fatores de seletividade e fazendo com que todas as flores fossem visitadas indistintamente.

### **Análise qualitativa do néctar das flores masculinas e hermafroditas dos diferentes tipos de meloeiro**

Um conjunto de cromatogramas e espectros de massa foram obtidos para cada uma das amostras de néctar. Cromatogramas no modo positivo e no modo negativo das amostras de néctar coletadas nas flores dos diferentes tipos de meloeiro.

A intensidade de separação é uma combinação da separação pela cromatografia líquida e a detecção pelo MS/MS, e foram tentativamente identificados cerca de 26 metabólitos, incluindo diversas classes de compostos como açúcares, flavonóides e aminoácidos, utilizando os espectros de MS e MS/MS de cada amostra.

Os cromatogramas em modo positivo e negativo das amostras de néctar coletado das flores do meloeiro do Cantaloupe são apresentados na FIGURA 11A e B, e a tabela de identificação dos compostos na TABELA 12.

Figura 11: Cromatogramas da amostra de néctar coletada de flor hermafrodita (A) e flor masculina (B) do meloeiro Cantaloupe (*Cucumis melo*) em modo positivo e negativo.

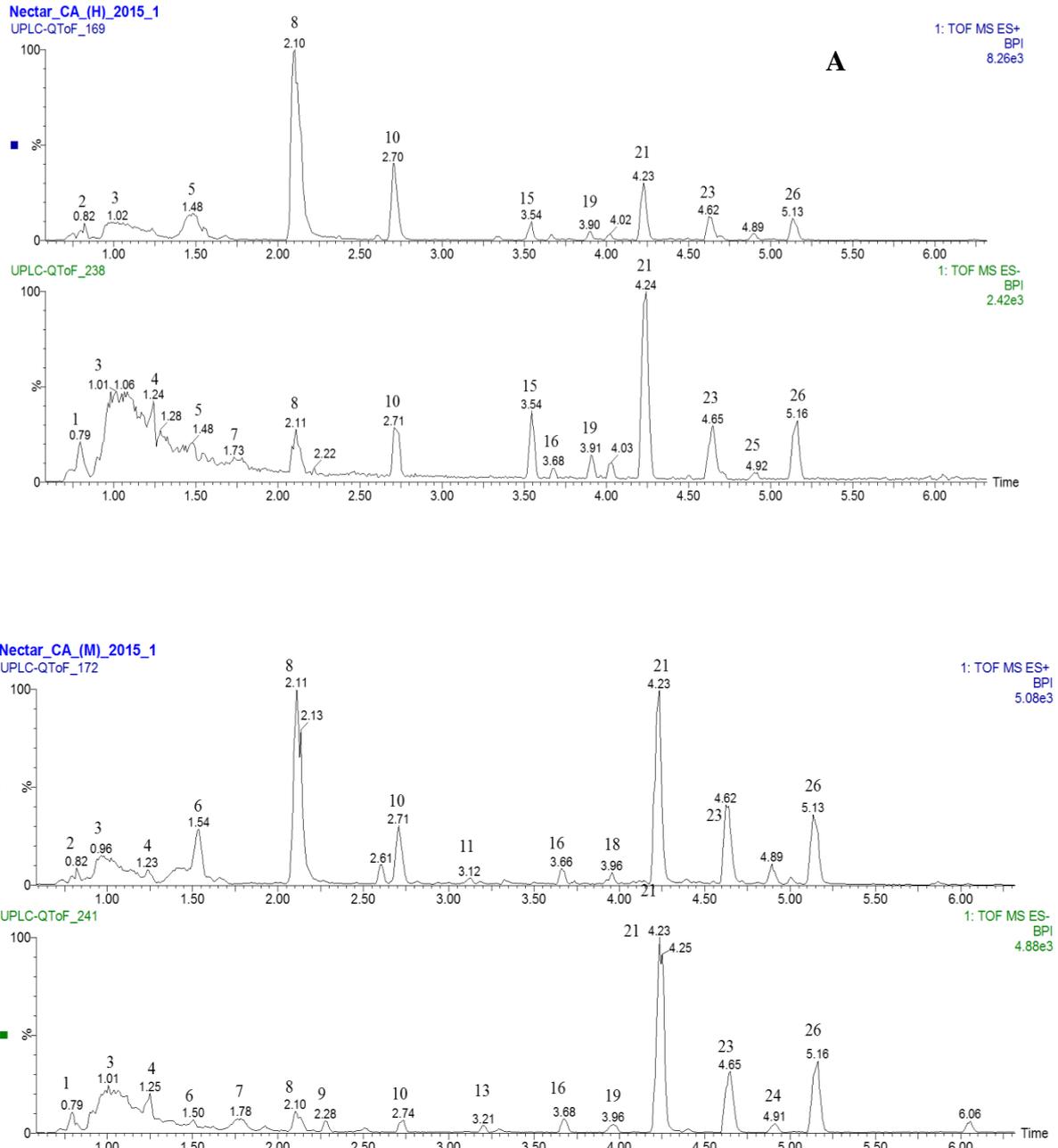


Tabela 12: Tentativa de identificação de compostos em néctar dos cinco tipos de meloeiro juntamente dos três sexos florais em modo positivo e negativo em Pacajus, 2015.

Pico	t <sub>r</sub> (min)	Modo de ionização negativo			Modo de ionização positivo		Fórmula molecular	Identificação	CA		GA		PS		AM		CH		Referências
		MS [M-H] <sup>-</sup>	MS/MS	ppm	MS [M+H] <sup>+</sup>	MS/MS			H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	
1	0.79		264.9342; 248.9597; 180.9737; 112.9844	-	-	-	-	não identificado	+	+	+	+	+	+			+	+	-
2	0.82	399.0916	383.1103; 219.0258; 203.0513	-	-	-	-	não identificado	+	+	+		+	+			+	+	-
3	1.01	341.1084	179.0541; 161.0466	-8.8	343.1213	325.1106; 163.0580; 145.0648	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	sacarose isômero I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(FARAG <i>et al.</i> , 2014)
4	1.24	341.1085	179.0553; 503.1586	0.3	343.1229	325.1113; 163.0595; 145.0468	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	sacarose isômero II	+	+	+	+	+	+	+		+	+	-
5	1.45	180.0656	133.0492; 163.0383	-2.8	182.0804	165.0560 136.0743	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub>	tirosina	+		+		+		+		+	+	(HOLME; WOODS, 2002)
6	1.54	-	-	-	268.1032	136.0580	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>	adenosina		+		+		+		+	+	+	-
7	1.79	341.0877	283.0724; 179.0474; 113.0236	-	-	-	-	não identificado	+	+		+		+					-
8	2.13	164.0708	147.0448	-2.4	166.0849	131.0488; 120.0783; 118.0638	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	fenilalanina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(WRONA <i>et al.</i> , 2016)
9	2.28	407.1646	341.1017; 304.0214; 203.0813	-	-	-	-	não identificado		+		+		+					-

10	2.71	203.0814	186.0612; 116.0511; 181.0455	-3.4	205.0973	188.0688; 170.0593; 159.0897; 146.0573	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Triptofano	+	+	+	+	+	+	(WRONA <i>et al.</i> , 2016)
11	3.12	-	-	-	295.1301	232.1042; 166.0861; 120.0828		não identificado			+	+		+	-
12	3.13	214.0734	133.0392; 112.9859	2.3	216.0870	188.0922; 148.0596	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> N <sub>5</sub> O	cinetina	+						Padrão
13	3.20	495.2447	430.2372; 341.1127	-	-	-	-	não identificado		+	+				-
14	3.51	-	-	-	303.0489	251.1001; 120.0787	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	não identificado					+		-
15	3.54	609.1460	429.0959; 309.0422; 489.1017	0.7	-	-	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	isoorientina-2''-O-glicosídeo	+	+	+	+	+	+	(NEGRI; DE SANTI; TABACH, 2012)
16	3.66	-	-	-	303.0489	251.1001; 120.0787	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	não identificado		+	+	+		+	-
17	3.91	609.1517	429.9910; 285.0231	1.9	-	-	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	luteolina-7-O-sophorisídeo				+		+	+
18	3.96	-	-	-	287.0538	229.1259; 213.1549; 201.1198	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	kaempferol		+			+	+	(ABU-REIDAH <i>et al.</i> , 2015)
19	3.96	593.1480	413.0913; 293.0433; 473.1009	-4.4	-	-	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub>	isovitexina-2-O-glicosídeo	+			+	+	+	(NEGRI; DE SANTI; TABACH, 2012)
20	4.02	755.1857	729.1953; 341.1034		-	-		não identificado			+	+	+	+	-

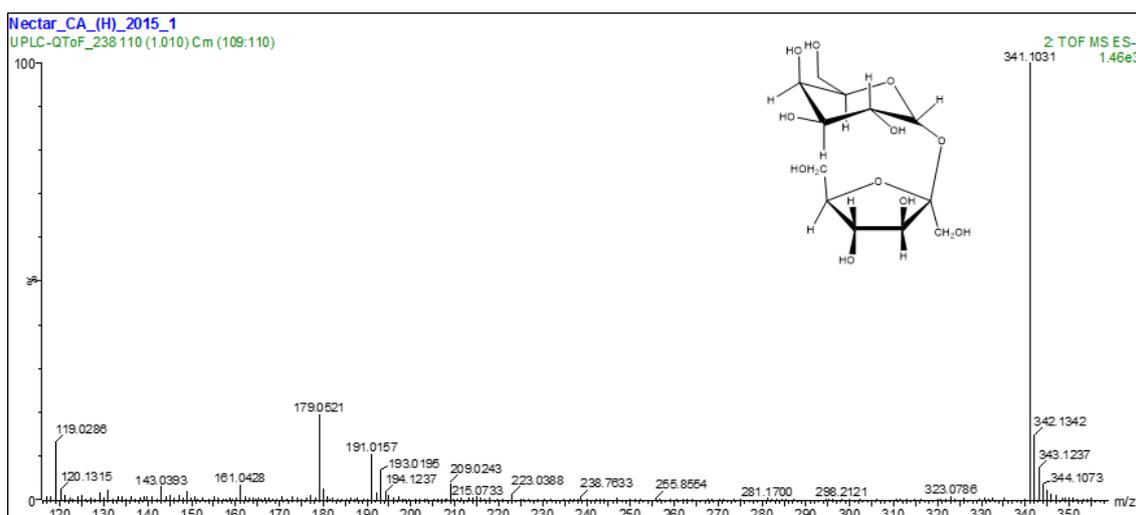
21	4.23	593.1490	429.0848; 285.0372	-2.7	595.1666	287.0515	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub>	kaempferol-3- <i>O</i> - neohesperidosídeo	+	+	+	+	+	+	+	(TRUCHADO; FERRERES; TOMAS- BARBERAN, 2009)
22	4.40	165.0548	147.0457; 119.0508; 103.0552	-2.4	-	-	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	4- (2-hidroxietil) ácido benzóico	+							-
23	4.63	447.0928	285.0284	0.2	449.1068	287.0515	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	luteolina hexosídeo	+	+	+	+	+	+	+	(FARAG <i>et al.</i> , 2014)
24	4.90	-	-	-	583.3306	287.0532; 127.0378	-	não identificado		+			+			-
25	4.92	489.1046	285.0402	2.7	-	-	C <sub>23</sub> H <sub>21</sub> O <sub>12</sub>	kaempferol 3-(6- acetilgalactosídeo)		+		+				-
26	5.14	431.0977	285.0391	-0.2	-	-	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	kaempferol raminosídeo	+	+	+	+	+	+	+	(ABU- REIDAH <i>et al.</i> , 2015)

\*Amarelo - AM, Cantaloupe - CA, Charentais - CH, Galia - GA e Pele de sapo – PS e gênero flotal (masculina - M, feminina - F ou hermafrodita – H).

## Açúcares

O pico **3**,  $t_r$  1.01 minutos, apresenta íon molecular  $[M-H]^-$  em  $m/z$  341.1054 e  $[M+H]^+$  em  $m/z$  343.1213 ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) e foi identificado como sacarose (FIGURA 12), e foi descrito anteriormente por Farag *et al.* (2014). O espectro de segunda ordem apresentou íons de  $m/z$  179.0541, gerado pela perda de um grupo D-galactopiranosil ( $C_6H_{11}O_5$ ), e de  $m/z$  161.0466, gerado pela perda de uma glicose. A presença de sacarose na amostra também foi confirmada pelo modo de ionização positivo, com fragmentações semelhantes, acrescentando-se o íon  $m/z$  325.1106, causado pela perda de uma molécula de água. Por sua vez, o pico **4**,  $t_r$ -de 1.24 minutos, apresentou o mesmo íon precursor  $[M-H]^-$  341, além dos mesmos fragmentos, e foi identificado como sacarose isômero II (TABELA 12).

Figura 12: Espectro MS/MS do composto 3 – sacarose isômero I, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



Os carboidratos são importantes na atração e nutrição dos visitantes florais e desempenham um papel importante na relação ecológica planta-inseto (HEIL, 2011). A sacarose é um dos principais açúcares na composição do néctar (BAKER; BAKER, 1982). Wolff (2006) estudando espécies de *Gentianales* observou que a sacarose foi o açúcar predominante na composição do néctar floral em 41 das 47 espécies florais estudadas. Assim como os estudo de Chalcoff; Aizen; Galetto (2006) concluíram que em 17 das 26 espécies estudadas tinha a sacarose como açúcar predominante em sua composição. O néctar do meloeiro também tem como característica a sacarose como principal tipo de açúcar. Glicose e frutose também podem ser encontrados, porém em baixas concentrações. E no meloeiro a

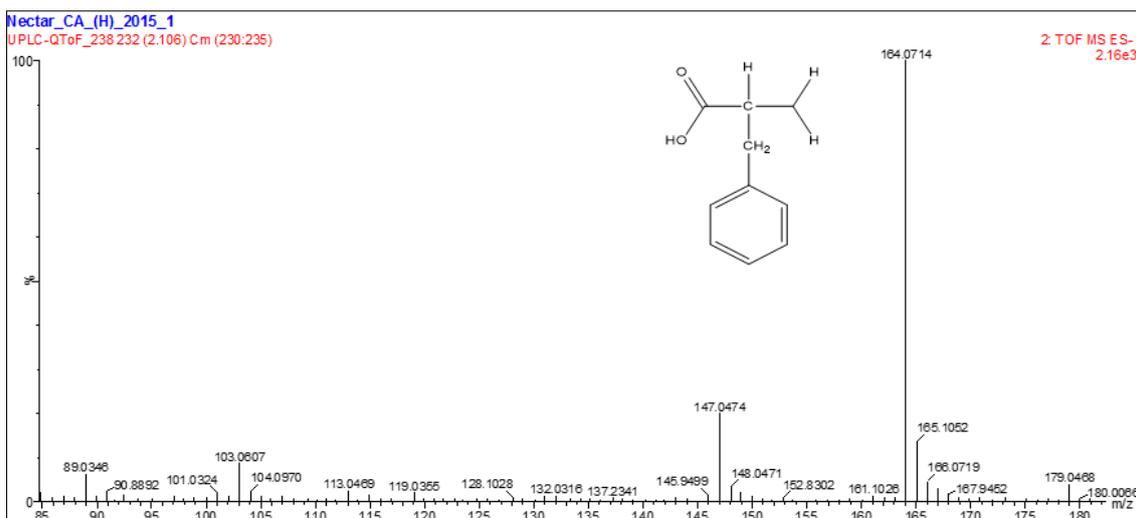
relação entre sacarose e outros açúcares depende do sexo da flor (GERRA-SANZ, 2008). Flores com néctar rico em sacarose, por exemplo, atraem visitantes como, abelhas principalmente, mariposas, borboletas e aves (EITERER; COSTA, 2007).

### Aminoácidos

O pico **5**,  $t_r$  1,46 minutos, apresenta íon precursor  $[M-H]^-$  em  $m/z$  180.0656  $C_9H_{11}NO_3$ , e foi identificado como tirosina, relatado anteriormente por Holme; Woods (2002). O íon fragmento de  $m/z$  163.0383 foi gerado pela perda de um grupo OH. A presença de tirosina na amostra foi confirmada também em modo de ionização positivo com fragmentações semelhantes (TABELA 12). Tiedge; Lohaus (2017) também encontraram a tirosina em algumas espécies de *Nicotiana*, que estava entre os aminoácidos mais abundantes.

O pico **8**,  $t_r$  2.28 minutos, foi identificado como o aminoácido fenilalanina, de íon molecular  $[M-H]^-$  em  $m/z$  164.0712, cuja fórmula molecular é  $C_9H_9NO_2$  (FIGURA 13). O fragmento que deu origem ao pico  $m/z$  147.0471 foi relativo à perda de um grupo OH. Wrona *et al.* (2016), reporta a identificação desse aminoácido tanto pelo modo de ionização positivo quanto negativo (TABELA 12). A presença de fenilalanina foi confirmada pelo modo de ionização positiva, com fragmentações semelhantes, acrescentando-se o íon  $m/z$  120,0779 gerado pela perda de  $CHO_2$ .

Figura 13: Espectro MS/MS do composto 7 – fenilalanina, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus, 2015.



A fenilalanina foi altamente correlacionada com as preferências dos polinizadores por ter um efeito fagostimulador em vários insetos, especialmente em abelhas melíferas (INOUE; WALLER, 1984; PETANIDOU *et al.*, 2006). E a fenilalanina está entre os

aminoácidos essenciais para a maioria dos polinizadores (NICOLSON; NEPI; PACINI, 2007).

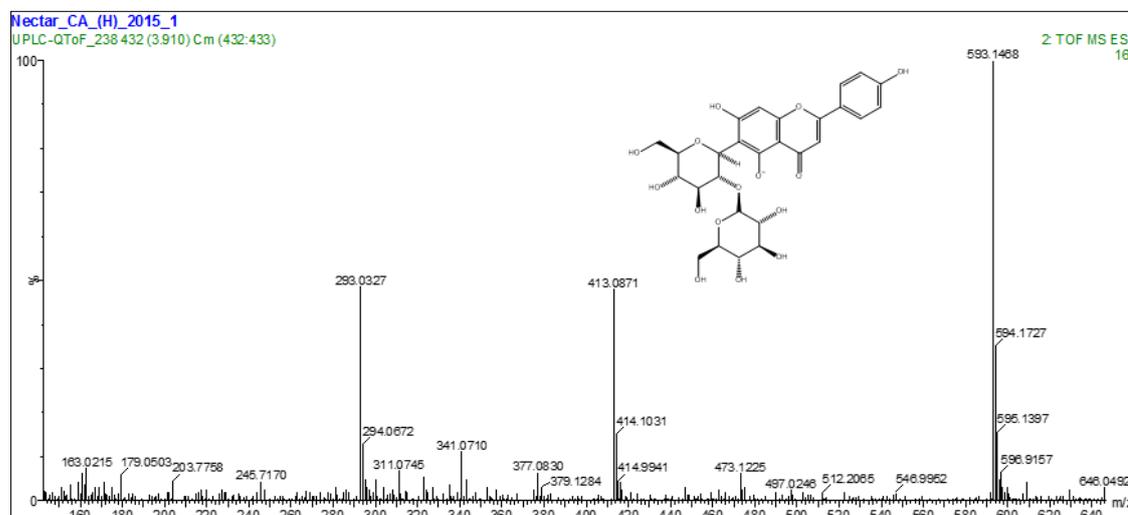
O pico **10**,  $t_r$  2.71 minutos, foi descrito por Wrona *et al.* (2016) e identificado como o aminoácido triptofano  $[M-H]^-$  203.0818 e  $[M+H]^+$  205.0973, cuja fórmula molecular é  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ . Os íons fragmentos  $m/z$  186.0612 e 188.0688 são gerados pela perda de um grupo OH. No modo de ionização positivo, houve o surgimento de outra fragmentação com  $m/z$  159.0897 devido à perda de um grupo  $CHO_2$  (TABELA 12).

Estudos demonstraram que mesmo a concentração de açúcares no néctar sendo aproximadamente de 100 a 1000 vezes maior que os aminoácidos, os aminoácidos afetam significativamente a atratividade do néctar para polinizadores (BAKER; BAKER, 1982; POTTER; BERTIN, 1988; PETANIDOU *et al.*, 2006). Os insetos polinizadores são mais atraídos por néctares ricos em aminoácidos (BLÜTHGEN; FIEDLER, 2004; CARTER *et al.*, 2006; GONZÁLEZ-TEUBER; HEIL, 2009), inclusive as abelhas (HENDRIKSMA; OXMAN; SHAFIR, 2014). Sabe-se que aminoácidos servem na atração e nutrição para os visitantes e segundo (HEIL, 2011), tem papel importante na relação ecológica planta-inseto. Tiedge; Lohaus (2017) mostram que em 20 espécies de *Nicotiana*, que as espécies que florescem durante o dia possuem concentração de aminoácidos de 2-3 vezes maior do que plantas que florescem à noite, e as espécies polinizadas por abelhas tinham em média (3,6 mM) de aminoácidos.

### **Flavonóides**

O pico **19**,  $t_r$  3.90 minutos, apresenta íon precursor  $[M-H]^-$  em  $m/z$  593.1480 e  $[M+H]^+$  em  $m/z$  595.1662, cuja fórmula molecular é  $C_{27}H_{30}O_{15}$ , identificado como isovitexina-2''-*O*-glicosídeo (FIGURA 14), é relatado por Negri; De Santi; Tabach (2012). Os fragmentos de  $m/z$  413.0913, 293.0433 e 473.1009, característicos de flavonas *O*-glucosil-C-glicósido, indicando a presença de sophorosídeo e apigenina como aglicona, de acordo com os autores (TABELA 12).

Figura 14: Espectro MS/MS do composto 19 - isovitexina-2''-O-glicosídeo, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico **21**,  $t_r$  4,23 minutos, possui  $[M-H]^-$  em  $m/z$  593.1519 foi descrito por Truchado; Ferreres; Tomas-Barberan (2008) e identificado como Kaempferol-3-*O*-neohesperidosídeo, cuja fórmula molecular é  $C_{27}H_{30}O_{15}$  (TABELA 12). Segundo os autores, o fragmento  $m/z$  285.0354 indica que o glicosídeo é um derivado do Kaempferol. O mesmo artigo ainda cita que esse composto 17 foi previamente identificado como um constituinte relevante no néctar de alecrim. A presença do Kaempferol-3-*O*-neohesperidosídeo  $[M+H]^+$  5951666 no néctar foi confirmado pelo modo de ionização. O kaempferol possui propriedades antioxidantes inibindo (SHIMOJI; YAMASAKI, 2005; SAMANTA; DAS; DAS, 2011).

O pico **22**,  $t_r$  4,63 minutos, foi descrito por Farag *et al.* (2014) e identificado como Luteolina hexosídeo  $[M-H]^-$  447.0919, cuja fórmula molecular é  $C_{21}H_{20}O_{11}$ . O íon fragmento  $m/z$  285,0391 corresponde à massa molar do Kaempferol que é característico da Luteolina hexosídeo, segundo Farag *et al.* (2014). A presença desse composto  $[M+H]^+$  449,1068 é confirmado pelo modo de ionização positivo (TABELA 12).

O pico **26**,  $t_r$  5,14 minutos, foi descrito por Abu-Reidah *et al.* (2015) e identificado como Kaempferol ramosídeo  $[M-H]^-$  431,0977, cuja fórmula molecular é  $C_{21}H_{20}O_{10}$ . O íon fragmento  $m/z$  285,0394 corresponde à molécula desprotonada do Kaempferol que é característico do Kaempferol rhaminosídeo, segundo Abu-Reidah *et al.* (2015) . A presença do Kaempferol rhaminosídeo  $[M-H]^+$  433,1146 foi confirmada pelo modo de ionização positivo (TABELA 12).

O néctar também pode conter metabolitos secundários (TRUCHADO *et al.*, 2008). Os flavonoides são protetores químicos que absorvem luz, protegendo as células vegetais dos danos causados pela fotoxidação (VIZZOTTO; KROLOW; TEIXEIRA, 2010). Os flavonóides são armazenados nos tapetosomas, organelas presentes nas células do tapetum, que correspondem à camada mais interna da camada de antera. Durante o desenvolvimento do pólen, os flavonóides são liberados dos tapetosomas e reagem com o revestimento de pólen, permitindo a germinação e o crescimento do tubo polínico.

Os flavonoides são a classe mais comum de pigmentos que conferem cor às flores que vai do amarelo ao vermelho, violeta e azul são encontrados nas células da epiderme (TANAKA; BRUGLIERA, 2006), atuando como moléculas de sinal e atrativo para os visitantes (IWASHINA, 2003; PEER; MURPHY, 2011). Os flavonoides encontrados no néctar das flores de meloeiro também podem ter vindo provavelmente do pólen das flores, já que durante a coleta do néctar com os micropapilares é inevitável que alguns grãos de pólen tenham vindo junto ao néctar coletado. Os flavonoides também estão envolvidos no revestimento do grão de pólen, de germinação e crescimento do tubo polínico (SAMANTA; DAS; DAS, 2011).

## CONCLUSÕES

Os cinco tipos de meloeiro estudados produzem quantidades similares de pólen nas flores masculinas, mas diferentes nas hermafroditas com destaque de maior para os tipos Amarelo e Pele de Sapo e menor para os tipos Charentais e Galia. Uma maior quantidade de pólen nas flores hermafroditas pode favorecer visitas por abelhas coletando pólen e melhorar a polinização.

As flores hermafroditas são mais visitadas, e o recurso floral mais coletado pelas abelhas é o néctar. A falta de correlação entre a quantidade de recursos florais e a visitação de *Apis mellifera* pode ter sido consequência da densidade de abelhas usadas na área. Mais investigações sobre o assunto variando a densidade de abelhas no cultivo são necessárias.

O volume de néctar produzido não varia entre os tipos de meloeiro estudados, independentemente do sexo das flores. Isso sugere que essa característica não estaria influenciando a preferência das abelhas. Outros fatores devem estar determinando a maior preferência das abelhas por visitarem mais as flores hermafroditas.

As flores masculinas, exceto para o tipo Charentais, produzem néctar mais concentrado do que as flores hermafroditas e a concentração do néctar pode ser um fator

determinante na preferência das flores pelas abelhas entre os tipos de meloeiro, uma vez o tipo Cantaloupe, cujo néctar das flores masculinas foi o mais concentrado, e o tipo Charentais, cujo néctar apresentou menor concentração, foram exatamente os tipos cujas flores foram mais e menos visitadas, respectivamente.

O néctar do meloeiro apresenta constituintes que são tanto atrativos como importantes na nutrição das abelhas e isso pode favorecer a visitação desses polinizadores.

## IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*) E SUA RELAÇÃO COM VISITAS ÀS FLORES POR *Apis mellifera*

### RESUMO

Este estudo teve por objetivo identificar os compostos orgânicos voláteis (COVs) em flores de diferentes tipos de meloeiro e investigar sua relação com as visitas da abelha *Apis mellifera*. Para tanto, foram utilizadas parcelas plantadas ao acaso com cinco tipos comerciais de meloeiro: Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e Pele de sapo. A extração dos compostos orgânicos voláteis das flores foi feita pelo método de HS-SPME e fibra de fase estacionária carboxeno/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS). Os compostos foram identificados e semi-quantificados por análise cromatográfica gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS). O número de abelhas *A. mellifera* nas flores dos diferentes tipos de meloeiro foi obtido pelo método do transecto, com início às 05:00 horas e término às 17:00 horas, durante 5 dias consecutivos. Os resultados mostraram 37 compostos voláteis diferentes: álcoois (4), aldeídos (3), hidrocarbonetos (2), cetonas (1), ésteres (11) e terpenos (16) nos diferentes tipos de meloeiro. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no número de visitas entre os diferentes tipos de meloeiro, com tipo Cantaloupe sendo mais visitado, seguido do Charentais, Amarelo, Pele de sapo e Gália, que não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si. Enquanto os aldeídos contribuíram positivamente para a visitação das abelhas nas flores masculinas, os terpenos mostraram uma correlação negativa. Nas flores hermafroditas/femininas, a correlação positiva foi atribuída à presença de aldeídos e alcoóis. Houve correlação positiva com o D-Limonene e negativa com  $\alpha$ -Pinene nas flores masculinas, e positiva com benzaldeído nas flores hermafroditas/femininas. Conclui-se que as flores do Cantaloupe são mais atrativas para *A. mellifera* do que as dos demais tipos de meloeiro, e as variações de visitação das abelhas estão mais associadas a diferenças qualitativas do que quantitativas dos COVs.

**Palavras-chave:**  $\alpha$ -Pineno; atração floral; carboxeno/polidimetilsiloxano; D-Limoneno; odor floral; polinização de melão; visitação por abelhas

## ABSTRACT

This study aimed to identify the volatile organic compounds (VOCs) in flowers of different types of melon and to investigate their relationship with flower visits of the bee *Apis mellifera*. Plots were planted at random with five commercial types of melon: Yellow, Cantaloupe, Charentais, Galia and Piel de sapo and the extraction of the volatile organic compounds from the flowers was carried out by the HS-SPME method and stationary phase carboxene / polydimethylsiloxane fiber (CAR / PDMS). The compounds were identified and semi-quantified by gas chromatographic coupled to mass spectrometry (GC-MS). The number of *A. mellifera* bees in the flowers of the different types of melon was obtained by the transect method, starting at 05:00 hours and ending at 17:00 hours, during 5 consecutive days. The results showed 37 different volatile compounds: alcohols (4), aldehydes (3), hydrocarbons (2), ketones (1), esters (11) and terpenes (16) in different types of melon. There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the number of visits among the different types of melon, with Cantaloupe being the most visited, followed by Charentais, Yellow, Piel de sapo and Galia, which did not differ ( $p > 0.05$ ) from each other. While the aldehydes contributed positively to the visitation of bees in the male flowers, the terpenes showed a negative correlation. In the hermaphrodite / female flowers, the positive correlation was attributed to the presence of aldehydes and alcohols. There was a positive correlation with D-Limonene and negative with  $\alpha$ -Pinene in male flowers, and positive with benzaldehyde in hermaphrodite / female flowers. It is concluded that the flowers of the Cantaloupe are more attractive to *A. mellifera* than the other types of melon, and variations in the bee visits to melon flowers are more associated to qualitative than quantitative differences of VOCs

**Keywords:**  $\alpha$ -Pinene; bee visits; carboxene / polydimethylsiloxane; D-Limonene; floral attraction; floral odor; melon pollination.

## INTRODUÇÃO

A grande maioria das plantas cultivadas pelo homem apresenta algum grau de dependência de polinização (IPBES, 2016). Plantas que dependem da polinização biótica evoluíram uma diversidade de formas de sinalizar aos visitantes florais a presença de recursos, atraindo assim seus polinizadores (VARASSIN; AMARAL-NETO, 2014;

ARMENGOL, 2015). Essas estratégias separadamente ou em conjunto podem influenciar na preferência e no comportamento forrageiro do visitante floral (WRIGHT; SCHIESTL, 2009).

Uma das características mais importantes na atração e na interação flor/polinizador é o aroma floral (CHITTKA; RAINE, 2006), sendo este constituído por uma grande variedade de compostos orgânicos voláteis (COVs) (SOTO *et al.*, 2015; SONG *et al.*, 2015). Alguns COVs podem agir como atrativos para os polinizadores (DUDAREVA *et al.*, 2006; RAGUSO, 2008), enquanto que outros compostos exercem função de defesa, repelindo aqueles animais que possam causar danos à planta ou suas flores (SCHIESTL *et al.*, 2010). A emissão de COVs pelas flores é quantitativamente e qualitativamente variável, desde espécies que emitem aromas fracos e simples, àquelas que produzem COVs fortes e complexos (PARACHNOWITSCH; RAGUSO; KESSLER, 2012; ARMENGOL, 2015).

Alguns estudos relatam o papel dos COVs na atratividade das flores para abelhas polinizadoras (ASHMAN *et al.*, 2005; WRIGHT; SCHIEST, 2009; FILELLA *et al.*, 2013; SOTO *et al.*, 2015; CEUPPENS *et al.*, 2015). Estes COVs podem auxiliar o polinizador na localização e reconhecimento da flor (MAJETIC; RAGUSO; ASHMAN, 2009), bem como associá-los a quantidade e qualidade dos recursos florais (DUDAREVA *et al.*, 2006; HOWELL; ALARCÓN, 2007). Nesse contexto, estudos têm demonstrado que a preferência dos polinizadores pode ir além da escolha entre espécies vegetais, chegando ao nível das variedades agrícolas, como já relatado em girassol (PHAM-DELEGUE *et al.*, 1989), canola (WRIGHT; SKINNER; SMITH, 2002), morango (KLATT *et al.*, 2013 e CEUPPENS *et al.*, 2015) e mirtilo (RODRIGUEZ-SAONA *et al.*, 2011).

Na família Cucurbitaceae, o papel dos COVs tem sido estudado em algumas espécies, como a abobrinha - *Cucurbita pepo* L. (GRANERO *et al.* 2004), abóbora selvagem - *Cucurbita pepo* subsp. *Texana* (FERRARI *et al.* 2006) e abóbora - *Cucurbita moschata* Duchesne (ANDREWS; THEIS; ADLER, 2007). No entanto, o meloeiro (*Cucumis melo* L.), a espécie dessa família mais cultivada mundialmente e cuja falta de polinização biótica adequada pode levar a uma redução maior ou igual a 90% na produção de frutos (KLEIN *et al.*, 2007), ainda carece de estudos sobre seus COVs e o papel que desempenham na atração dos polinizadores.

Uma variedade de espécies de abelhas tem sido relatada como polinizadoras eficientes do meloeiro, tais como, *Xylocopa grisescens* e abelhas da Família *Halictidae* sp (COELHO *et al.*, 2012), *Trigona carbonaria* (KOUONON *et al.*, 2009), *Trigona spinipes* (KIILL *et al.*, 2011) e *Scaptotrigona* sp. (BEZERRA, 2014). Contudo, a abelha melífera (*Apis mellifera*) é a espécie manejada usada mundialmente na polinização dessa cultura (FREE, 1993; HOZ,

2007; REYES-CARRILLO *et al.*, 2007; SOUSA *et al.*, 2009; KEOGH; ROBINSON; MULLINS, 2010; SIQUEIRA *et al.*, 2011; SOUSA *et al.*, 2012; KIILL *et al.*, 2014). No entanto, observações preliminares sugerem que *A. mellifera* apresenta frequência de visitação diferenciada às flores de tipos de meloeiros distintos, e os atrativos florais, especialmente os COVs, podem desempenhar um papel relevante na atratividade dessas flores para as abelhas.

Nesse contexto, este trabalho procurou (i) identificar, quantificar e qualificar os compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos pelas flores do meloeiro; (ii) determinar possíveis diferenças no perfil dos compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos em função do gênero das flores e tipos agronômicos de meloeiro; (iii) investigar possíveis relações entre os compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos pelas flores do meloeiro e o número de visitas florais do polinizador mais utilizado dessa cultura, a abelha *Apis mellifera*.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical localizado no município de Pacajus, CE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cinco tipos comerciais de melão) e oito repetições (parcelas). A área era composta por 20 linhas de plantio, que foram divididas ao meio, totalizando assim 40 parcelas experimentais (ANEXO 1). As parcelas foram plantadas simultaneamente e cada uma ficou composta por 25 plantas. A distribuição dos tipos de meloeiro nas parcelas foi feita ao acaso, por sorteio, e para cada tipo de meloeiro foi utilizado um híbrido de boa aceitação comercial. O espaçamento utilizado foi de 2,0 m entre linhas e de 0,40 m entre plantas. O ensaio foi conduzido na estação seca do ano de 2014 (novembro), irrigado por gotejamento, com adubação de fundação e de cobertura feita por fertirrigação.

### **Material vegetal utilizado**

Os cinco tipos e respectivos híbridos de meloeiro selecionados para este estudo foram Amarelo (Goldex), Cantaloupe (Zelda), Pele de sapo (Ricura), Charentais (Banzai) e Gália (McLaren). Os três primeiros tipos são andromonóicos (flores masculinas e hermafroditas), enquanto os dois últimos são trimonóicos (flores masculinas, femininas e hermafroditas na mesma planta).

### **Introdução de colmeias de *Apis mellifera* na área de plantio**

Duas colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* instaladas em colmeias padrão Langstroth foram introduzidas na área, no intuito de assegurar a visitação das flores dos diferentes tipos de meloeiro. As colônias ocupavam sete quadros da colmeia com crias e estavam em bom estado sanitário. Elas foram colocadas próximas à área de cultivo, à sombra e com fonte de água limpa disponível. As colônias utilizadas foram fornecidas pelo Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

### **Número de abelhas *Apis mellifera* visitando as flores de meloeiro**

O número de abelhas *Apis mellifera* visitando as flores das parcelas dos diferentes tipos de meloeiro foi obtido de forma padronizada pelo método do transecto, realizado a cada hora ao longo do dia, com início às 05:00 horas e término às 17:00 horas, durante 5 dias consecutivos (VAISSIÈRE; FREITAS; GEMMILL-HERREN, 2011). Durante o transecto as parcelas foram percorridas e com o auxílio de contadores manuais se quantificava o número de abelhas visitando as flores masculinas e hermafroditas/femininas dos diferentes tipos de meloeiro naquele momento.

### **Coleta das amostras em campo**

A coleta das flores dos diferentes tipos de meloeiro (três flores masculinas, duas flores hermafroditas/femininas de cada tipo de meloeiro) foi feita aleatoriamente pela área de plantio. As flores foram cortadas na região do pedúnculo com uso de luvas e com auxílio de uma tesoura e uma pinça, para que não houvesse contato direto das mãos com as flores, evitando contaminação. Após a coleta, as flores foram colocadas em frascos tipo vial para headspace, identificados com o sexo da flor e o tipo de meloeiro correspondente. Nessas condições, as flores foram acondicionadas em isopor com gelo químico por aproximadamente oito horas e levadas para análise no Laboratório de Produtos Naturais, na sede da Embrapa Agroindústria Tropical no município de Fortaleza-CE.

### **Extração e identificação dos compostos orgânicos voláteis**

Na extração dos compostos orgânicos voláteis das flores utilizou-se o método analítico de headspace, com auxílio de amostrador automático e suporte de fibras SPME (Supelco, Bellefonte, PA, EUA). Como fase estacionária, utilizou-se a fibra

carboxeno/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS) de 75  $\mu\text{m}$  de espessura e 1 cm de comprimento, como em metodologia sugerido por Silva (2014). A fibra CAR/PDMS foi condicionada durante o tempo sugerido pelo fabricante (Supelco, Bellefonte, PA, EUA) e a 10°C a menos que o sugerido (CAR/PDMS: 290°C durante 60 minutos).

Os frascos de headspace de 20 mL contendo as amostras foram selados com um septo de silicone/PTFE (Supelco, Bellefonte, PA, EUA) e deixados no forno para SPME do equipamento a 35°C durante 15 minutos, para concentração dos compostos voláteis, seguida da sua captura pela exposição da fibra de SPME CAR/PDMS por um período de 30 minutos a 35°C, sem agitação. Os compostos adsorvidos foram identificados e semi-quantificados por análise de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS), em duplicata.

Nas análises de voláteis utilizou-se um cromatógrafo a gás modelo 7890B GC System (Agilent Technologies Spain, S.L., Madrid, Espanha) acoplado ao espectrômetro de massa modelo 5977A MSD (Agilent Technologies Spain, S.L., Madrid, Espanha). Os compostos das flores masculinas e hermafroditas dos cinco diferentes tipos de meloeiro foram separados utilizando-se uma coluna capilar DB 5MS (Agilent J&W GC Columns, Santa Clara, CA, EUA) de 60 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ . A fibra de SPME CAR/PDMS foi mantida no injetor à 240°C durante três minutos, para a dessorção dos compostos e em seguida, executou-se o condicionamento da fibra por 10 minutos antes da coleta seguinte.

Os voláteis foram dessorvidos no modo splitless e gás hélio foi empregado como gás de arraste com vazão de 1 mL  $\text{min}^{-1}$ . O programa de temperatura aplicado foi isoterma durante 4 minutos à 40°C, aumentada para 80°C a uma taxa de 2,5°C  $\text{minutos}^{-1}$ , e em seguida, aumentada para 110°C a uma taxa de 5°C  $\text{minutos}^{-1}$ , e por fim, aumentada para 220°C a uma taxa de 10°C  $\text{minutos}^{-1}$  e mantida por 13 minutos, totalizando 50 minutos de tempo de corrida. A temperatura da linha de transferência era de 280°C e a do detector 150°C. Os espectros de massa foram obtidos utilizando-se um sistema de analisador quadripolar com ionização por elétrons (EI) a 70 elétron-volts (eV) e intervalo de aquisição de massas de 50 a 600 Da.

Os compostos foram identificados por comparação de seus espectros de massas com os contidos na biblioteca NIST 2.0, 2012 (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md, EUA) e/ou pelo cálculo do índice de Kovats relativo a uma série de alcanos saturados (C7-C30) (Supelco, 49451-U, Bellefonte, PA, EUA). Em seguida, se comparou os resultados com os IKS apresentados na literatura para a confirmação da identificação dos compostos (ADAMS, 2007) e os resultados das análises foram apresentados em abundância relativa.

## Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e de correlações. E para comparação das médias dos diferentes tipos de meloeiro, foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de significância, isto com auxílio do software estatístico GENES (CRUZ, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Identificação dos COVs nas flores de meloeiro

As análises dos odores florais dos cinco diferentes tipos de meloeiros permitiram determinar a identificação e porcentagens relativas de área dos COVs das flores masculinas e hermafroditas/femininas totalizando 37 compostos voláteis diferentes (TABELA 13).

Tabela 13: Composição química e compostos voláteis das flores masculinas (M) e hermafroditas/femininas (H/F) de cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) por HS-SPME/GC-MS em Pacaju-CE, 2014.

Compostos Voláteis	Amarelo		Cantaloupe		Charentais		Gália		Pele de sapo	
	M	H	M	H	M	H/F	M	H/F	M	H
1-Penten-3-ol	0.00	0.00	0.74	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
Álcool benzílico	0.00	0.00	2.73	9.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3-Hexen-1-ol	0.00	0.00	0.00	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1-Butanol, 2-metil-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00
--- Álcoois ---	0.00	0.00	3.47	12.09	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.85
Benzaldeído	0.00	6.61	19.83	27.43	0.00	0.00	1.14	2.02	0.00	0.00
2-Butenal, 2-metil-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.68	0.00	7.59	0.00	5.29
Heptanal, 2-metil-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
--- Aldeídos ---	0.00	6.61	19.83	27.43	0.00	8.68	1.14	9.61	0.00	5.93
Octano, 2,3,6-trimetil-	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estireto	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00
--- Hidrocarbonetos ---	0.00	0.29	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00
Acetofenona	0.00	0.00	0.20	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
--- Cetonas ---	0.00	0.00	0.20	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\alpha$ -metilbutanoato de metila	0.00	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00
2-metilbutanoato de metila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzoato de metila	0.00	0.00	5.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00
Salicilato de metila	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acetato de etila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.07	0.00	13.13	0.00	14.59
Propanoato de etila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.69	0.00	6.67	0.00	14.07
3-metilbutanoato de etila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	0.92	0.00	1.97
2-metilbutanoato de etila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Tiglato de etila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	1.57	0.00	0.00
Butanoato de etila	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzoato de etila	0.00	0.00	0.13	0.35	0.00	0.11	0.00	1.93	0.00	0.00
--- Ésteres ---	0.00	2.41	5.63	6.32	0.00	84.71	0.00	26.60	0.00	30.63
1R- $\alpha$ -Pineno	87.20	70.11	32.19	25.59	90.31	3.18	86.54	50.62	82.05	52.26

Canfeno	1.17	1.00	0.38	0.38	0.00	0.00	1.01	0.57	1.09	0.58
o-Cimeno	0.75	1.05	2.15	1.51	0.00	0.00	0.48	0.45	0.99	0.60
Sabineno	1.21	1.67	1.41	1.36	0.00	0.13	0.95	1.17	1.47	0.91
D-Limoneno	4.40	10.10	28.94	16.24	7.31	0.00	4.43	5.05	7.84	4.38
$\alpha$ -Tujeno	0.00	0.88	0.74	0.93	0.00	0.00	0.46	0.00	0.92	0.33
$\beta$ -Mirceno	0.00	0.64	1.61	1.12	0.00	0.00	0.00	0.53	0.64	0.00
$\beta$ -Tujeno	0.00	5.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\alpha$ -Terpineol	0.00	0.00	0.45	2.28	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00
Terpineno	0.00	0.00	0.77	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\beta$ -Pino	5.28	0.00	2.24	2.27	2.38	0.00	5.00	3.69	5.01	3.52
$\alpha$ -Terpineno	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
endo-Borneol ou Camphol	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
l-Verbenona	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eucaliptol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00
2(3H)-Benzofuranona, hexahidro-3a,7a- dimetil-, cis-	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
--- Terpenos ---	100.00	90.69	70.87	53.24	100.00	3.30	98.86	63.37	100.00	62.59
Total Geral	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Os compostos químicos voláteis identificados foram agrupados em seis categorias, com base na estrutura química: álcoois (4), aldeídos (3), hidrocarbonetos (2), cetonas (1), ésteres (11) e terpenos (16) (TABELA 13). Essa diversidade de COVs nas flores do meloeiro e grupos químicos aos quais pertencem não surpreende. De fato, os aromas florais são misturas complexas compostas por substâncias voláteis de vários grupos químicos, sendo mais comumente encontrados os mono e sesquiterpenoides, benzenoides, além de grupos como, álcoois, aldeídos, ésteres, éteres e cetonas (DUDAREVA; PICHERSKY, 2006; KNUDSEN *et al.*, 2006).

O maior número de compostos voláteis encontrados nas flores masculinas dos diferentes tipos de meloeiro avaliados pertence ao grupo dos terpenos, especialmente nas flores masculinas dos tipos Amarelo, Charentais e Pele de sapo, que apresentaram 100% dos COVs pertencendo a esse grupo. As exceções ficaram por conta do tipo Gália que emitiu compostos do grupo aldeído e, sobretudo, o tipo Cantaloupe que apresentou a maior variedade, emitindo compostos de diversos outros grupos como, álcool, aldeído, cetona e éster (TABELA 13).

Também houve predominância de COVs do grupo dos terpenos nas flores hermafroditas/femininas, sobretudo na flor hermafrodita do meloeiro tipo Amarelo que apresentou a maior porcentagem de terpenos em sua composição com 90,69%. A exceção foi o tipo Charentais que apresentou flores hermafroditas/femininas com 84,71% de compostos pertencentes ao grupo dos ésteres. As flores hermafroditas do Cantaloupe também apresentaram a maior variedade de COVs (TABELA 13).

O único composto volátil comum a todos os tipos de meloeiro e aos dois sexos florais foi o  $\alpha$ -Pinene, sendo também o composto de maior predominância nos diferentes tipos de meloeiro, exceto pelas flores hermafroditas/femininas dos tipos Cantaloupe e Charentais. O  $\alpha$ -Pinene foi seguido pelo Acetato de etila e D-Limoneno, segundo e terceiro em abundância relativa (TABELA 13). Também podemos destacar a variação do número de compostos voláteis entre os sexos florais. Em todos os tipos de meloeiro estudados as flores masculinas possuem menor número de COVs quando comparadas as flores hermafroditas/femininas (TABELA 13).

### Número de abelhas *Apis mellifera* visitando as flores de meloeiro

No que se refere ao número de visitas das abelhas às flores masculinas de meloeiro, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre o número de abelhas observadas nas flores dos cinco tipos de meloeiro (TABELA 14). A maior quantidade de visitas foi registrada no meloeiro tipo Cantaloupe, seguido dos demais tipos de meloeiro, Charentais, Amarelo, Pele de sapo e Gália, que não apresentaram diferença significativa entre si. Nas visitas às flores Hermafroditas/femininas, também houve diferença significativa entre os tipos de meloeiro, com o maior número de abelhas observadas novamente no tipo Cantaloupe, embora dessa vez ele não tenha diferido do Charentais. Esse, por sua vez, também não diferiu dos demais tipos; Pele de sapo, Amarelo e Gália, nem esses entre si (TABELA 14).

Tabela 14: Número médio de abelhas *Apis mellifera* observadas por parcela visitando flores masculinas e hermafroditas/femininas, em cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacaju-CE, 2014.

Tipo / Híbrido comercial	Número de abelhas por parcela	
	Flores Masculinas	Flores Hermafroditas/Femininas
Amarelo / Goldex	43.58 $\pm$ 5.08 b	1.73 $\pm$ 0.99 b
Cantaloupe / Zelda	73.48 $\pm$ 9.15 a	4.88 $\pm$ 1.64 a
Charentais / Banzai	46.43 $\pm$ 7.62 b	2.65 $\pm$ 1.41 ab
Gália / McLaren	39.98 $\pm$ 4.87 b	1.63 $\pm$ 0.55 b
Pele de Sapo / Ricura	42.13 $\pm$ 6.96 b	1.85 $\pm$ 1.48 b

Quantificado pelo método do transecto. Para AVG NOVA, os dados foram transformados pelo método de Box-Cox. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A quantidade de abelhas visitando as flores masculinas foi maior do que nas flores hermafroditas/femininas em todos os tipos de meloeiro (TABELA 14), provavelmente devido a grande diferença na proporção de flores produzidas, que varia de 1:11 a 1:19 flores

hermafroditas/femininas para flores masculinas (CRISÓSTOMO *et al.* 2004; SIQUEIRA *et al.* 2011). Por outro lado, estudos levantando o número total de visitas recebidas por cada flor, relatam que as flores hermafroditas recebem mais visitas que as flores masculinas durante sua vida (HOZ, 2007; KIILL *et al.*, 2015; ver capítulo 3). A apresentação de um maior número de flores masculinas que atraem um grande contingente de visitantes florais e algumas poucas flores hermafroditas/femininas mais atrativas individualmente e que recebem mais visitas, pode ser uma boa estratégia para assegurar a transferência da quantidade de pólen necessária para vingar e produzir frutos grandes e bem formados.

Os COVs desempenham papel importante na atratividade das flores para abelhas polinizadoras (WRIGHT; SCHIEST, 2009; FILELLA *et al.*, 2013; SOTO *et al.*, 2015; CEUPPENS *et al.*, 2015). Mas a composição dos odores florais é complexa, com algumas espécies exibindo compostos com função tanto atrativa (CHEN *et al.*, 2009) quanto defensiva/repelência (JUNKER; BLUTHGEN, 2010) para os visitantes/polinizadores. Alguns dos COVs identificados nas flores dos diferentes tipos de meloeiro são comprovadamente atrativos para as abelhas, como nos casos do álcool benzílico (WADHAMS *et al.*, 1994; KNUDSEN *et al.*, 2006), Benzoato de metila (NORRIS; WILLIAMS; WHITTEN, 1983), Salicilato de metila (NORRIS; WILLIAMS; WHITTEN, 1983; KNUDSEN *et al.*, 2006; DOTTERL; VERECKEN, 2010), O- Cimenol (GRANERO *et al.* 2005; KNUDSEN *et al.*, 2006),  $\alpha$ -Pinenol (NORRIS; WILLIAMS; WHITTEN 1983; BLIGHT *et al.*, 1997),  $\alpha$ -Terpinolol (BLIGHT *et al.*, 1997), Terpinolol (NORRIS; WILLIAMS; WHITTEN, 1983), D-limoneno, Benzaldeído, Mirceno e  $\beta$ -pineno (KNUDSEN *et al.*, 2006).

Já outros compostos possuem comprovadamente função de repelência, como o grupo das cetonas. Ceuppens *et al.* (2015) comparando a atratividade de duas variedades de morangueiro para *Bombus terrestris*, relatam que a Acetofenona estava presente em maior quantidade na variedade que se mostrou menos atraente para as abelhas. Junker; Bluthgen (2010) também relatam o efeito de repelência do grupo das cetonas em sua meta-análise envolvendo 83 substâncias voláteis de sete classes químicas em 31 espécies de planta. No entanto, no presente estudo o único composto do grupo das cetonas encontrado foi a Acetofenona e apenas no melão Cantaloupe, em valores muito baixos (TABELA 13). Essa concentração provavelmente não foi suficiente para afetar a atratividade das flores para *A. mellifera*, pois o Cantaloupe foi exatamente o tipo de meloeiro onde se registrou o maior número de visitas (TABELA 14).

Os diferentes tipos de meloeiro variaram não somente quanto ao número total de compostos distintos encontrados, mas também na concentração dos mesmos (TABELA 13).

O tipo Cantaloupe apresentou a maior diversidade de COVs, e o tipo Charentais apresentou a menor diversidade. Embora as abelhas *Apis mellifera* tenham visitado todos os tipos de meloeiro estudados, elas responderam de formas diferentes demonstrando visitar preferencialmente flores masculinas e hermafroditas do tipo Cantaloupe dentre os outros tipos de meloeiro (TABELA 8). Aparentemente a maior quantidade e variedade de COVs torna a flor mais atrativa aos visitantes florais. Isso também foi observado por Byers *et al.* (2014) entre duas espécies de *Mimulus* e *Bombus vosnesenskii*.

Segundo Wright; Schiestl (2009) diferenças na proporção relativa dos COVs emitidos pelas flores podem afetar o comportamento dos polinizadores. A presença ou ausência de alguns compostos voláteis também podem mudar o nível de atratividade das flores, podendo assim influenciar diretamente no padrão de forrageamento dos polinizadores (CEUPPENS *et al.*, 2015). Alguns estudos abordam a influência de diferentes concentrações de diferentes COVs com a frequência de abelhas em diferentes variedades de canola (WRIGHT; SKINNER; SMITH, 2002), girassol (PHAM-DELEGUE *et al.*, 1989) e morangos (KLATT *et al.*, 2013), onde a mistura de compostos resultante pode ser o fator de distinção e escolha pelas abelhas (SACHSE; GALIZIA, 2003).

Na Tabela 15 constam os resultados de correlação entre a visitação de *Apis mellifera* e as classes de COVs identificados nas flores de meloeiro. O grupo dos aldeídos contribuiu positivamente para a visitação das abelhas nas flores masculinas dos diferentes tipos de meloeiro, por outro lado, o grupo dos terpenos apresentou um efeito contrário, mostrando uma correlação negativa com a visitação. Já nas flores hermafroditas/femininas, a correlação foi positiva e os grupos que mais contribuíram positivamente para a visitas das abelhas foram os aldeídos e alcoóis (TABELA 15).

Tabela 15: Correlação entre o número de abelha *Apis mellifera* e o percentual dos grupos de compostos voláteis identificados nas flores masculinas e hermafroditas de cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacaju-CE, 2014.

Visita às flores	Compostos voláteis identificado nas flores						
	Masculinas		Hermafroditas				
	Terpenos	Aldeídos	Terpenos	Ésteres	Hidrocarbonetos	Aldeídos	Álcoois
Masculinas	-0.98**	0.98**					
Hermafroditas			-0.30	-0.13	0.36	0.95*	0.99**

Um dos grupos químicos mais comumente encontrados nas espécies vegetais são os terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) (KNUDSEN *et al.*, 2006). Os terpenoides apresentam efeitos nocivos sobre vários organismos, funcionando como substâncias

protetoras, afetando principalmente os insetos (GERSHENZON; DUDAREVA, 2007). Além dos monoterpenos outros grupos como álcoois, éteres e cetonas também podem ser repelentes para alguns visitantes florais enquanto que os benzenóides tem função atrativa para os polinizadores (JUNKER; BLÜTHGEN 2010; SCHIESTL 2010). Já Leonhardt *et al.* (2010) relatam que grupos como álcoois, aldeídos e uma combinação de monoterpenos e sesquiterpenos provocam a maior reação de atração nas abelhas, como a maior extensão de sua probóscide. No entanto, outros estudos apresentam resultados inversos, com benzenoides atuando como repelentes aos visitantes e terpenoides, álcoois, éteres e cetonas com função atrativa para os mesmos (KESSLER; BALDWIN, 2006; JUNKER; BLÜTHGEN, 2010). Dessa forma, demonstrando que a função dos compostos voláteis não pode ser determinada de forma unilateral ou definitiva, e a função de um composto pode não se aplicar aos demais compostos de mesmo grupo químico.

Entre os principais COVs encontrados nas flores masculinas, houve correlação com o D-Limoneno e o  $\alpha$ -Pinoeno, onde a presença do D-Limoneno mostrou-se associada positivamente às visitas das abelhas nas flores masculinas, enquanto que o número de visitas diminuía com a presença do  $\alpha$ -Pinoeno (TABELA 16). Esse fato fica evidente no tipo Cantaloupe que emitiu mais D-Limoneno e menos  $\alpha$ -Pinoeno em suas flores masculinas, e foi o mais atrativo para as abelhas. O  $\alpha$ -Pinoeno mostrou-se o composto mais abundante na composição do odor floral, e sua grande produção pode estar relacionada a observações de que a cultura do meloeiro é pouco atrativa para as abelhas em comparação a outras espécies agrícolas e plantas silvestres.

Tabela 16: Correlação entre o número de abelhas *Apis mellifera* e os principais compostos voláteis identificados nas flores masculinas (VFM), em cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2014.

	$\beta$ -Pinoeno	$\alpha$ -Tujeno	D-Limoneno	Sabineno	o-Cimeno	Canfeno	$\alpha$ -Pinoeno
VFM	-0.73	0.32	**0.99	0.27	0.83	-0.50	** -0.97

Considerando as flores hermafroditas/femininas, dentre os principais COVs encontrados, houve correlação positiva com o Benzaldeído, mostrando que o mesmo contribui na atratividade da flor para as abelhas (TABELA 17). Segundo Knudsen *et al.* (2006), o benzaldeído é um dos compostos voláteis mais comumente encontrados nas flores. Mais uma vez o tipo Cantaloupe emitiu mais benzaldeído que os demais tipos de meloeiro estudados, justificando sua maior visitação.

Tabela 17: Correlação entre o número de abelhas *Apis mellifera* nas flores hermafroditas (VFH) e os principais compostos voláteis identificados nas flores hermafroditas em cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacaju-CE, 2014.

	$\beta$ -Pino	$\beta$ -Mirceno	$\alpha$ - Tujeno	D- Limoneno	Sabineno	o- Cimeno	Propanoato de etila	2- Butenal, 2-metil-	Benzaldeído
VFH	-0.06	0.62	0.49	0.65	0.03	0.58	-0.27	-0.43	*0.89

A identificação dos COVs mais importantes na atratividade dos polinizadores, pode ser aplicável a problemas que ocorrem na agricultura moderna, como por exemplo, o combate do déficit de polinizadores nas áreas agrícolas (BYERS *et al.*, 2014) e a pouca atratividade de algumas culturas para polinizadores. Estudos sobre mecanismos sensoriais, reconhecimento, distinção de odores e preferências dos polinizadores em conjunto com seus recursos florais, também podem fornecer informações sobre a interação planta-polinizador. Porém é necessário analisar as diferenças específicas entre as espécies, identificando os COVs mais importantes dentro da mistura complexa que é o odor floral, e com estes realizar testes eletrofisiológicos e ensaios comportamentais para se obter uma resposta individual de cada COV (RIFFELL *et al.*, 2013; BYERS *et al.*, 2014).

Finalmente, o odor das flores deve ser investigado como um atributo floral que em conjunto com outras características como, morfometria, coloração, textura, refletância, campo elétrico e produção de recursos alimentares (DAFNI; KEVAN, 1997; CHITTKA; KEVAN, 2005; ALCORN; WHITNEY; GLOVER, 2012, CLARKE *et al.* 2013; MYCZKO *et al.*, 2015, VARASSIN; AMARAL-NETO, 2014) atuam na atração dos polinizadores às flores, mas cujas pequenas variações entre espécies vegetais, e mesmos variedades ou tipos dentro da mesma espécie, podem produzir resultados distintos tornando a flor de uma mais ou menos atrativa que a da outra, ou mesmo perdendo totalmente a capacidade de atrair polinizadores. A complexa interação planta-polinizador por meio dos atrativos florais é um campo promissor para o estudo do comportamento de forrageio das abelhas, a ecologia e o melhoramento vegetal de culturas agrícolas.

## CONCLUSÕES

O meloeiro (*Cucumis melo*) produz uma grande variedade de compostos voláteis, particularmente no tipo Cantaloupe, destacando-se os terpenos como os compostos mais emitidos em todos os tipos de meloeiro.

As flores do meloeiro apresentam diferenças no perfil dos compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos em função do gênero das flores e tipos agronômicos, sendo as flores hermafroditas/femininas em geral e o tipo Cantaloupe, os mais atrativos para as abelhas *Apis mellifera*.

Há relações entre os compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos pelas flores do meloeiro e o número de visitas florais do polinizador mais utilizado dessa cultura, a abelha *Apis mellifera*, em particular o D-Limonene em flores masculinas e o benzaldeído nas flores hermafroditas do melão Cantaloupe.

A diferença na relação de atratividade ou repelência dos visitantes parece estar mais relacionada com diferenças qualitativas do que quantitativas dos COVs emitidos pelas flores, contudo outros ensaios são necessários para a associação desse fenômeno com cada composto químico presente no aroma floral.

## PADRÃO DE VISITAÇÃO DE *APIS MELLIFERA* A FLORES DE CINCO TIPOS COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*)

### RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo*) é uma espécie dependente de polinização biótica para que haja formação de seus frutos, e a abelha *Apis mellifera* é seu principal polinizador. Esse estudo teve por objetivo avaliar se existe preferência na visitação de abelhas *Apis mellifera* em flores de diferentes tipos de meloeiro. O trabalho foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical em Pacajus-CE, sendo utilizados cinco diferentes tipos de meloeiro; Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e Pele de sapo. As observações das visitas das abelhas às flores dos diferentes tipos de meloeiro foram feitas simultaneamente, de forma direta e durante todo o dia (das 5:00 as 17 horas). Durante a visita também foi observado qual recurso floral era coletado (néctar ou pólen). As flores do meloeiro do tipo Cantaloupe foram significativamente ( $p < 0,05$ ) as mais visitadas, seguidas pelos tipos Pele de sapo e Amarelo que não diferiram entre si e os melões tipo Gália e Charentais que também não diferiram entre si e foram os menos visitados pelas abelhas. O pico de visitação para os cinco diferentes tipos de meloeiro ocorreu às 10:00 horas da manhã, e foi no período da manhã onde ocorreu a maior parte das visitas das abelhas às flores. A coleta de pólen ocorreu somente no período da manhã, já a coleta de néctar se iniciou no período da manhã e se estendeu ao longo do dia. Quanto aos tipos florais, as flores hermafroditas receberam mais visitas que as flores masculinas em todos os tipos de meloeiro estudados. Conclui-se que quando plantados simultaneamente os cinco tipos de meloeiro apresentarem semelhantes padrões de visitação por *A. mellifera*, mas variam na sua atratividade para essa abelha de forma que o tipo Cantaloupe é o mais visitado, enquanto que os tipos Gália e Charentais os que menos recebem visitas.

**Palavras-Chave:** forrageamento; néctar; pólen; polinização do melão; preferência floral; visitas de abelhas.

## ABSTRACT

Melon (*Cucumis melo*) is a plant species dependent on biotic pollination to set fruits and the bee *Apis mellifera* is its main pollinator. The objective of this study was to investigate the any possible preference by *Apis mellifera* bees in visiting flowers of different types of melon. The work was conducted in the Experimental Field of Embrapa Agroindustria Tropical in Pacajus, state of Ceará, Brazil, using five different types of melon; Yellow, Cantaloupe, Charentais, Galia and Piel de sapo. Observations of the bee visits to the flowers of the different types of melon were made simultaneously and throughout the day (from 5:00 a.m. to 5:00 p.m.). , During the bee visit I also observed which floral resource was being collected (nectar or pollen). Flowers of the Cantaloupe melon were significantly ( $p < 0.05$ ) the most visited, followed by the Piel de sapo and Yellow melon types that did not differ among them, while Galia and Charentais types were the least visited by bees. The peak of visitation for the five different types of melon occurred at 10:00 a.m., and it was in the morning that most of the bee visits to the flowers took place. The collection of pollen occurred only in the morning, and nectar collection started in the morning and spread throughout the day. As for floral types, the hermaphrodite flowers received more visits than the male flowers in all types of melon studied. It is concluded that when planted simultaneously, the five types of melon present similar patterns of visitation by *A. mellifera*, but vary in their attractiveness to this bee species so that the Cantaloupe type is the most visited, while the types Galia and Charentais are those that least receive visits.

**Keywords:** bee visits; foraging; flower preference; melon pollination; nectar; pollen.

## INTRODUÇÃO

O meloeiro pertence à família Cucurbitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L (SABATO *et al.*, 2015), sendo uma cultura de grande importância no cenário global (ALICEWEB, 2016). A espécie possui inúmeras variedades botânicas, mas somente três são de interesse comercial (PITRAT, 2008). No intuito de facilitar a comercialização, os meloeiros cultivados foram agrupados em uma classificação denominada de “tipo”. No Brasil, os tipos mais comercializados são o Amarelo, Pele de Sapo e Honey Dew (*inodorus*), Cantaloupe e Gália (*reticulatus*), e Charentais (*cantalupensis*) (PITRAT; HANELT; HAMMER, 2000; CRISÓSTOMO; ARAGÃO, 2013).

O meloeiro é uma cultura essencialmente dependente da polinização para que haja produção de frutos, tornando necessário que agentes polinizadores levem os grãos de pólen das anteras para o estigma das flores, e a ausência de polinizadores na área pode levar a uma redução igual ou maior a 90% na produção (KLEIN *et al.*, 2007). Muitas espécies de animais atuam como polinizadores, dentre eles o grupo dos insetos se destaca (WINTER *et al.*, 2014), e nesse grupo, as abelhas são reconhecidas como os principais agentes polinizadores (RICKETTS *et al.*, 2008; OLLERTON; TARRANT; WINFREE, 2011). Muitos autores relatam a presença de diferentes espécies de abelhas em áreas de cultivo de meloeiro em várias partes do mundo (KOUONON *et al.*, 2009; KIILL *et al.*, 2014; RODRIGO GÓMEZ *et al.*, 2016).

As abelhas dependem das flores para obtenção do alimento, e as flores de meloeiro produzem pólen e néctar (KIILL *et al.*, 2012), recursos utilizados na alimentação das abelhas. O pólen é importante na alimentação das crias, e essencial para desenvolvimento glandular nas abelhas (MORET, 2006). Existe uma constante necessidade de coleta de pólen pelas abelhas, já que esse recurso, diferente do néctar, não é armazenado em grande quantidade na colônia (WINSTON, 2003). Já o néctar, esse é coletado e transportado pelas abelhas até a colônia, posteriormente desidratado, transformado em mel e armazenado na colmeia, e é a fonte energética utilizada pelas abelhas (SEELEY, 2006).

Atualmente a polinização do meloeiro é realizada por *Apis mellifera*, que é a espécie de abelha mais utilizada em serviços de polinização em culturas agrícolas, por ser cosmopolita, possuir técnicas de criação e manejo estabelecido (DELAPLANE; MAYER, 2000) e ser uma abelha generalista (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016). Vários estudos mostram que *Apis mellifera* é o principal polinizador do meloeiro (HOZ, 2007; REYES-CARRILLO; CANO-RÍOS; NAVA-CAMBEROS, 2009; SOUSA *et al.*, 2009; KOUONON *et al.*, 2009; KEOGH; ROBINSON; MULLINS, 2010; SIQUEIRA *et al.*, 2011; SOUSA *et al.*, 2012; SINGH; YADAV; CHHUNEJA, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2015). Visando garantir a produção de frutos, colônias de abelhas melíferas são introduzidas próximas às áreas de cultivo (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

O forrageamento de *Apis mellifera* é um fator determinante no sucesso da polinização (WITTER *et al.*, 2014). As abelhas visitam as flores do meloeiro desde o início do período de floração (SOUSA *et al.*, 2014) e iniciam as visitas logo após a antese das flores, nas primeiras horas da manhã e continuam durante todo o dia (KOUONON *et al.*, 2009; SINGH; YADAV; CHHUNEJA, 2014). O meloeiro pode produzir três tipos de flores, masculinas, hermafroditas e femininas (MUSSEN; THORP, 2003; SOUSA, 2003). Todos os tipos florais do meloeiro

são atrativos para as abelhas, e o tempo e padrão de visita das abelhas *Apis mellifera* às flores podem variar de acordo com o tipo floral (HOZ, 2007), e com o recurso coletado (SOUSA *et al.*, 2012).

O objetivo desse estudo foi avaliar a atração e visitação de abelhas *Apis mellifera* em flores de cinco diferentes tipos de meloeiro plantados simultaneamente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical localizado no município de Pacajus, CE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cinco tipos comerciais de melão) e oito repetições (parcelas). A área era composta por 20 linhas de plantio, que foram divididas ao meio, totalizando assim 40 parcelas experimentais. As mudas foram plantadas simultaneamente e cada parcela ficou composta por 25 plantas. A distribuição dos tipos de meloeiro nas parcelas foi feita ao acaso, por sorteio, e para cada tipo de meloeiro foi utilizado um híbrido de boa aceitação comercial (ANEXO 1). O espaçamento utilizado foi de 2,0 m entre linhas e de 0,40 m entre plantas. O ensaio foi conduzido na estação seca do ano de 2015 (novembro), irrigado por gotejamento, com adubação de fundação e de cobertura feita por fertirrigação.

### **Material vegetal utilizado**

Os cinco tipos e respectivos híbridos de meloeiro selecionados para este estudo foram Amarelo (Goldex), Cantaloupe (Zelda), Pele de sapo (Ricura), Charentais (Banzai) e Gália (McLaren). Os três primeiros tipos são andromonóicos (flores masculinas e hermafroditas), enquanto os dois últimos são trimonóicos (flores masculinas, femininas e hermafroditas na mesma planta).

### **Introdução de colônias de abelhas *Apis mellifera* na área de plantio de meloeiro**

Duas colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* instaladas em colmeias padrão Langstroth foram introduzidas na área, no intuito de assegurar a visitação das flores dos diferentes tipos de meloeiro. As colônias ocupavam sete quadros da colmeia com crias e estavam em bom estado sanitário. Elas foram colocadas próximas à área de cultivo, à sombra

(FIGURA 15) e com fonte de água limpa disponível. As colônias foram fornecidas pelo Setor de Abrisas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Figura 15: Colônias de *Apis mellifera* instaladas próximo à área de cultivo de meloeiro.



Fonte: Autor

### **Observação das abelhas *Apis mellifera* nas flores dos diferentes tipos de meloeiro**

Apesar dos cinco tipos de meloeiro apresentarem juntos flores com três expressões sexuais (masculinas, hermafroditas e femininas), as visitas das abelhas *Apis mellifera* foram registradas somente em flores masculinas e hermafroditas, pois, estes dois tipos florais são comuns a todos os tipos de meloeiro estudados.

As observações da frequência de visitação das abelhas foram feitas simultaneamente nos diferentes tipos de meloeiro, realizadas de forma direta, por quatro dias consecutivos e durante todo o dia, com início às 05:00 horas da manhã e término às 17:00 horas. Seis flores masculinas e seis flores hermafroditas de cada tipo de meloeiro foram observadas durante os primeiros 30 minutos de cada hora e durante a visita, também foi registrado por meio do comportamento da abelha na flor qual tipo de recurso floral era coletado, néctar ou pólen,. Já a quantificação das visitas foi registrada em uma planilha de dados para posterior análise estatística.

A área experimental não recebeu qualquer tipo de pulverização com agrotóxicos durante o ciclo da cultura para que não houvesse interferência na visitação das abelhas às flores dos diferentes tipos de meloeiro.

## Análise estatística dos dados

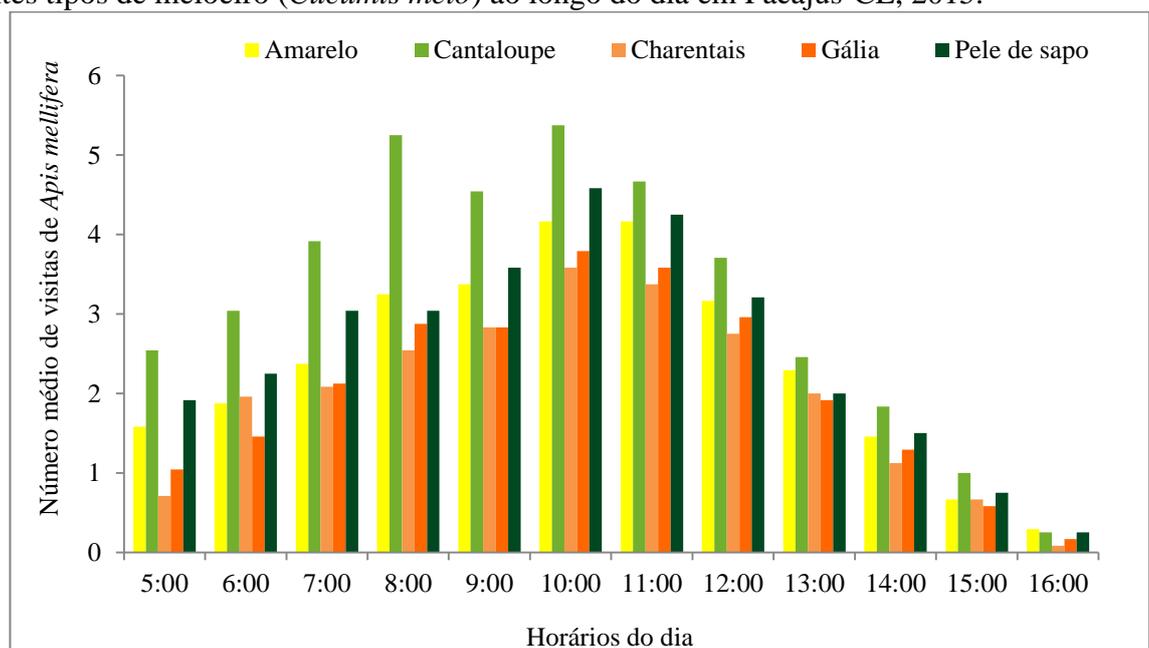
Os dados de visitação passaram por testes de normalidade e os dados relacionados à coleta de pólen sofreram transformação por Box-Cox. Dados de visitação total, visitação por período (manhã e tarde) e coleta de pólen e néctar foram analisados por meio de ANOVA e as médias foram comparadas pelo Teste Scott-Knott a 5% de significância, com auxílio do software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Visitação de abelhas *Apis mellifera* por horário do dia nos diferentes tipos de meloeiro

As visitas das abelhas às flores dos cinco tipos de meloeiro iniciaram por volta das 05:00 horas da manhã, na incidência dos primeiros raios solares. A seguir, o número de visitas aumentou progressivamente até às 10:00 horas, horário que ocorreu o pico de visitação para todos os tipos de meloeiro. O número médio de visitas de abelhas *Apis mellifera* às flores no horário de pico para os tipos Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e o Pele de sapo foram de  $4,17 \pm 4,06$ ;  $5,38 \pm 5,21$ ;  $3,58 \pm 3,73$ ;  $3,79 \pm 3,82$  e  $4,58 \pm 4,34$  visitas respectivamente. O número de visitas após as 10:00 horas foi reduzindo até o final da tarde (FIGURA 16), não havendo visitas de abelhas as flores após as 16:00 horas.

Figura 16: Número médio de visitas e padrão de visitação de *Apis mellifera* às flores de diferentes tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) ao longo do dia em Pacajus-CE, 2015.

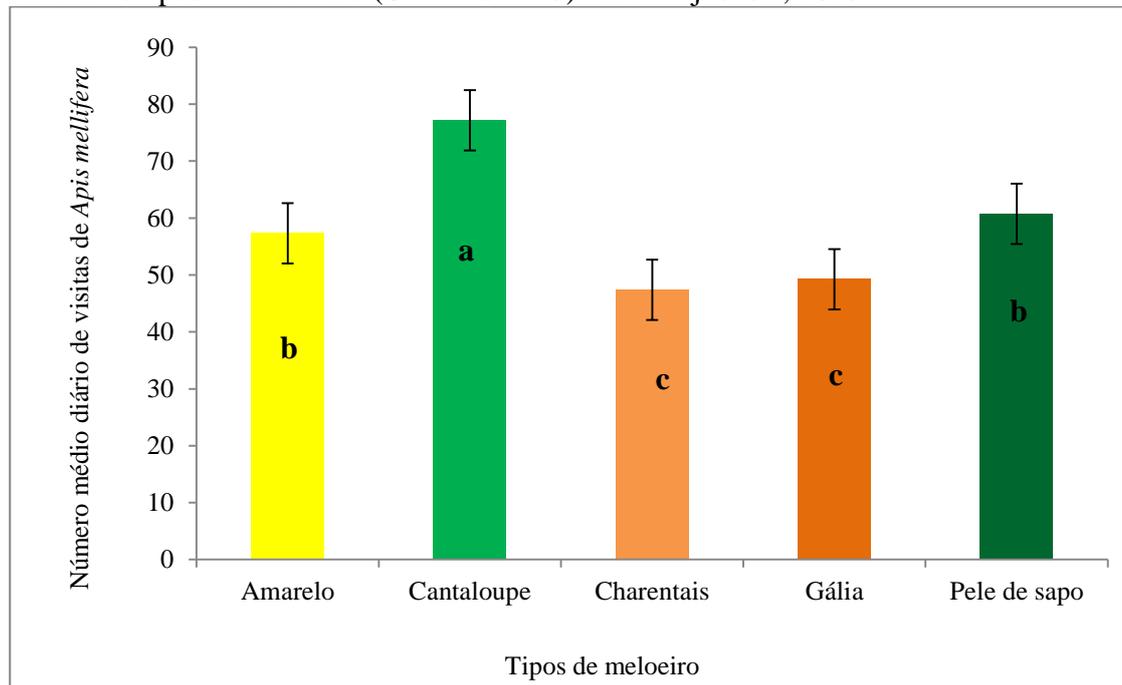


Vários fatores como a época de observação, disponibilidade de recurso no campo e a possibilidade ou não de escolha quando diferentes tipos são cultivados próximos ou não, parecem interferir no horário de maior visitação das abelhas às flores dos diferentes tipos de meloeiro. O horário do pico de visitação em estudos realizados por Siqueira *et al.* (2012) e Kiill *et al.* (2012) em híbridos de melão Amarelo ocorreu entre 10:00 e 11:00 horas da manhã. Já Sousa *et al.* (2014) também observando meloeiro Amarelo verificaram que a visitação das abelhas é mais intensa logo nas primeiras horas do dia (05:00 às 07:00 horas). Quando comparados mais de um tipo de meloeiro como no estudo de Kiill *et al.* (2011) o meloeiro do tipo Amarelo teve o pico de visitação entre 11:00 e 12:00 horas, no Cantaloupe o pico foi entre 10:00 e 11:00 horas, já no Pele de sapo o máximo de visitação ocorreu somente no período da tarde, entre 15:00 e 16:00 horas. Em outro estudo Kiill *et al.* (2014) mostra que o pico de visitas foi semelhante entre os tipos Amarelo e Pele de sapo, ficando entre 10:00 e 11:00 horas da manhã. Essa diferença pode estar relacionada à época de observação, disponibilidade de recurso no campo ou mesmo à preferência das abelhas.

### **Visitação de abelhas *Apis mellifera* nos diferentes tipos de meloeiro**

Houve diferença estatística no número médio de visitas diárias entre os cinco tipos de meloeiro ( $P < 0,05$ ). As flores do meloeiro do tipo Cantaloupe foram as mais visitadas, com média de 77,17 visitas por dia, seguidas pelos tipos Pele de sapo e Amarelo com médias de 60,75 e 57,33 respectivamente e os tipos menos visitados foram o Gália e Charentais com médias de 49,25 e 47,42 respectivamente (FIGURA 17).

Figura 17: Número médio de visitas diárias de abelhas *Apis mellifera* em cinco diferentes tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



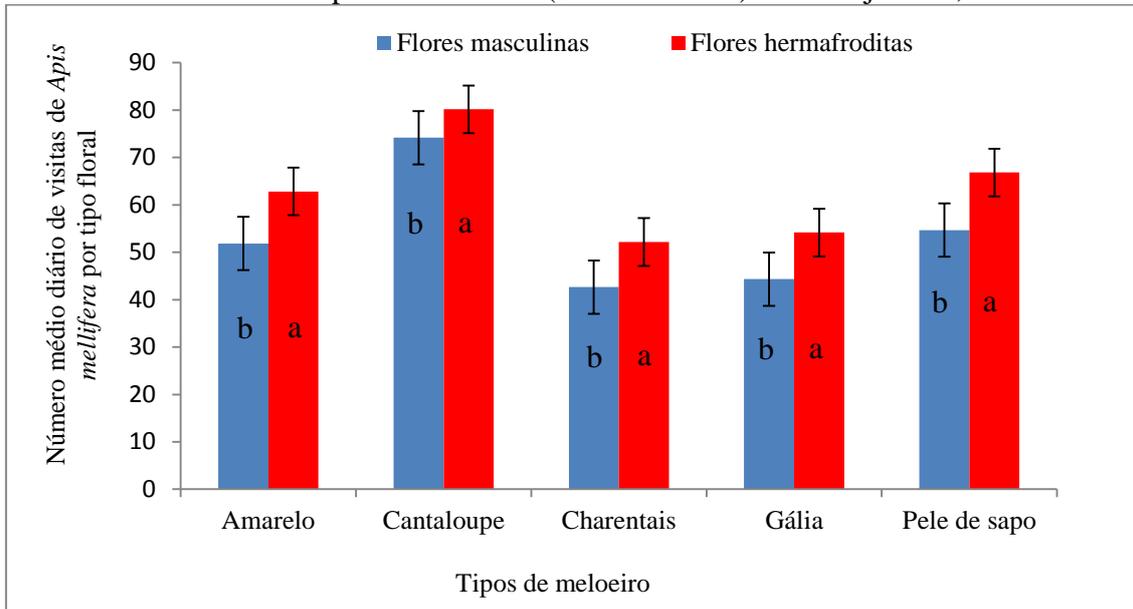
Um resultado divergente foi apresentado por Kiill *et al.* (2016), que estudando quatro tipos de meloeiro observou que o padrão de visitação de *A. mellifera* em áreas na região de Petrolina-PE/Juazeiro-BA apresentava duas vezes mais visitas ao meloeiro do tipo Pele de sapo do que aos meloeiros tipo Amarelo e tipo Cantaloupe. Já na região de Mossoró-RN, o meloeiro do tipo Cantaloupe foi mais visitado quando comparado com o tipo Amarelo e Gália.

Comprovada a diferença na visitação das abelhas *Apis mellifera* entre os tipos de meloeiro estudados (TABELA 16), os produtores podem modificar o manejo das abelhas de acordo com a atratividade de cada tipo de meloeiro.

### **Visitação de abelhas *Apis mellifera* em flores masculinas e hermafroditas nos diferentes tipos de meloeiro**

As médias de visitas por tipo floral (flores masculinas e hermafroditas) também diferiram estatisticamente entre si ( $P < 0,05$ ), sendo que independentemente do tipo de meloeiro estudado, as flores hermafroditas receberam mais visitas que as flores masculinas (FIGURA 17).

Figura 18: Número médio de visitas diário de abelhas *Apis mellifera* em flores masculinas e hermafroditas em cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



Kiill *et al.* (2016) em estudo comparativo com quatro diferentes tipos de meloeiro afirma que as flores hermafroditas são mais atrativas para as abelhas que as flores masculinas em todos os tipos de meloeiro estudados. Características como diferenças morfológicas (KIILL *et al.*, 2011) e a maior produção de néctar pelas flores hermafroditas ao longo do dia (SIQUEIRA *et al.*, 2011; KIILL *et al.*, 2016) influenciam diretamente a preferência das abelhas por esse tipo floral. A quantidade de pólen, concentração de néctar e dimensão floral também poderiam ser relacionadas com a maior visitação em flores hermafroditas.

Na formação de frutos de padrão comercial é necessário que sejam depositados no estigma da flor no mínimo 500 grãos de pólen viáveis, e o número de grãos de pólen depositados é proporcional ao número de visitas das abelhas, isso é quanto mais visitas as flores tiverem mais grãos de pólen serão depositados no estigma das flores (MUSSEN; THORP, 2003). De acordo com McGregor; Levin; Foster 1965 e McGregor 1976 são necessárias entre 10 e 15 visitas de abelhas para que a flor seja efetivamente polinizada e haja a formação de frutos com características comerciais.

Vale resaltar que a presença das duas colônias de abelhas na área foi suficiente para que houvesse a visitação ideal para uma boa formação de frutos (polinização) preconizada na literatura, pois, todas as flores hermafroditas dos cinco diferentes tipos de meloeiro receberam mais visitas do que o número mínimo necessário para uma polinização efetiva e formação de frutos de valor comercial. Se considerarmos 12 o número mínimo de visitas, por exemplo, a flor hermafrodita do melão tipo Cantaloupe recebeu 6,68 vezes mais visitas do que o mínimo

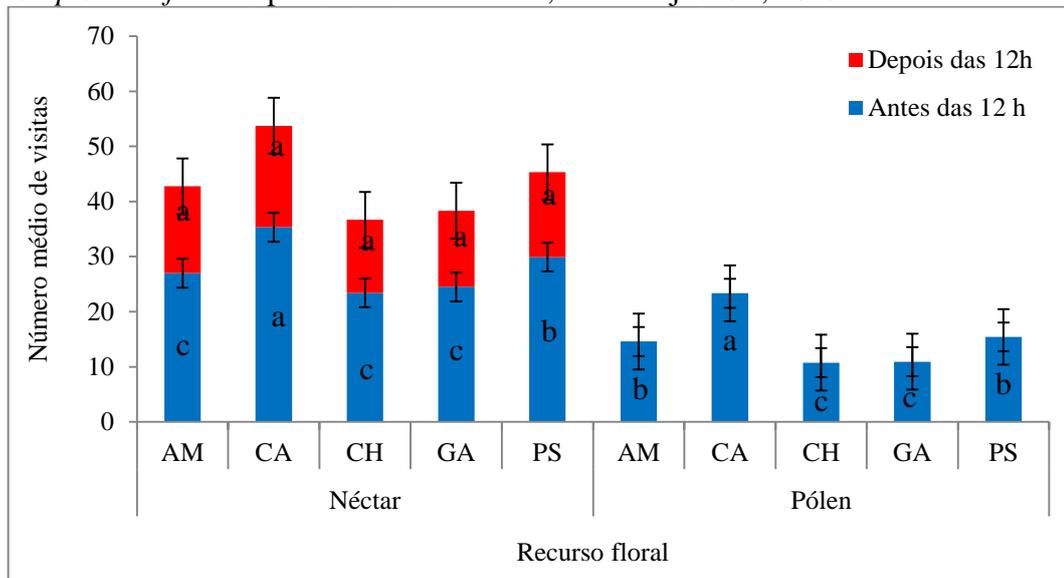
necessário para formação de bons frutos. Embora o número de visitas que as flores recebem possa estar diretamente relacionada à densidade de abelhas na área, é interessante ressaltar que a quantidade de abelhas não afeta a preferência por um ou outro tipo de flor.

As abelhas coletaram pólen e néctar nas flores dos cinco diferentes tipos de meloeiro durante todo o dia, mas foi no período da manhã (antes das 12:00 horas) que ocorreu a maior parte das coletas. As visitas para coleta de pólen ocorreram somente no período da manhã, com exceção do meloeiro do tipo Amarelo que recebeu uma visita para coleta desse recurso no período da tarde (depois das 12:00 horas). Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) no número de visitas para coleta de pólen entre os tipos de meloeiro. A maior coleta desse recurso ocorreu nas flores do meloeiro do tipo Cantaloupe com média de 23,33 visitas, seguido do Pele de sapo e do Amarelo com médias de 15,42 e 14,58 visitas respectivamente e o menor número de visitas ocorreu nos tipos Gália e Charentais com médias de 10,92 e 10,75 visitas respectivamente. Siqueira *et al.* (2011) coletaram abelhas *Apis mellifera* durante o dia e mostraram que no início da manhã, 90% das abelhas carregavam pólen de meloeiro Amarelo e que as 13:00 horas 100% das abelhas não possuíam carga polínica.

### **Coleta de pólen e néctar pelas abelhas *Apis mellifera* (manhã e tarde) nos diferentes tipos de meloeiro**

As visitas para coleta de néctar ocorreram durante todo o dia. Durante o período da manhã a coleta para esse recurso diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) entre os tipos de meloeiro, sendo o meloeiro do tipo Cantaloupe o mais visitado para coleta desse recurso, com média de 35,33 visitas, seguido do Pele de sapo com média de 29,92 visitas, e os tipos Amarelo, Gália e Charentais com média de 27,00, 24,50 e 23,42 visitas respectivamente, que não diferiram entre si. No período da tarde não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os cinco diferentes tipos de meloeiro estudados nas visitas para coleta de néctar (FIGURA 19).

Figura 19: Número médio de visitas a flores de cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) por abelhas *Apis mellifera* no período do dia manhã, em Pacajus-CE, 2015.



A coleta de recursos florais pelas abelhas ocorre simultaneamente, algumas abelhas se especializam na coleta de pólen, outras na coleta de néctar e outras na coleta dos dois recursos (SEELEY, 2006). A maioria das espécies de flores não produz pólen ou néctar durante todo o dia, sendo assim a atividade de forrageamento está relacionada com a disponibilidade do recurso floral. Isso pode explicar o fato da coleta de pólen ocorrer somente no período da manhã, já que este é um recurso limitado, que somente está disponível para as abelhas após antese e deiscência das anteras, e uma vez removido não é mais repostado pela flor (SOUSA *et al.*, 2012). Já o néctar no meloeiro é produzido durante todo o dia (SIQUEIRA *et al.*, 2011). A coleta de recursos florais, pólen ou néctar, pode estar relacionado a fatores como o período do ano, disponibilidade dos recursos pelas flores, ocorrência de flores de outras espécies no entorno, e ainda a necessidade das colônias (ARAÚJO *et al.*, 2014).

A temperatura do ar nas primeiras horas da manhã era mais amena, com média de 22,6°C e aumentava durante o dia, atingindo seu pico de 35, 2°C, e então diminuindo nos horários seguintes. Durante o período de observação das visitas das abelhas às flores dos diferentes tipos de meloeiro, a temperatura mostrou-se menor no período da manhã (antes das 12:00 horas), com média de 29,18°C, do que no período da tarde (depois das 12:00 horas) quando a temperatura do ar era mais elevada, com média de 32,71°C. O período da manhã, de temperatura mais maena, foi exatamtente aquele quando ocorreu a maior parte do forrageamento das abelhas em todos os tipos de meloeiro estudados. Já a umidade relativa do ar (%) mostrou-se inversamente proporcional à temperatura, sendo no período da manhã a média de umidade mais elevada, 61,25%, do que no período da tarde (41,25%).

O resultado desse estudo corrobora com os trabalhos realizados por Trindade *et al.* (2004) e Sousa *et al.*, (2012), que mostram uma maior atividade das abelhas ocorre no período da manhã nas flores em diferentes híbridos de meloeiro Amarelo comparado ao período da tarde. Hoz (2007), Siqueira *et al.*, 2011; Kiill *et al.* 2011, 2012, 2016; Sousa *et al.* (2012) que afirmam que o maior numero de visitas às flores do meloeiro por *A. mellifera* é para coleta de néctar, já que há produção desse recurso pela flor ao longo do dia, e a coleta de pólen se concentra no período da manhã, quando esse recurso está disponível.

## CONCLUSÕES

As flores hermafroditas são mais visitadas que as flores masculinas, o que favorece a deposição da quantidade de pólen necessária para a formação adequada de frutos.

As abelhas *Apis mellifera* procuram otimizar sua eficiência de forrageamento no meloeiro visitando as flores preferencialmente no período da manhã, quando há maior disponibilidade de recursos florais, particularmente pólen, e as condições climáticas são mais amenas. Práticas agrícolas com potencial impacto negativo à polinizadores, como aplicação de agrotóxicos, fungicidas, herbicidas e adubação foliar, não devem ser aplicadas nesse horário de maior frequência das abelhas.

A abelha *Apis mellifera* apresentou maior preferência por visitar as flores do meloeiro do tipo Cantaloupe, e menor em relação aos tipos Gália e Charentais, quando teve a opção de escolha. No entanto, considerando que os plantios de melão são feitos com um único tipo de meloeiro em áreas cultivadas de vários hectares, as abelhas não precisam fazer distinção entre tipos de flores. Dessa forma, a maior ou menor visitação às flores dos diversos tipos de meloeiro pode estar associada a outras características florais, como diferenças relacionadas às recompensas e/ou odores emitidos pelas flores.

**INFLUÊNCIA DA VISITAÇÃO DA ABELHA *Apis mellifera* NA PRODUÇÃO E  
CARACTERÍSTICAS PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS DE CINCO TIPOS  
COMERCIAIS DE MELOEIRO (*Cucumis melo*)**

**RESUMO**

O objetivo desse estudo foi avaliar a relação entre a visitação de *Apis mellifera* e produção e qualidade pós-colheita dos frutos de cinco diferentes tipos comerciais de meloeiro. O experimento foi realizado no Campo Experimental de Pacajus que pertence à Embrapa Agroindústria Tropical. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (tipos comerciais de meloeiro – Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália e Pele de Sapo) e oito repetições. A visitação de *A. mellifera* nas flores do meloeiro foi quantificada durante quatro dias, das 5 às 16 horas, em flores hermafroditas e masculinas, registrando-se por coleta de pólen (VHP e VMP) e de néctar (VHN e VMN). As variáveis de produção avaliadas foram o número total de frutos (NTF), o número de frutos comerciais (NFC) e a massa dos frutos comerciais (MFC; t/ha). Três frutos representativos de cada parcela foram selecionados para avaliação das seguintes variáveis de qualidade pós-colheita: massa média do fruto (MMF; kg), diâmetro longitudinal (DLF; mm), diâmetro transversal (DTF; mm), índice de formato (IFF), espessura da casca (ECF; mm), espessura da polpa (EPF; mm), cavidade longitudinal (CLF; mm), cavidade transversal (CTF; mm), firmeza da polpa (FPF; N) e sólidos solúveis (TSS; °Brix). Também foi determinado o número total de sementes (NTS), massa total das sementes (MSF; g) e a massa de 100 sementes (MCS; g). As características de pós-colheita dos frutos dos diferentes tipos de meloeiro apresentaram-se de acordo com o recomendado para comercialização. O Cantaloupe foi o tipo de meloeiro mais visitado e embora tenha obtido, junto com o Gália, o maior NFC, não diferiram em produtividade do Amarelo e do Pele de sapo. O Charentais foi o tipo menos produtivo e menos visitado. Houve correlações positivas entre todas as variáveis de visitação entre si, e essas variáveis foram correlacionadas negativamente com o TSS, o que pode ser explicado pela relação positiva entre visitas e número de frutos. Quanto ao NTS, o tipo Charentais se destacou e também apresentou maior MSF, todavia, não diferiu do Amarelo e do Pele de sapo. E quanto à MCS, houve diferença apenas entre Amarelo e Gália. Portanto a visitação das abelhas melíferas é diferenciada em função do tipo de meloeiro, influenciando a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos.

**Palavras-chave:** Brix; frutos comerciais; qualidade do fruto; número de sementes; polinização de melão; produção de frutos; visitas de abelhas.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the relationship between the visitation of *Apis mellifera* and production and post-harvest quality of the fruits of five different commercial types of melon plant. The experiment was carried out in the Experimental Field of Pacajus that belongs to Embrapa Tropical Agroindustry. The design was completely randomized with five treatments (commercial types of melon plants - Yellow, Cantaloupe, Charentais, Galia and Piel de Sapo) and eight repetitions. The visitation of *A. mellifera* in the flowers of the melon was quantified during four days, from 5 a.m. to 4 p.m., in hermaphrodite and male flowers, being recorded by pollen (HPV and MPV) and nectar collection (HNV and MNV). The production variables evaluated were the total number of fruits (TNF), the number of commercial fruits (NCF) and the commercial fruit mass (CFM; t/ha). Three representative fruits of each plot were selected to evaluate the following post-harvest quality variables: mean fruit mass (MMF, kg), longitudinal diameter (DLF, mm), transverse diameter (DTF, mm), format index (IFF), thickness of the shell (ECF; mm), thickness of the pulp (EPF; mm), longitudinal cavity (CLF; mm), transverse cavity (CTF; mm), pulp firmness (FPF; N) and soluble solids (TSS; °Brix). The total number of seeds (NTS), total seed mass (MSF; g) and the mass of 100 seeds (MCS; g) were also determined. The Cantaloupe was the most visited type of melon plant, although it had obtained, along with Galia, the largest NFC, did not differ in productivity of Yellow and Piel de Sapo. The Charentais was the least productive and least visited type. There were positive correlations among all visitation variables among them, and these variables were negatively correlated with TSS, which can be explained by the positive relation between visits and number of fruits. As for the NTS, the Charentais type stood out and also presented higher MSF, however, did not differ from the Yellow and the Piel de Sapo. And for MCS, there was only difference between Yellow and Galia. The characteristics of production and post-harvest of the fruits of the different types of melon were presented according to the recommended for commercialization. Therefore, the visitation of the honey bees is differentiated according to the type of melon plant, influencing the production and the post-harvest quality of the fruits.

**Key words:** Bee visits; Brix; commercial fruits; fruit quality; fruit production; melon pollination; number of seeds.

## INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é um representante da família *Curcubitaceae* e seu cultivo é amplamente distribuído no mundo. No ano de 2014 a China foi o maior produtor mundial (FAO, 2017). No Brasil, o melão é cultivado em todas as regiões (PETRY; PETRY; GUIMARÃES, 2017), porém a região Nordeste se destaca, produzindo em torno de 95% da produção nacional em 2014 (IBGE, 2017). O agropólo de Mossoró-Assu-RN é a principal região produtora, seguido do agropólo do Baixo Jaguaribe-CE (KIILL *et al.*, 2015).

Os melões mais produzidos comercialmente pertencem a três variedades botânicas, *inodorus*, *cantalupensis* e *reticulatus* (PITRAT, 2008), e estes são agrupados numa classificação comercial denominada “tipo”. Os principais tipos de meloeiro cultivados no Brasil são o tipo Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália, Honeydew e Pele de sapo (KIILL *et al.*, 2015; SILVA; GUIMARÃES; ARAGÃO, 2017).

Muitas culturas dependem de agentes polinizadores para que haja formação de seus frutos (KIILL *et al.*, 2015) Este é o caso do meloeiro, que sem polinização pode haver uma redução maior ou igual a 90% na produção de frutos (KLEIN *et al.*, 2007). Atualmente, para garantir a produção comercial de melão, é imprescindível a utilização de colônias da abelha *Apis mellifera* nas áreas de cultivo, pois segundo Sousa (2009), essa abelha é um eficiente polinizador da cultura.

A polinização quando realizada de forma eficiente promove o aumento do número de frutos e sementes, melhora a qualidade dos frutos e diminui os índices de má-formação (WILLIAMS; CORBET; OSBORNE, 1991). A relação da polinização por abelhas melíferas com a quantidade e qualidade dos frutos e grãos já foi relatada em culturas como o café (MALERBO-SOUZA *et al.*, 2003), laranja (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2003), canola (DURÁN *et al.*, 2010), soja (MILFONT *et al.*, 2013) e melão (MCGREGOR, 1976; DELAPLANE; MAYER, 2000; REYES-CARRILLO; CANO-RÍOS, 2002; SOUZA, 2009, WOODCOCK, 2012).

O melão é um fruto refrescante e doce, muito consumido no Brasil e no mundo (JUNQUEIRA; JUNQUEIRA, 2017), e o fato de ser consumido principalmente na forma *in natura* (GUERRA, 2012; JUNQUEIRA; JUNQUEIRA, 2017) torna a qualidade pós-colheita extremamente importante para a aceitação dos mercados consumidores. Tamanho, massa e formato do fruto (PETRY; PETRY; GUIMARÃES, 2017), assim como firmeza e teor de sólidos solúveis (SILVA; GUIMARÃES; ARAGÃO, 2017), são os atributos mais importantes para qualidade do fruto. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a

relação entre a visitação de *Apis mellifera*, produção e qualidade pós-colheita dos frutos de diferentes tipos comerciais de meloeiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical localizado no município de Pacajus, CE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cinco tipos comerciais de melão) e oito repetições (parcelas). A área era composta por 20 linhas de plantio, que foram divididas ao meio, totalizando assim 40 parcelas experimentais (ANEXO 1), elas foram plantadas simultaneamente e cada parcela ficou composta por 25 plantas. A distribuição dos tipos de meloeiro nas parcelas foi feita ao acaso, por sorteio, e para cada tipo de meloeiro foi utilizado um híbrido de boa aceitação comercial. O espaçamento utilizado foi de 2,0 m entre linhas e de 0,40 m entre plantas. O ensaio foi conduzido na estação seca do ano de 2015, irrigado por gotejamento, com adubação de fundação e a adubação de cobertura feita via fertirrigação.

### **Material vegetal utilizado**

Os cinco tipos e respectivos híbridos de meloeiro selecionados para este estudo foram Amarelo (Goldex), Cantaloupe (Zelda), Pele de sapo (Ricura), Charentais (Banzai) e Gália (McLaren). Os três primeiros tipos são andromonóicos (flores masculinas e hermafroditas), enquanto os dois últimos são trimonóicos (flores masculinas, femininas e hermafroditas na mesma planta).

### **Introdução de colônias de abelhas *Apis mellifera* na área de cultivo de meloeiro**

Duas colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* instaladas em colmeias padrão Langstroth foram introduzidas na área, no intuito de assegurar a visitação das flores dos diferentes tipos de meloeiro. As colônias ocupavam sete quadros da colmeia com crias e estavam em bom estado sanitário. Elas foram colocadas próximas à área de cultivo, à sombra e com fonte de água potável disponível. As colônias foram fornecidas pelo Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

### **Visitas das abelhas *Apis mellifera* às flores de meloeiro**

As visitas das abelhas *Apis mellifera* foram registradas apenas em flores masculinas e hermafroditas, já que esses dois tipos florais são comuns aos cinco tipos de meloeiro estudados. A visitação das abelhas foi observada durante todo o dia, em quatro dias consecutivos, a partir do trigésimo dia após o transplante, sendo registrado o número de visitas para coleta de pólen nas flores masculinas (VPM) e hermafroditas (VPH) e néctar em flores masculinas (VNM) e hermafroditas (VNH), obtendo assim, por soma, o número total de visitas nas flores masculinas (VTM) e hermafroditas (VTH) em cada tipo de meloeiro.

### **Colheita dos frutos de meloeiro**

A colheita dos cinco diferentes tipos de meloeiro foi realizada simultaneamente e durante o período da manhã. Após a contagem do número total de frutos (NTF) colhidos por parcela, foram selecionados os frutos com padrão comercial, os quais foram quantificados (NFC) e pesados (MFC). Três frutos representativos de cada parcela foram identificados, acondicionados em contentores plásticos forrados e transportados para avaliação da qualidade pós-colheita no Laboratório de Melhoramento e Recursos Genéticos Vegetais da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE. Os frutos foram armazenados em câmara fria (10°C) por 24 horas, até o início das análises.

### **Avaliação da qualidade pós-colheita dos frutos de meloeiro**

A avaliação da qualidade pós-colheita dos frutos, foram realizadas as seguintes análises físicas e físico-químicas:

- massa média do fruto (MMF), em quilogramas (kg), determinada por meio de uma balança semianalítica;
- diâmetros longitudinais (DLF) e transversais (DTF) e espessura de casca (ECF), de polpa (EPF), da cavidade interna longitudinal (CLF) e da transversal (CTF), medidos em milímetros (mm), com o uso de um paquímetro digital após a abertura dos frutos;
- índice de formato (IFF), calculado pela razão entre o diâmetro longitudinal (DLF) e o diâmetro transversal (DTF);
- firmeza da polpa (FPF), obtida pela média de quatro leituras por fruto, utilizando um penetrômetro manual (McCormick modelo FT 327), com ponteira cilíndrica de oito mm de

diâmetro. Os resultados foram obtidos em quilograma-força (kgf) e multiplicados por 9,80665 para serem expressos em Newton (N);

- teor de sólidos solúveis totais (TSS), expresso em °Brix, determinado com auxílio de um refratômetro digital (modelo PR-100 Pallete-Atago Co, Japão), considerando a média de duas leituras por fruto.

Adicionalmente, as sementes de cada fruto foram extraídas segundo método proposto por ARAGÃO; RESENDE (2018), para determinação do número total de sementes (NSF), em um contador digital de sementes e da massa total (MTS) e massa de 100 sementes (MCS), em uma balança digital de precisão.

### **Análise estatística dos dados**

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade para posterior análise de variância e de correlações, utilizando o programa GENES (CRUZ, 2016). Para comparação das médias dos diferentes tipos de meloeiro, foi aplicado o teste de Tukey e Scott-Knott a 5% de significância. Também foi realizada a análise de componentes principais por meio do gráfico de *biplot* (MANLY, 2008), pois esta reduz o número de dimensões de um conjunto de dados, projetando-os em um plano com menor perda possível da informação. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (VARELLA, 2008). Na análise de componentes principais, foram incluídos os vetores das variáveis analisadas, os quais foram dispostos a partir da origem e dispersos de acordo com a correlação entre as mesmas. Isto é, vetores próximos indicam correlação positiva, em vetores opostos a correlação negativa e, vetores que se cruzam em ângulos em torno de 90 graus, indicam correlação nula. E quanto maior o vetor de uma variável, maior é a variância da mesma, em relação aos tratamentos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Visitas das abelhas *Apis mellifera* nas flores dos diferentes tipos de meloeiro**

O tipo de meloeiro mais visitado pelas abelhas melíferas foi o Cantaloupe, porém este não diferiu do tipo Pele de sapo que não diferiu dos demais tipos de meloeiro, Amarelo, Gália e Charentais (TABELA 18). As flores hermafroditas são mais visitadas do que as flores masculinas em todos os tipos de meloeiro (TABELA 18), corroborando com o trabalho de

Kiill *et al.* (2016) que também estudaram tipos diferentes de meloeiro (Amarelo, Cantaloupe, Gália e Pele de sapo). O recurso mais coletado nas flores em todos os tipos de meloeiro foi o néctar (TABELA 18). Nas flores de meloeiro a coleta de néctar se estende durante todo o dia, enquanto a coleta de pólen normalmente se restringe ao período da manhã (Siqueira *et al.*, 2011).

No meloeiro, para que haja a formação de um fruto com boas características comerciais são necessárias entre 10 e 15 visitas de abelhas às flores formadoras de fruto (McGregor *et al.*, 1965 e 1976). As flores masculinas e hermafroditas em todos os tipos de meloeiro estudados receberam um número de visitas bem maior do que o mínimo necessário para produção de bons frutos (TABELA 18).

Tabela 18: Número médio de visitas de abelhas *Apis mellifera* a cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*), separadas por tipo floral (masculina e hermafrodita) e por recurso coletado (néctar e pólen) em Pacaju-CE, 2015.

Tipo floral e comercial de meloeiro		Visitação de abelhas <i>Apis mellifera</i>		
		Néctar	Pólen	Total
<b>Sexo</b>	Masculina	36.77±6.20 b	16.76±6.47 a	53.53±12.58 b
	Hermafrodita	49.97±7.31 a	13.26±3.97 b	63.23±11.23 a
<b>Tipo comercial</b>	Amarelo	42.75±8.60 b	14.58±0.82 b	57.33±7.78 b
	Cantaloupe	53.75±10.49 a	23.42±6.25 a	77.17±4.24 a
	Charentais	36.67±8.72 b	10.75±2.00 c	47.42±6.72 c
	Gália	38.33±8.72 b	10.92±1.77 c	49.25±6.95 c
	Pele de Sapo	45.33±10.14 b	15.42±1.53 b	60.75±8.60 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### Características pós-colheitas dos frutos de meloeiro

Houve diferenças significativas para todas as variáveis analisadas ( $p < 0,05$ ). O tipo Cantaloupe apresentou o maior número de frutos comerciais, seguido do Gália e Pele de sapo (TABELA 19). Esses resultados estão relacionados aos híbridos utilizados para cada tipo comercial, pois estes são diferentes entre si. Quanto ao número de frutos comerciais, os híbridos tiveram desempenho semelhante ao apresentado para o número total de frutos. A massa dos frutos também mostrou diferença estatística, com destaque para o Charentais, e os tipos Cantaloupe, Pele de sapo, Gália e Amarelo não diferiram entre si. Chitarra; Chitarra (2005) e Dalastra *et al.* (2016) relatam que essa variação entre a massa dos frutos está relacionada ao comportamento específico de cada tipo de melão.

Tabela 19: Médias e desvios padrão das características físicas e físico-químicas de pós-colheita analisadas nos frutos de cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

Tipo	NTF	NFC	MFC	MF	DLF	DTF	IFF	ECF
Amarelo	48.50±5.80 c <sup>2</sup>	25.75±2.22 c	38.50±4.51 a	1.86±0.16 a	177.67±7.86 b	144.17±4.56 a	1.23±0.05 b	6.71±0.67 a
Cantaloupe	82.00±7.66 a	50.00±4.90 a	42.25±4.99 a	1.01±0.12 b	125.00±5.17 c	124.75±5.59 bc	1.00±0.03 d	5.46±0.52 b
Charentais	49.25±2.50 bc	23.25±4.27 c	20.25±2.87 b	1.03±0.08 b	136.58±2.94 c	121.58±4.11 c	1.12±0.04 c	3.71±0.25 c
Gália	65.25±13.62 b	43.00±10.10 ab	39.75±9.78 a	1.16±0.09 b	134.17±3.09 c	131.50±3.45 abc	1.02±0.01 d	5.08±0.42 b
Pele de sapo	41.75±2.99 c	32.25±5.56 bc	41.75±12.53 a	1.79±0.34 a	198.25±15.80 a	135.83±9.59 ab	1.46±0.07 a	5.29±0.53 b
	EPF	CLF	CTF	FPF	TSS	NSF	MTS	MCS
Amarelo	38.50±1.64 a	117.67±6.69 b	46.67±7.11 a	16.96±3.04 b	12.07±0.28 ab	503.33±30.78 c	14.39±1.47 ab	2.88±0.33 a
Cantaloupe	28.17±1.10 c	78.83±5.67 c	52.75±3.70 a	25.10±1.47 a	10.54±0.53 c	492.25±16.88 c	10.74±2.02 bc	2.21±0.41 ab
Charentais	32.00±1.45 bc	86.75±0.57 c	47.17±4.13 a	17.25±1.76 b	12.98±0.72 a	787.00±104.80 a	18.40±2.35 a	2.34±0.17 ab
Gália	35.71±0.93 ab	82.92±3.30 c	45.25±3.20 a	21.08±2.05 ab	13.13±0.55 a	459.83±43.41 c	9.64±1.03 c	2.11±0.22 b
Pele de sapo	36.67±3.51 a	138.50±12.63 a	46.08±3.62 a	12.06±1.47 c	11.63±0.86 bc	656.17±56.94 b	18.21±3.21 a	2.78±0.38 ab

NTF – número total de frutos; NFC – número de frutos comerciais; MFC – massa dos frutos comerciais (kg); DLF – diâmetro longitudinal do fruto (mm); DTF – diâmetro transversal do fruto (mm); IFF – índice de formato do fruto; MMF – massa média do fruto (kg); ECF – espessura de casca do fruto (mm); EPF – espessura de polpa do fruto (mm); CLF – cavidade longitudinal do fruto (mm); CTF – cavidade transversal do fruto (mm); FPF – firmeza da polpa do fruto (N); TSS – teor de sólidos solúveis (°Brix); NSF – número de sementes do fruto; MTS – massa total das sementes (g); MCS – massa de cem sementes (g).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Quando transformado a MFC em produtividade (t/ha) os diferentes tipos de meloeiro tiveram um bom desempenho produtivo, ficando em torno das 20 t/ha, próximo à média nacional de 21,6 t/ha em 2008. Vale salientar que a área experimental não foi pulverizada com nenhum tipo de agrotóxico, e muitas flores foram colhidas para a realização das análises descritas nos capítulos anteriores. A média mais baixa foi do melão Charentais, esse tipo de meloeiro apresentou muitas falhas de plantio, afetando diretamente o resultado final.

McGregor; Levin; Foster (1965) e Sousa *et al.* (2009) relacionaram ao número de visitas das abelhas às flores a maior taxa de vingamento e quantidade de frutos produzidos no meloeiro, e segundo esses autores isso ocorre devido à maior deposição de grãos de pólen sobre os estigmas das flores formadoras de fruto. Outros autores também relatam a necessidade de uma grande quantidade de pólen para a formação de frutos de padrão comercial (MCGREGOR, 1976; FREE, 1993; MUSSEN; THORP, 2003; BOMFIM *et al.*, 2017). Sigh; Yadav; Chhuneja (2014) e Ribeiro *et al.* (2015) também relatam o aumento no números de frutos por planta quando a polinização das flores é realizada pelas abelhas *Apis mellifera*.

Diferenças significativas entre as características de qualidade pós-colheita dos frutos dos cinco diferentes tipos de meloeiro são esperadas (TABELA 19), pois os frutos de cada tipo de meloeiro apresentam características específicas da classificação (JUNQUEIRA; JUNQUEIRA, 2017).

Muitas características são utilizadas para avaliar a qualidade pós-colheita de um fruto de melão, e algumas dessas características são mais relevantes quando se refere à qualidade como o teor de sólidos solúveis (SILVA; GUIMARÃES; ARAGÃO, 2017), o índice de formato e massa do fruto (PETRY; PETRY; GUIMARÃES, 2017),

O teor de sólidos solúveis é o indicador mais importante da qualidade do fruto de meloeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2017), pois quanto mais doce melhor é aceitação pelo consumidor e, conseqüentemente, maior será seu valor de mercado. Ainda segundo esses autores, os teores recomendados de sólidos solúveis para exportação nos principais tipos de meloeiro são: Amarelo (10° Brix), Cantaloupe (10° Brix), Charentais (13° Brix), Gália (12° Brix) e Pele de Sapo (11° Brix). Os valores de teor de sólidos solúveis obtidos nos frutos dos cinco diferentes tipos de meloeiros estudados apresentam médias iguais ou acima do mínimo recomendado para exportação (TABELA 19).

Os frutos dos tipos Cantaloupe, Charentais e Gália foram classificados como esféricos, com índice de formato (IF) entre 0,9 e 1,1, e os frutos dos tipos Amarelo e Pele de Sapo apresentaram formato oblongo ( $1,1 < IF \leq 1,7$ ), todos estes formatos estão de acordo com os

padrões comerciais (TABELA 19). Todos os melões avaliados apresentaram peso maior ou igual ao peso médio descrito para cada tipo. Deve-se enfatizar que o mesmo tipo/híbrido de meloeiro pode apresentar desempenho variado em diferentes regiões e sob condições edafoclimáticas variadas (SILVA; GUIMARÃES; ARAGÃO, 2017).

O meloeiro do tipo Charentais apresentou um número maior de sementes, seguido do Pele de sapo e os tipos Amarelo, Cantaloupe e Gália foram semelhantes (TABELA 19). A massa das sementes também foi maior no tipo Charentais e, menor no tipo Gália. Por outro lado, a massa de 100 sementes também se mostrou diferente, os resultados foram distintos, pois o tipo Amarelo que apresentou maior massa para 100 sementes. Vários autores relatam que o número de visitas recebidas nas flores tem influência positiva sobre número de sementes formadas nos frutos de meloeiro (MCGREGOR; LEVIN; FOSTER, 1965; SOUSA *et al.*, 2009; SIGH; YADAV; CHHUNEJA, 2014).

As correlações positivas entre as variáveis VNM, VPM, VTM, VNH, VPH e VTH (TABELA 20), provavelmente ocorrem pelo fato das abelhas *Apis mellifera* monitorarem os recursos alimentares disponíveis na área e como a cultura foi implantada na estação seca do ano, quando normalmente não existem muitas opções de plantas fornecedoras de alimento no campo, isso tornou o meloeiro uma fonte alternativa atrativa de alimento para as abelhas. Pois quando as campeiras coletam um recurso floral, estas recrutam outras campeiras para que a colônia explore a mesma fonte de alimento, o que, provavelmente, também atrai as abelhas para a coleta de outros recursos disponibilizados pela flor (DORNHAUS *et al.*, 2006; WOODCOCK, 2012).

A correlação foi negativa também entre SS e as características de visitação, VNM, VPM, VTM, VNH, VPH, VTH. Entretanto se deve observar que mesmo as correlações sendo negativas, as visitas das abelhas às flores de todos os tipos de meloeiro foram suficientes para que os frutos produzidos fossem de boa qualidade, como já mencionado anteriormente (TABELA 20).

Tabela 20: Correlações existentes entre as variáveis de visitação, produção e análises pós-colheita em cinco tipos de meloeiro (*Cucumis melo*), em Pacaju-CE, 2015.

	MCS	MTS	NSF	TSS	FPF	CTF	CLF	EPF	ECF	MMF	IFF	DTF	DLF	MFC	NFC	NTF	VTH	VPH	VNH	VTM	VPM
VNM	0.09	-0.19	-0.28	<b>-0.66</b>	0.33	0.37	0.02	-0.32	0.35	0.02	-0.06	0.06	-0.01	0.37	0.43	0.31	<b>0.56</b>	<i>0.44</i>	<i>0.47</i>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>
VPM	-0.15	-0.26	-0.22	<b>-0.62</b>	<i>0.45</i>	0.39	-0.16	<i>-0.45</i>	0.18	-0.16	-0.21	-0.13	-0.20	0.39	<b>0.58</b>	<b>0.57</b>	<b>0.74</b>	<b>0.79</b>	<i>0.54</i>	<b>0.91</b>	
VTM	-0.03	-0.25	-0.28	<b>-0.70</b>	0.42	0.42	-0.07	-0.42	0.29	-0.07	-0.15	-0.04	-0.12	0.42	<i>0.55</i>	<i>0.48</i>	<b>0.71</b>	<b>0.67</b>	<i>0.55</i>		
VNH	-0.15	-0.20	-0.17	<i>-0.44</i>	0.27	0.30	0.12	-0.21	0.32	0.10	0.06	0.07	0.08	0.33	0.33	0.43	<b>0.94</b>	0.25			
VPH	0.15	-0.12	-0.28	<i>-0.47</i>	0.09	0.28	0.01	-0.24	0.25	0.04	-0.05	0.03	-0.01	0.34	0.35	0.30	<b>0.58</b>				
VTH	-0.07	-0.21	-0.24	<i>-0.55</i>	0.26	0.35	0.10	-0.27	0.36	0.10	0.04	0.07	0.06	0.41	0.41	<i>0.47</i>					
NTF	<b>-0.56</b>	<b>-0.65</b>	-0.43	-0.38	<b>0.88</b>	<i>0.48</i>	<b>-0.65</b>	<b>-0.59</b>	0.07	<i>-0.53</i>	<b>-0.73</b>	-0.28	<b>-0.67</b>	0.39	<i>0.83</i>						
NFC	-0.41	<b>-0.63</b>	<i>-0.54</i>	<i>-0.47</i>	0.63	0.40	-0.37	-0.39	0.18	-0.30	<i>-0.48</i>	-0.10	-0.40	<b>0.70</b>							
MFC	0.12	-0.31	<i>-0.51</i>	<i>-0.53</i>	0.15	0.33	0.31	0.22	<b>0.65</b>	<i>0.45</i>	0.09	<b>0.57</b>	0.31								
DLF	<b>0.70</b>	<i>0.55</i>	0.19	-0.10	<b>-0.78</b>	-0.17	1.00	<b>0.70</b>	0.43	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.71</b>									
DTF	<b>0.65</b>	0.16	-0.26	-0.04	-0.31	0.11	<b>0.67</b>	<b>0.77</b>	<b>0.76</b>	<b>0.90</b>	0.41										
IFF	<b>0.57</b>	<b>0.63</b>	0.36	-0.09	<b>-0.86</b>	-0.29	<b>0.95</b>	<i>0.52</i>	0.17	<b>0.75</b>											
MMF	<b>0.74</b>	0.42	0.00	-0.09	<b>-0.62</b>	-0.04	<b>0.91</b>	<b>0.78</b>	<b>0.63</b>												
ECF	0.42	-0.28	<b>-0.63</b>	-0.41	0.03	0.23	0.40	0.35													
EPF	<i>0.47</i>	0.24	-0.04	0.33	<b>-0.57</b>	<i>-0.48</i>	<b>0.66</b>														
CLF	0.67	<b>0.56</b>	0.21	-0.14	<b>-0.78</b>	-0.17															
CTF	0.12	0.06	0.01	-0.36	0.43																
FPF	<i>-0.54</i>	<b>-0.65</b>	-0.42	-0.24																	
TSS	0.00	0.19	0.25																		
NSF	0.07	<b>0.82</b>																			
MTS	<b>0.62</b>																				

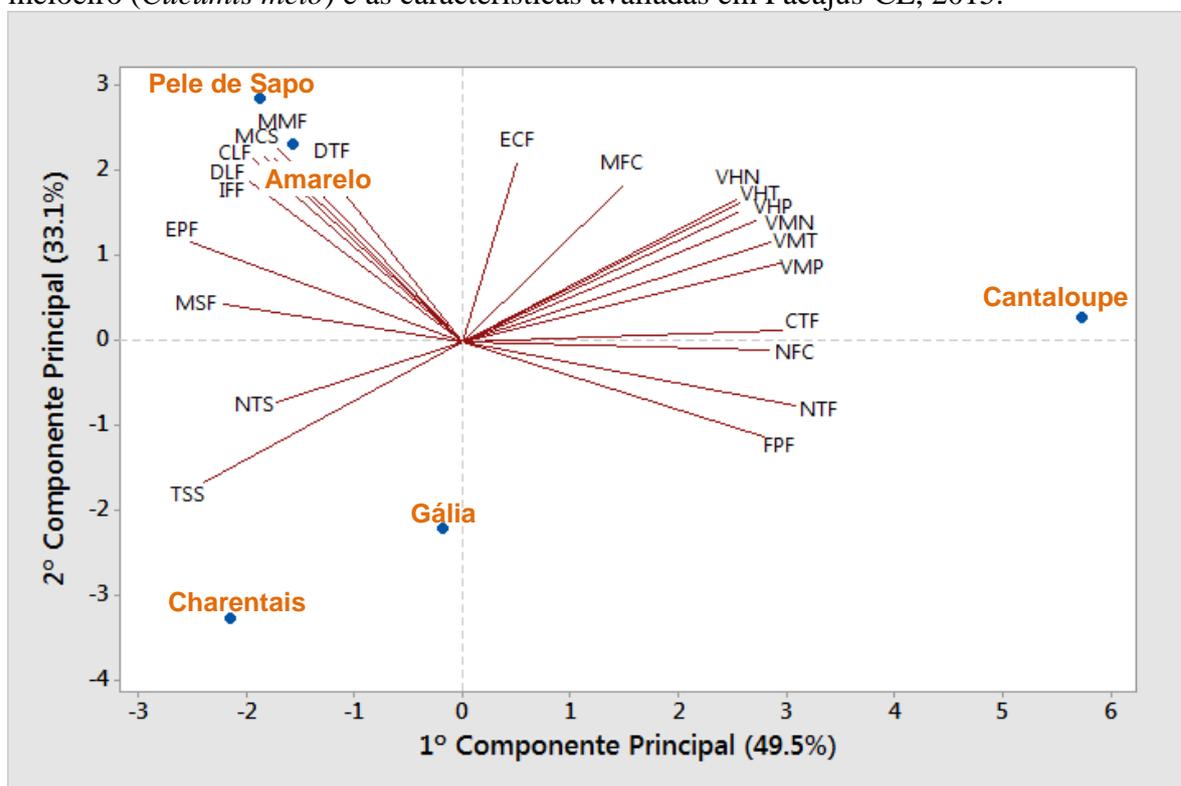
VNM – visita néctar flor masculina; VPM – visita pólen flor masculina; VTM – visita total flor masculina; VNH – visita néctar flor hermafrodita; VPH – visita pólen flor hermafrodita; VTH – visita total flor hermafrodita; NTF – número total de frutos; NFC – número de frutos comerciais; MFC – massa dos frutos comerciais (kg); DLF – diâmetro longitudinal do fruto (mm); DTF – diâmetro transversal do fruto (mm); IFF – índice de formato do fruto; MMF – massa média do fruto (kg); ECF – espessura de casca do fruto (mm); EPF – espessura de polpa do fruto (mm); CLF – cavidade longitudinal do fruto (mm); CTF – cavidade transversal do fruto (mm); FPF – firmeza da polpa do fruto (N); TSS – teor de sólidos solúveis (°Brix); NSF – número de sementes do fruto; MTS – massa total das sementes (g); MCS – massa de cem sementes (g). Pelo teste t, significativo a 1% (negrito) e significativo a 5% (itálico).

Quanto à análise de componentes principais, os diferentes tipos de meloeiro estão posicionados em torno das variáveis nas quais cada tipo se destaca; o Cantaloupe, por exemplo, está mais próximo às características de visitação, os tipos Amarelo e Pele de sapo estão próximos as características relacionadas ao tamanho e peso dos frutos, já os Charentais e o Gália estão próximos ao teor de sólidos solúveis e ao número total de sementes.

Os tratamentos mais próximos um do outro possuem essas características em comuns, sendo que o Amarelo está próximo ao Pele de sapo, o Gália está próximo ao Charentais e o Cantaloupe está afastado de todos os outros tipos. Quanto mais próximas às características são, mais correlacionadas positivamente são as variáveis, por exemplo, as características de visitação das abelhas estão próximas, assim como as variáveis relacionadas ao tamanho e peso dos frutos (FIGURA 20).

Quanto maior o vetor de uma variável, maior é a variação da mesma com relação aos tratamentos. Pode-se perceber, por exemplo, que há grande variação com relação ao número de frutos por tipo de meloeiro e baixa variação entre os tipos quanto ao número de sementes (FIGURA 20).

Figura 20: Gráfico de componente principal englobando os cinco tipos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo*) e as características avaliadas em Pacajus-CE, 2015.



NTF – número total de frutos; NFC – número de frutos comerciais; MFC – massa dos frutos comerciais (kg); DLF – diâmetro longitudinal do fruto (mm); DTF – diâmetro transversal do fruto (mm); IFF – índice de formato do fruto; MMF – massa média do fruto (kg); ECF – espessura de casca do fruto (mm); EPF – espessura de polpa do fruto (mm); CLF – cavidade longitudinal do fruto (mm); CTF – cavidade transversal do fruto (mm); FPF – firmeza da polpa do fruto (N); TSS – teor de sólidos solúveis (°Brix); NSF – número de sementes do fruto; MTS – massa total das sementes (g); MCS – massa de cem sementes (g).

As características mais relevantes do CP1 (componente principal 1) são número total de frutos, cavidade transversal, número de frutos comerciais, e visitas na flor masculina para pólen e em CP2 (componente principal 2) são o diâmetro longitudinal, massa média do fruto, cavidade longitudinal, massa de 100 sementes (FIGURA 20).

## CONCLUSÕES

O número de visitas da abelha melífera às flores dos tipos de meloeiro foi suficiente para que houvesse formação de frutos com alta qualidade e com padrão comercial. Existe relação entre a visitação de *Apis mellifera* e a produção e qualidade pós-colheita dos frutos dos diferentes tipos de meloeiro (*Cucumis melo* L.) estudados.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer desse estudo pudemos observar a importância de cada característica floral e qual a relação desta na atratividade para as abelhas *Apis mellifera*. Algumas das características isoladamente não influenciam diretamente na escolha das abelhas. Provavelmente a decisão final, a "preferência", está relacionada ao conjunto de características de forma qualitativa ou quantitativa, já que as abelhas possuem habilidade de identificar e diferenciar pequenas variações nas características florais.

Algumas características florais como o tamanho das flores, concentração de açúcares no néctar e a composição do odor floral através dos compostos orgânicos voláteis parecem ter maior influência na preferência das abelhas. Foi possível constatar que o tipo Cantaloupe apresenta o conjunto de características estudadas mais atrativo às abelhas e o tipo Charentais apresentou em geral o conjunto de características menos atrativas, quando comparados aos demais tipos de meloeiro estudados. Esses indícios foram comprovados de fato pela quantificação das visitas das abelhas às flores dos diferentes tipos de meloeiro. Portanto, apesar dos meloeiros estudados apresentarem flores semelhantes e com características similares, a somatória das sutis diferenças entre eles mostrou-se suficiente para a distinção das mesmas pelas abelhas, levando a uma visitação diferenciada com consequências na polinização, produção e qualidade dos frutos.

Além disso, outros fatores não avaliados nesse estudo também poderiam influenciar a escolha ou preferência das abelhas pelas flores de um determinado tipo de meloeiro, como, por exemplo, a composição química dos grãos de pólen. Mais estudos relacionados às características florais e sua atratividade para as abelhas devem ser desenvolvidos no intuito de elucidar essa questão, pois o conhecimento sobre quais características florais pode influenciar mais ou menos na escolha das abelhas servindo de base para estudos na área de comportamento animal e melhoramento genético da cultura. No desenvolvimento de novas cultivares, essas características florais devem ser preservadas ou se possível enfatizadas para que as novas cultivares continuem ou sejam ainda mais atrativas para as abelhas, garantindo a visitação das flores e suas consequentes polinização e formação de frutos de qualidade.

## REFERENCIAS

- ABREU, T.B *et al.* Fenologia floral, viabilidade do grão de pólen e receptividade do estigma do meloeiro. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**. v. 52, p. 43-46, 2008.
- ABU-REIDAH, I. M. *et al.* HPLC-DAD-ESI-MS/MS screening of bioactive components from *Rhus coriaria* L. (Sumac) fruits. **Food Chemistry**, v. 166, p. 179-191, 2015.
- ADAMS, R.P. **Identification of Essential Oil Components By Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 4. ed. IL/EUA: Allured Pub Corp, 2007.
- ADLER LS. The ecological significance of toxic nectar. **Oikos**. v. 91, p. 409-420. 2000.
- AGOSTINI, K.; LOPES, A.V.; MACHADO, C. M. Recursos florais. In: RECH, A.R *et al.* **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. P 129-150.
- AGOSTINI, K.; SAZIMA, M.; GALETTO, L. Nectar production dynamics and sugar composition in two *Mucuna* species (*Leguminosae*, *Faboideae*) with different specialized pollinators. **Naturwissenschaften**, v.98, n. 11, p. 933-942. 2011.
- ALBUQUERQUE JUNIOR, C. L. *et al.* Número de anteras por flor, grãos de pólen por antera e capacidade germinativa do pólen de diferentes cultivares de macieiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1255-1260, 2010.
- ALCORN, K., WHITNEY, H., GLOVER, B. Flower movement increases pollinator preference for flowers with better grip. **Functional Ecology**, 2012.
- ALICE WEB/MDIC. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior/Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: jan. 2016.
- ALVES-DOS-SANTOS, I *et al.* Quando um visitante floral é um polinizador?. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 295-307, 2016.
- AMBRÓSIO, M.M.Q *et al.* Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, Heiderlberg. v. 206, n. 2, p 287-300, 2015.
- ANDERSSON, S *et al.* Floral scent in butterfly pollinated plants: possible convergence in chemical composition. **Botanical Journal of the Linnaean Society**, v. 140, n. 2, p. 129-153. 2002.
- ANDREWS, E.S; THEIS, N; ADLER, N.L. Pollinator and herbivore attraction to Cucurbita floral volatiles. **J Chem Ecol** v. 33, p. 1682–1691.2007.
- ARAGÃO, F.A.S *et al.* Descrição e classificação botânica do meloeiro In: GUIMARÃES, M.A; ARAGÃO, F.A.S. Produção de melão, 2017.

ARAGÃO, F.A.S; RESENDE, E.M. Procedimento Operacional Padrão de extração de sementes de melão: Laboratório Melhoramento e Recursos Genéticos Vegetais. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. POP: 048.11.01.11.2.001.

ARAGÓN, S; ACKERMAN, J.D. Does flower color variation matter in deception pollinated *Psychilis monensis* (Orchidaceae)? **Oecologia**, v. 138, p. 405-413. 2004.

ARAÚJO, D. Comportamento de forrageamento de *Apis mellifera* na melanciaira (*Citrullus lanatus*) no município de Juazeiro, BA. **Revista Verde** (Mossoró – RN - BRASIL), v. 9, n.1, p.59 - 67, jan-mar, 2014.

ARAÚJO, J. L. O. *et al.* Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. **Biotemas**, v. 22, n. 4, p. 83-94. 2009.

ARMBRUSTER, W.S; ANTONSEN, L; PÉLABON, C. Phenotypic selection on *Dalechampia blossoms*: honest signaling affects pollination success. **Ecology**, v. 86: p. 3323–3333. 2005.

ARMENGOL, G.F. **Biotic and abiotic factors that determine the emission of volatile organic compounds by flowers**. Universitat Autònoma de Barcelona, January 2015.

ARTZ, D.R.; HSU, C.L.; NAULT, B.A .Influence of honey bee, *Apis mellifera*, hives and field size on foraging activity of native Bee species in pumpkin fields. **Entomological Society of America. Environmental Entomology**, v. 40, n. 5, p. 1144-1158, 2011.

BOU-SHAARA, H.; F. The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: a review. **Veterinari Medicina**, Damanshour, Egypt, v. 59, n. 1, p. 1–10, 2014.

BAKER, H. AND I. BAKER, Chemical constituents of nectar in relation to pollination mechanisms and phylogeny. **Biochemical aspects of evolutionary biology**: p. 131-171. 1982.

BEZERRA, A. D. M. **Uso da abelha canudo (*Scaptotrigona* sp. nov.) na polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 2014.

BIOLLEY, J. P. JAY, M. Anthocyanins in modern roses: Chemical and colorimetric features in relation to the colour range. **J. Exp. Bot.** v. 44, p. 1725-1734. 1993.

BLARER, A; KEASAR, T; SHMIDA, A. Possible mechanisms for the formation of flower size preferences by foraging bumblebees. **Ethology** v. 108, n. 4, p. 341–351, 2002.

BLIGHT, M. M *et al.* Identification of floral volatiles involved in recognition of oilseed rape flowers, *Brassica napus*, by honeybees, *Apis mellifera*, **J Chem Ecol** , v. 23. p. 1715-1727. 1997.

BLÜTHGEN, N.; FIEDLER, K. Preferences for sugars and amino acids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. **Journal of Animal Ecology**, v. 73, n. 1, p. 155-166. 2004.

BOMFIM, I. G. A *et al.* Polinização do meloeiro. In: GUIMARÃES, M.S; ARAGÃO, F.A.S. **Produção de melão**, 2017.

BORG, M; TWELL, D. **Pollen: Structure and Development**. eLS. John Wiley Sons Ltd, Chichester. 1–11. 2011.

BRANDENBURG, A *et al.* "The sweetest thing: advances in nectar research." **Curr Opin Plant Biol**, v.12, n. 4, p. 486-490, 2009.

BRITO, V; TELLES, F; LUNAU, K. Ecologia cognitiva da polinização. In: RECH, A.R *et al.* **Biologia da polinização**. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro. 2014. 524p.

BURGER, H.; DOTTERL, S; AYASSE, M. Host-plant finding and recognition by visual and olfactory floral cues in an oligolectic bee. **Functional Ecology**, v. 24, p. 1234-1240. 2012.

BURGER, Y *et al.* Genetic diversity of *Cucumis melo*. **Horticulture Review**. v. 36, p. 165-198, 2010.

BYERS, K.J.R.P. Floral volatile alleles can contribute to pollinator-mediated reproductive isolation in monkeyflowers (*Mimulus*). **Plant J**. v. 80, n. 6, p. 1031–104. 2014.

CANUTO, G.A.B *et al.* Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CAPPELLARI, S. C.; CHAEFER, H.; DAVIS, C. C. Evolution: Pollen or Pollinators – Which Came First? **Current Biology**. v 23, n.8 p. 316-318, 2013.

CARLSON, J.E. Male-biased nectar production in a protandrous herb matches predictions of sexual selection theory in plants. **American Journal of Botany** v. 94, p. 674-682. 2007.

CARTER, C *et al.* A novel role for proline in plant floral nectars. **Naturwissenschaften**, v. 93, n. 2, p. 72-79. 2006.

CEUPPENS, B *et al.* Characterization of volatiles in strawberry varieties ‘Elsanta’ and ‘Sonata’ and their effect on bumblebee flower visiting. **Arthropod-Plant Interactions**. v. 9, p. 281–287, 2015.

CHALCOFF, V.R.; AIZEN, M.A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the temperate forest of South America. **Annals of Botany** v. 97, p. 413–421, 2006.

CHEN, C *et al.* Private channel: a single unusual compound assures specific pollinator attraction in *Ficus semicordata*. **Functional Ecology**, v. 23, p. 941-950. 2009.

CHITTKA, L *et al.* Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision. In: CHITTKA, L.; THOMSON, J.D. **Cognitive Ecology of Pollination**. Cambridge-UK, Cambridge University Press. 2001. p. 106-126.

CHITTKA, L. Bee color vision is optimal for coding flower color, but flower colours are not optimal for being coded-why? **Israel J Plant Sci** v. 45, p. 115–127. 1997.

CHITTKA, L.; KEVAN, P.G. **Flower colour as advertisement**. In Dafni, A., Kevan, P.G., Husband, B.C. (eds.) *Practical Pollination Biology*. Enviroquest Ltd., Cambridge, ON, Canada, pp. 157-196, (2005).

CHITTKA, L.; RAINE, N.E. Recognition of flowers by pollinators. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, n. 4, p. 428-435, 2006.

CLARKE, D *et al.* Detection and learning of floral electric fields by bumblebees. **Science**, v. 340, p. 66-69. 2013.

COELHO, M.S *et al.* Avaliação dos visitantes florais de dois híbridos de melão (*Cucumis melo* L.) em cultivo irrigado em Petrolina, PE. In: III SEMANA DOS POLINIZADORES, 2012, Petrolina-PE. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido.

COELHO, M.S *et al.* Diversidade de visitantes florais em cultivo orgânico de meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 1081-1087, 2012b.

COELHO, M.S. *et al.* Avaliação do comportamento dos visitantes florais do meloeiro (*Cucumis melo* L.) em Projeto de Irrigação na Bahia. In: CONGRESSO IBEROLATINOAMERICANO DE APICULTURA, 10, 2010, Natal. O meio ambiente e a apicultura no agronegócio. **Anais...** Natal: FILAPI: CBA: SEBRAE: FARN, 2010.

CORBET, S.A. Nectar sugar content: estimating standing crop and secretion rate in the field. **Apidologie**, v. 34, p. 1-10. 2003.

CRISÓSTOMO, J. R.; ARAGÃO, F. A. S. Melhoramento genético do meloeiro. In: VIDAL NETO F.C., CAVALCANTI J.J.V. **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Brasília, DF: Embrapa, p. 209-246. 2013.

CRISÓSTOMO, J.R *et al.* Biologia floral do meloeiro no Ceará: emissão, duração e relação flores masculinas/hermafroditas. In: Congresso brasileiro de olericultura, 44, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Horticultura Brasileira, v.22, n.2, 2004 (suplemento).

CRONK, Q.; OJEDA, I. Bird-pollinated flowers in an evolutionary and molecular context. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, p. 715-727, 2008.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

- DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. New York, Oxford, University Press, 1992, 250 p.
- DAFNI, A.; KEVAN, P.G. Flower size and shape: implications in pollination, **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 45, n. 2-3, p. 201-211, 1997.
- DALASTRA, G.M *et al.* Produção e qualidade de três tipos de melão, variando o número de frutos por planta. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 63, n.4, p. 523-531, 2016.
- DALL'ORTO, F. A. C *et al.* Análise do pólen em dezoito cultivares de macieira. **Bragantia**, v. 44, p. 421-427, 1985.
- DELAPLANE, K.S; MAYER, D.F. **Crop Pollination by Bees**. Wallingford, UK: CABI, 2000, 278p.
- DOBSON, H.E.M; BERGSTROM, G. The ecology and evolution of pollen odors. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, p. 63-87, 2000.
- DORNHAUS, A *et al.* Benefits of recruitment in honey bees: effects of ecology and colony size in an individual-based model. **Behav Ecol** v. 17, n. 3, p. 336-344. 2006.
- DOTTERL, S; VERECKEN, N.J .The chemical ecology and evolution of bee–flower interactions: a review and perspectives .**Can. J. Zool.** v. 88, p. 668–697. 2010.
- DUDAREVA, N; PICHERSKY, E. Biology of floral scent. Boca Raton, FLCRC Press **Nature Chemical Biology** v. 3, p. 408 – 414, 2006.
- DURÁN, X.A *et al.* Evaluation of yield component traits of honeybee pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultural Research** v. 70, p. 309-314. 2010.
- DYER, A.G; CHITTKA, L. Biological significance of distinguishing between similar colours in spectrally variable illumination: bumblebees (*Bombus terrestris*) as a case study. **Journal of Comparative Physiology A**, Volume 190, Issue 2, p. 105–114. 2004.
- ECKHART, V.M. The effects of floral display on pollinator visitation vary among populations of *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae). **Evolutionary Ecology**, v. 5, n. 4, p. 370–384, 1991.
- EDLUND AF, SWANSON R, PREUSS D. Pollen and stigma structure and function: the role of diversity in pollination. **Plant Cell (Suppl)** v. 16, p. 84–97, 2004.
- EITERER, M.; COSTA, F. A. P. L. Néctar: água, açúcar e uma pitada de.... **Revista Eletrônica AUE Soluções** <http://www.auesolucoes.com.br/revista/default.asp>.2007.
- ELLIOTT, S.E; IRWIN, R.I. Effects of flowering plant density on pollinator visitation, pollen receipt, and seed production in *Delphinium barbeyi* (Ranunculaceae). **American Journal of Botany**, v. 96, n. 5, p. 912–919. 2009.

ENDRESS, P.K. The flowers in extant basal angiosperms and inferences on ancestral flowers. **International Journal of Plant Science**, v.162, p. 1111-1140, 2001.

FAEGRI K; VAN DER PIJL L. **The principles of pollination ecology**. Sinauer Associates, London, 1979. 244 p.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3ª edição, New York. Oxford: Pergamon Press; 1979.

FAO. **Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics**. <http://www.faostat.fao.org>. Acesso: 10 maio 2017.

FARAG, M. A. *et al.* Metabolomic fingerprints of 21 date palm fruit varieties from Egypt using UPLC/PDA/ESI-qTOF-MS and GC-MS analyzed by chemometrics. **Food Research International**, v. 64, p. 218–226, 2014.

FARRÉ-ARMENGOL, G *et al.* 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.

FERRARI, M.J *et al.* Inbreeding effects on blossom volatiles in *Cucurbita pepo* subsp. Texana (Cucurbitaceae). **American Journal of Botany** v. 93, n. 12, p. 1768–1774. 2006.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, M. A. *et al.* Características florais e carpométricas e germinação in vitro de grãos de pólen de cultivares de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 731-740. 2013.

FILELLA, I *et al.* Floral advertisement scent in a changing plant-pollinators market. **Scientific reports** v. 3, p. 3434. 2013.

FONTES, P. C.; PUIATTI, M. **Cultura do melão**. In: FONTES, P.C.R. (ed.). Olericultura: teoria e prática. Viçosa: UFV, p.407-428, 2005.

FREE, J.B. **Insect pollination of crops**. London: Academic Press, 1993. 684 p.

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

FREITAS, B. M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)** University of Wales, Cardiff - Reino Unido. (Tese de PhD). 1995, 197 p.

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

- GALETTO, L.; BERNARDELLO, G. Characteristics of nectar secretion by *Lycium cestroides*, *L. ciliatum* (Solanaceae), and their hybrid. **Plant Species Biology**, v. 11, p. 157-163, 1995.
- GARCIA, J.E. *et al.* Improved color constancy in honey bees enabled by parallel visual projections from dorsal *ocelli*. **PNAS**, v. 114, n. 29, p. 7713-7718, 2017.
- GARIBALDI, L.A. *et al.* Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v.339, n. 6127, p 1608-1611, 2013.
- GEBER, M.A.; MOELLER, D.A. Pollinator responses to plant communities and implications for reproductive character evolution. Pp. 102-119. In: Harder, L.D. & Barrett, S.C.H. (eds.) **Ecology and Evolution of Flowers**. Oxford University Press, New York, USA, 2006. 370 p.
- GEGEAR, R.J.; LAVERTY, T.M. The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators. p. 1-20. In: Chittka, L. & Thomson, J.D. (eds.) **Cognitive ecology of pollination: animal behaviour and floral evolution**. Cambridge, Cambridge University Press,. 2001. 344 p.
- GENTRY, A.H. Bignoniaceae. In: Maguire, B. & Huang, Yung-Chau. The Botany of the Guayana Highland. Part X. Mem. New York Bot. Gard, v. 29, p. 245-283. 1978.
- GERSHENZON, J; DUDAREVA, N. The function of terpene natural products in the natural world, **Nat Chem Biol**, v. 3, p. 408-414, 2007.
- GIL, M.; DE MARCO, R.J. Olfactory learning by means of trophallaxis in *Apis mellifera*. **Journal of Experimental Biology**, v. 208, p. 671-680, 2005.
- GIURFA, M. *et al.* Discrimination of coloured stimuli by honeybees: alternative use of achromatic and chromatic signals. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 180, p. 235-243. 1997.
- GIURFA, M.; NÚÑEZ, J.; BACKHAUS, W. Odour and colour information in the foraging choice behaviour of the honeybee. **J Comp Physiol A**, v. 175, p.773–779.1994.
- GÓMEZ-GUILLAMÓN, M.L. *et al.* Characterization of melon cultivars. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, v.8, p.39-40, 1985.
- GONZÁLEZ-TEUBER, M.; HEIL, M. The role of extrafloral nectar amino acids for the preferences of facultative and obligate ant mutualists. **Journal of chemical ecology**, v. 35, n. 4, p. 459-468. 2009.
- GOULSON, D. Are insects flower constant because they use search images to find flowers? **Oikos**, v. 88, p. 547-552, 2000.

- GOULSON, D. Foraging strategies of insects for gathering nectar and pollen, and implications for plant ecology and evolution. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 2, p. 185-209, 1999.
- GRANERO, A.M *et al.* Analysis of biogenic volatile organic compounds in zucchini flowers: identification of scent sources. **Journal of Chemical Ecology**. v. 31, n. 10, 2005.
- GRANERO, A.M *et al.* Single step determination of fragrances in Cucurbita flowers by coupling headspace solid-phase microextraction low-pressure gas chromatography tandem mass spectrometry. **J. Chromatogr. A** , v. 1045, p. 173–179. 2004.
- GRINDELAND, J. M.; SLETVOLD, N. N.; IMS, R. A. Effects of floral display size and plant density on pollinator visitation rate in a natural population of *Digitalis purpurea*. **Functional Ecology**, v. 19, p. 383-390, 2005.
- GUMBERT, A. Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. **Behav Ecol Sociobiol**, v. 48, p. 36–43. 2000.
- HANSEN, D.M.; VAN DER NIET, T.; JOHNSON, S.D. Floral signposts: testing the significance of visual “nectar guides” for pollinator behaviour and plant fitness. Proceedings. **Biological Sciences/The Royal Society**, v. 279, p. 634-639. 2012.
- HARBORNE, J. B. Introduction to ecological biochemistry. (ed.) London, Academic Press, 1988. 356 p.
- HARBORNE, J.B. Biochemistry of plant pollination. In: **Introduction to ecological biochemistry**. London, Academic Press. p. 36-70. 1993.
- HARDER, L.D.; JOHNSON, S.D. Adaptive plasticity of floral display size in animal pollinated plants. Proceedings of the Royal Society B: **Biological Sciences**, v. 272, p. 2651- 2657, 2005.
- HEIL, M. Nectar: generation, regulation and ecological functions. **Trends in plant science**, v. 16, n. 4, p. 191-200. 2011.
- HENDRIKSMA, H.P.; OXMAN, K.L.; SHAFIR, S. Amino acid and carbohydrate tradeoffs by honey bee nectar foragers and their implications for plant–pollinator interactions. **Journal of Insect Physiology** v. 69, p. 56-64, 2014.
- HEUSCHEN, B; GUMBERT, A; LUNAU, K. A generalised mimicry system involving angiosperm flower colour, pollen and bumblebees’ innate colour preferences. **Plant Syst. Evol.** v. 252, p. 121–137, 2005.
- HOLME, P. C.; WOODS, K. A. Measurement of plasma tyrosine by HPLC-UV or LC MS-MS for assessing chemically induced tyrosinaemia. **Chromatographia**, v. 55, n. S1, p. 193-194, 2002.

HOWELL, A.D; ALARCON, R. *Osmia* bees (Hymenoptera: Megachilidae) can detect nectar-rewarding flowers using olfactory cues. **Animal behaviour**, v. 74, p. 199-205. 2007.

HOZ, J. C. T. Visita de abejas (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apoidea) a flores de melón *Cucumis melo* (Cucurbitaceae) en Panamá. **Ver. Biol. Trop.** v. 55, n.2, p. 677-680. 2007.

**IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2015. Disponível em: <[www.http://www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 22 maio 2017.

INOUYE, D.W.; WALLER, G.D. Responses of honey bees (*Apis Mellifera*) to amino acid solutions mimicking floral nectars. **Ecology**. v. 65:. 1984. 618p.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES – IPBES. **Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.** POTTS, S.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NGO, H.T.; BIESMEIJER, J.C.; BREEZE, T.D.; DICKS, L.V.; GARIBALDI, L.A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A.J.; AIZEN, M.A.; CUNNINGHAM, S.A.; EARDLEY, C.; FREITAS, B.M.; GALLAI, N.; KEVAN, P.G.; KOVACS HOSTYANSZKI, A.; KWAPONG, P.K.; LI, J.; LI, X.; MARTINS, D.J.; NATES PARRA, G.; PETTIS, J.S.; RADER, R.; VIANA, B.F. (eds.). Bonn, Germany: 2016.

IPBES. **Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.** POTTS, S.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J.; AIZEN, M. A.; CUNNINGHAM, S. A.; EARDLEY, C.; FREITAS, B. M.; GALLAI, N.; KEVAN, P. G.; KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A.; KWAPONG, P. K.; LI, J.; LI, X.; MARTINS, D. J.; NATES-PARRA, G.; PETTIS, J. S. RADER, R.; VIANA, B. F. (eds.). Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services; 2016.

JONES, C. E; CRUZAN, M. B. Floral morphological changes and reproductive success in deer weed (*Lotus scoparius*, Fabaceae) **Am. J. Bot.** v. 86, p. 273–277, 1999.

JOSHI, N.C; P.C. JOSHI: Foraging behaviour of *Apis* spp. on apple flowers in a subtropical environment. **New York Science Journal**, v. 3, p. 71-76, 2010.

JUNKER, R.R; BLUTHGEN, N. Floral scents repel facultative flower visitors, but attract obligate ones. **Annals of Botany** v. 105, p. 777–782, 2010.

JUNQUEIRA, T.S; JUNQUEIRA, M.S. Uso na alimentação humana. In: GUIMARÃES, M.S; ARAGÃO, F.A.S. **Produção de melão**, 2017.

KACELNIK, A; HOUSTON, A.I; SCHMID-HEMPEL, P. Central-Place Foraging in Honey Bees: The Effect of Travel Time and Nectar Flow on Crop Filling. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 19, n. 1, p. 19-24, 1986.

KACZOROWSKI, R.L *et al.* Floral signal complexity as a possible adaptation to environmental variability: a test using nectar-foraging bumblebees, *Bombus impatiens*. **Animal Behaviour**, v. 83, p. 905-913. 2012.

KAESER T, SADEH A, SHMIDA A. Variability in nectar production and standing crop, and their relation to pollinator visits in a Mediterranean shrub. *Arthropod-plant Interactions* 2: 117- 123. 2008.

KARP, K *et al.* Nectar production of *Rubus arcticus*. **Agronomy Research** 2:57-61. 2004.

KEARNS, C. A; INOUYE, D. **Techniques for pollinations biologists**. Niwot, Colorado: University press of Colorado. 1993, 579 p.

KEOGH, R.; ROBINSON, A.; MULLINS, I.; Pollination aware case study: melons Kingston: Rural Industries Research and Development Corporation. (RIRDC. Publication, 10/128). 2010. Disponível em: <<http://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/10-126.pdf>>. Acesso em: 15 dezembro de 2016.

KESSLER D, BALDWIN IT. Making sense of nectar scents: the effects of nectar secondary metabolites on floral visitors of *Nicotiana attenuata*. **The Plant Journal** v. 49, p. 840–854. 2006.

KESSLER, D.; I. T. BALDWIN "Making sense of nectar scents: the effects of nectar secondary metabolites on floral visitors of *Nicotiana attenuata*." **Plant J**, v. 49, n. 5, p.840-854, 2007.

KHANDURI, V. P. Variation in Anthesis and Pollen Production in Plants. **American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 11, n. 6, p. 834-839, 2011.

KIILL, L. H. P *et al.* **Plano de manejo de polinizadores do meloeiro**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido.(Serie Documentos - Embrapa). 2015. 55 p.

KIILL, L.H.P *et al.* Avaliação do padrão de visitação de *Apis mellifera* em três cultivares de meloeiro, em Petrolina-PE, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol. Esp, p. 455-460, 2011.

KIILL, L.H.P *et al.* Evaluation of floral characteristics of melon hybrids (*Cucumis melo* L.) in pollinator attractiveness. **Rev. Bras. Frutic.** v .38 n .2 Jaboticabal, 2016.

KIILL, L.H.P *et al.* Frequency and foraging behavior of *Apis mellifera* in two melon hybrids in Juazeiro, state of Bahia, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 2049-2055, 2014.

- KIILL, L.H.P *et al.* **Plano de manejo de polinizadores do meloeiro**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, 2015, (Serie Documentos - Embrapa). 55 p.
- KIILL, L.H.P *et al.* Relationship of floral morphology and biology of yellow melon hybrids with the attractiveness of pollinators. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 24, número especial, p. 143-149, 2012.
- KIRKBRIDE, J.H. **Biosystematics monograph of the genus *Cucumis* (Cucurbitaceae)**: botanical identification of cucumber and melons. North Carolina: Parkway Publishers. 1993. p.159
- KLATT, B.K *et al.* Flower volatiles, crop varieties and bee responses. **Plos one**. v. 8, n. 8, p. 72724. 2013.
- KLEIN, A.M *et al.* Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. Proceeding of the. Royal Society of London, Series B, **Biological. Science**. v. 274, p. 303 313. 2007.
- KNUDSEN, J.T *et al.* Diversity and distribution of floral scent. **The Botanical Review**, 72:1. 2006.
- KNUDSEN, J.T.; TOLLSTEN, L. Trends in floral scent chemistry in pollination syndromes: floral scent composition in moth-pollinated taxa. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 113, n. 3, p. 263-284. 1993.
- KOUONON, L.C *et al.* Reproductive biology of the andromonoecious *Cucumis melo* subsp. *Agrestis* (*Cucurbitaceae*). **Annals of Botany**. v. 104, n. 6, p. 1129–1139, 2009.
- KUBASEK, W. L *et al.* Regulation of flavonoid biosynthetic genes in germinating arabidopsis seedlings. **The Plant Cell**. v. 4, p. 1229-1236. 1992.
- KUDO, G. Flowering phenologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection. p. 139-158. In: L.D. Harder & S.C.H. Barrett (eds). **Ecology and Evolution of Flowers**. Oxford University Press, New York, USA. 2006. 370 p.
- KUNZE, J.; GUMBERT, A. The combined effect of colour and odor on flower choice behavior of bumble bees in flower mimicry systems. **Behavioral Ecology**, v.12, p. 447-456. 2001.
- LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman & Hall, 1998. 819 p.
- LEHRER, M. Dorsoventral asymmetry of colour discrimination in bees. **J Comp Physiol A** v. 184, p.195–206. 1999.
- LEONARD, A.S.; PAPA, D.R. “X” marks the spot: the possible benefits of nectar guides to bees and plants. **Functional Ecology**, v. 25, p. 1293-1301, 2011.

- LEONHARDT, S.D *et al.* Stingless bees use terpenes as olfactory cues to find resin sources. *Chemical Senses*, v. 35, n. 7, 1, p. 603–611, 2010.
- LEPAGE M, BOCH R. Pollen lipids attractive to honeybees. **Lipids** v. 3, p. 530– 534. 1968.
- LIMA, P.V.P.S.; KHAN, A.S. O Brasil no mercado internacional do melão: tendências e desafios. In: GUIMARÃES, M.S; ARAGÃO, F.A.S. **Produção de melão**, 2017.
- LIU, A. Z *et al.* 2002. Insect pollination of *Musella* (Musaceae), a monotypic genus endemic to Yunnan, China. **Plant Systematics and Evolution** v. 235, p. 135-146.
- LONGO, J. M.; FISCHER, E. Efeito da taxa de secreção de néctar sobre a polinização e a produção de sementes em flores de *Passiflora speciosa* Gardn. (*Passifloraceae*) no Pantanal. **Revista Brasil. Bot.**, v.29, n.3, p.481-488, 2006.
- LUAN, F *et al.* Performance of melon hybrids derived from parents of diverse geographic Origins. **Euphytica**, v. 173, n. 1, p. 1-16, 2010.
- LUNAU, K *et al.* Avoidance of achromatic colours by bees provides a private niche for hummingbirds. **Journal of Experimental Biology**, v. 214, p. 1607-1612, 2011.
- LUNAU, K. Ecology and evolution of visual pollen signals. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, p. 89-111, 2000.
- LUNAU, K. Stamens and mimic stamens as components of floral colour patterns. **Botanische Jahrbucher fur Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie**, v. 127, p. 13-41. 2006.
- LUNAU, K. Stamens and mimic stamens as components of floral colour patterns. **Bot Jahrb Syst** v. 127, p. 13–41. 2007.
- LUNAU, K.; UNSELD, K.; WOLTER, F. Visual detection of diminutive floral guides in the bumblebee *Bombus terrestris* and in the honeybee *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology**, v. 195, p. 1121-1130, 2009.
- MAJETIC, C.J; RAGUSO, R.A; ASHMAN, T.L. The sweet smell of success: floral scent affects pollinator attraction and seed fitness in *Hesperis matronalis*. **Funct Ecol.** 2009; v. 23, p. 480–487.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* no decorrer do ano. **Acta Scientiarum. Animal Sciences.** v.33, n. 2, p. 183-190, 2011.
- MALERBO-SOUZA, D.T *et al.* Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 272-278. 2003.

MALERBO-SOUZA, D.T; NOGUEIRA-COUTO, R.H; COUTO, L.A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** v. 40, p. 237-242. 2003.

MANLY, B.J.F. **Métodos estatísticos multivariados: Uma introdução**. Tradução de Sara Ianda Carmona. 3º. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008, 229 p.

MARCHINI, L. C.; 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.

MARCIA GONZÁLEZ-TEUBER; MARTIN HEIL .Nectar chemistry is tailored for both attraction of mutualists and protection from exploiters. **Plant Signaling & Behavior**, v. 4, n. 9, p. 809-813, 2009; Landes Bioscience.

MCGREGOR, S. E.; LEVIN, M. D.; FOSTER, R. E. Honey bee visitors and fruit set of cantaloups. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 58, n. 5, p. 968-970, 1965.

MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. United States Department of Agricultural Research Service, Washington: USDA, 496 p, 1976.

MEEUSE, B.J.D. The story of pollination. New York, Ronald Press Co, 1961. 243 p.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2ª ed., Baltimore/London: Johns Hopkins Univ. Press, 2007.

MICKELIUNAS, L.; PANSARIN, E.R.; SAZIMA, M. Floral biology, melittophily and influence of curculionid beetles on the reproductive success of *Grobya amherstiae* Lindl. (*Orchidaceae: Cyrtopodiinae*). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 251-258. 2006.

MILFONT, M.D.O *et al.* Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopolination. **Environmental chemistry letters**. v. 11, n. 4, p. 335- 341, 2013.

MILLER, R.; OWENS, S.J.; RORSLETT, B. Plants and colour: Flowers and pollination. **Optics and Laser Technology**, v. 43, p. 282-294. 2011.

MORETI, A.C.C.C. **PÓLEN: Alimento protéico para as abelhas: Complemento alimentar para o homem**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/Polen/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Polen/index.htm)>. Acesso em: 30/3/2017.

MOURA, I.C; TSCHOEKE, P.H. In: 29º Seminário de Iniciação Científica da UFT. Anais. Palmas-TO, v. 5, 2013.

MUSSEN, E. C.; THORP, R. W. **Honey bee pollination of cantaloupe, cucumber and watermelon**. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 3 p. (Publication, 7224). 2003.

- MYCZKO, L. *et al.* Do queens of bumblebee species differ in their choice of flower colour morphs of *Corydalis cava* (Fumariaceae)? **Apidologie** v. 46, p. 337–345. 2015.
- NEGRI, G.; DE SANTI, D.; TABACH, R. Chemical composition of hydroethanolic extracts from *Siparuna guianensis*, medicinal plant used as anxiolytics in Amazon region. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 22, n. 5, p. 1024–1034, 2012.
- NICODEMO, D *et al.* Biologia floral em moranga (*Cucurbita maxima* Duch. var. Duch. var. “Exposição “Exposição Exposição”). **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 29, supl., p. 611-616, 2007.
- NICODEMO, D *et al.* Biologia floral de pepino (*Cucumis sativus* L.) tipo Japonês cultivado em estufa. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.35–40, 2012.
- NICOLSON, S.W.; NEPI, M.; PACINI, E. **Nectaries and Nectar**. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 2007.
- NOGUEIRA, P. V *et al.* Germinação de pólen e aplicação de ácido bórico em botões florais de nespereiras. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 9-15, 2015.
- NORRIS H. WILLIAMS, N; WHITTEN, W.M "Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade," **The Biological Bulletin** 164, no. 3 , 355-395. 1983.
- OHASHI, K.; YAHARA, T. Behavioral responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits. p. 274-296. In: Chittka L. & Thomson, J.D. (eds.) **Cognitive ecology of pollination: animal behaviour and floral evolution**. Cambridge, Cambridge University Press, 2001. 344 p.
- OHASHI, K; YAHARA, T .Effects of variation in flower number on pollinator visits in *Cirsium purpuratum* (Asteraceae). **American Journal of Botany**, v. 85, n. 2, p. 219-224, 1998.
- OLIVEIRA, F.I.C *et al.* Colheita e pós-colheita de melão. In: GUIMARÃES, M.S; ARAGÃO, F.A.S. **Produção de melão**, 2017.
- OLLERTON, J.; DAFNI, A. Functional floral morphology and phenology. Pp. 1-26. In: Dafni, A.; Kevan, P.G. & Husband, B.C. (eds.) **Practical Pollination Biology**. Enviroquest Ltd., Ontario, Canada, 2005. 590 p.
- OLLERTON, J.; TARRANT, S.; WINFREE, R. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, p. 321-326. 2011.
- ONO, A.; DOHZONO, I.; SUGAWARA, T. Bumblebee pollination and reproductive biology of *Rhododendron semibarbatum* (Ericaceae). **Journal of Plant Research** v. 121, p. 319-327. 2008.
- OWEN, C. R.; BRADSHAW, H. D. 2011. Induced mutations affecting pollinator choice in *Mimulus lewisii* (Phrymaceae). **Arthropod-Plant Interactions**, 5, 235-244.

- PAPIOREK, S.; JUNKER, R.R; LUNAU, K .Gloss, Colour and Grip: Multifunctional Epidermal Cell Shapes in Bee- and Bird-Pollinated Flowers. **PLOS ONE**. v. 9, n. 11. 2014.
- PARACHNOWITSCH, A.L.; RAGUSO, R.A.; KESSLER, A .Phenotypic selection to increase floral scent emission, but not flower size or colour in bee-pollinated *Penstemon digitalis*. **New Phytologist** v. 195, p. 667–675. 2012.
- PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. Mossoró: ESAM. 1997. 50 p.
- PELLMYR, O; THIEN, L.B. Insect reproduction and floral fragrances: keys to the evolution of the angiosperms? **Taxon**, v.35, p. 76-85. 1986.
- PETANIDOU, T *et al*. What shapes amino acid and sugar composition in Mediterranean floral nectars. **OIKOS**. v.115, p. 155-169. 2006.
- PETRY, J.F; PETRY, R; GUIMARÃES, M.G. Panorama econômico do melão no mundo e no Brasil. In: In: GUIMARÃES, M.S; ARAGÃO, F.A.S. **Produção de melão**, 2017.
- PHAM-DELEGUE, M.H *et al*. Sunflower volatiles involved in honey bee discrimination among genotypes and flowering stages. **J Chem Ecol**. v. 15, p. 329–343. 1989.
- PINHEIRO, M *et al*. Polinização por abelhas .In: RECH, A.R *et al*. **Biologia da polinização**. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro, 2014, p. 205-233.
- PITRAT, M. Melon (*Cucumis melo* L.). In: Prohens J, Nuez F (eds) Handbook of crop breeding v. I: vegetables. **Springer**, New York, p. 283–315. 2008.
- PITRAT, M. Phenotypic diversity in wild and cultivated melons (*Cucumis melo*). **Plant Biotechnology**. v. 30, p. 273–278, 2013.
- PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infraspecific classification of cultivar of melon. In: Katzir N., Paris H.S., (eds.) Proceeding of Cucurbitaceae, Máaleh Hahamisha, Israel, 19–23. **Acta Horticulturae**, 510, 29–36. 2000.
- POHL M, WATOLLA T, LUNAU K. Anther-mimicking floral guides exploit a conflict between innate preference and learning in bumblebees (*Bombus terrestris*). **Behav Ecol Sociobiol** v. 63, p. 295–302. 2008.
- POTTER, C.F.; R.I. BERTIN, Amino acids in artificial nectar: feeding preferences of the flesh fly *Sarcophaga bullata*. **American Midland Naturalist**, p. 156-162. 1988.
- RAGUSO, R.A. Wake up and smell the roses: The ecology and Evolution of floral scent. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** v. 39, p. 549–69. 2008.

RAINE, N.E; CHITTKA, L. The Adaptive Significance of Sensory Bias in a Foraging Context: Floral Colour Preferences in the Bumblebee *Bombus terrestris*. **PLoS ONE**, v. 2, n. 6, p. 556, 2007.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 2001.

RECH, A. R *et al.* **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural. 2014.

RECH, A. R.; BERGAMO, P. J.; FIGUEIREDO, R. A. Polinização abiótica. In: RECH, A.R *et al.* **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014, p. 183-204.

REYES-CARRILLO, J.L *et al.* .Pollen collection and honey bee forager distribution in cantaloupe. **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) v. 23, n. 1, p. 29-36. 2007.

REYES-CARRILLO, J.L; CANO-RÍOS, P. **Manual de polinización apícola**. Programa nacional para el control de la abeja africana. Instituto Interamericano para La Cooperación Agrícola, 2002. 52p.

REYES-CARRILLO, J.L; CANO-RÍOS, P; NAVA-CAMBEROS, U. Período óptimo de polinización del melón con abejas melíferas (*Apis mellifera* L.). **Agricultura Técnica en México** Vol. 35 Núm.4 1. p. 370-377. 2009.

REYES-CARRILLO, M.C.J.L.; CANO-RÍOS, P. Honeybee distribution in the melon crop (*Cucumis melo* L) and their relationship with yield and quality. Tropical Beekeeping: Research and Development for Pollination and Conservation. Conference 22-25 February, **Anais...** San José, Costa Rica. 2004.

RIBEIRO, M. DE F *et al.* Honey bees (*Apis mellifera*) visiting flowers of yellow melon (*Cucumis melo*) using different number of hives. **Ciência Rural**. v. 45, n. 10 p. 1768-1773, 2015.

RIBEIRO, M.F *et al.* Resource collection by honeybees (*Apis mellifera*) on yellow melon (*Cucumis melo*) flowers. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 4, p. 15-20, 2017.

RICKETTS, T. H. *et al.* Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

RIFFELL, J. A *et al.* Neural basis of a pollinator's buffet: olfactory specialization and learning in *Manduca sexta*. **Science**, v. 339, p. 200-204. 2012.

RIFFELL, J.A *et al.* Neural basis of a pollinator's buffet: olfactory specialization and learning in *Manduca sexta*. **Science**. v. 339, n. 6116, p. 200–204. 2013.

RODRIGO GÓMEZ, S. Small sweat bees (Hymenoptera: Halictidae) as potential major pollinators of melon (*Cucumis melo*) in the Mediterranean. **Entomological Science**, v. 19, p. 55–66, 2016.

RODRIGUEZ-SAONA, C *et al.* Variation in highbush blueberry floral volatile profiles as a function of pollination status, cultivar, time of day and flower part: implications for flower visitation by bees. **Annals of Botany**. v. 107, p. 1377–1390, 2011.

ROHDE K, PAPIOREK S, LUNAU K. Bumblebees (*Bombus terrestris*) and honeybees (*Apis mellifera*) prefer similar colours of higher spectral purity over trained colours. **J Comp Physiol A** v. 199, p. 197–210. 2013.

ROULSTON, T.H.; CANE, J.H. The effect of pollen protein concentration on body size in the sweat bee *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Apiformes). **Evolutionary Ecology**, v.16, p.49-65, 2002.

SABATO, D *et al.* Seeds morpho-colourimetric analysis as complementary method to molecular characterization of melon diversity. **Scientia Horticulturae**, v. 192, p. 441-452. 2015.

SACHER, R .Are you seeing the world through rose colored glasses? Factors Affecting Color in Waterlily Flowers. **WGI Online Journal**. v. 4, n. 2, 2009.

SACHSE, S; GALIZIA, C.G The coding of odour intensity in the honeybee antennal lobe: local computation optimizes odour representation. **Eur J Neurosci** 18: 2119–2132. 2003.

SAMANTA, A.; DAS, G.; DAS, S. Roles of flavonoids in Plants. **International Journal of pharmaceutical science and technology**. v. 6, p. 12-35. 2011.

SCHIESTL, F.P. The evolution of floral scent and insect chemical communication. *Ecology Letters*, v. 13, 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.

SEELEY, T. D. **Ecologia da abelha: um estudo de adaptação na vida social**. Porto Alegre: Paixão, 2006.

SHEPHERD, M.; BUCHMANN, S.; VAUGHAN, M.; BLACK, S. **Pollinator Conservation Handbook: A Guide to Understanding, Protecting, and Providing Habitat for Native Pollinator Insects**, Portland, OR: The Xerces Society for Invertebrate Conservation, 2003. 145 p.

SHIMOJI, H.; YAMASAKI, H. Inhibitory effects of flavonoids on alternative respiration of plant mitochondria. **Biologia Plantarum**. v. 49, n. 1, p. 117-119, 2005.

SILVA, D.F *et al.* Viabilidade polínica e quantificação de grãos de pólen em espécies de *fisális*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 365-373, 2017.

**SILVA, H. R.; COSTA, N. D.** (Ed.); Melão: produção aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças; Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2003. (Frutas do Brasil, 33).

- SILVA, J.C.D.V; GUIMARÃES, M.A; ARAGÃO, F.A.S. Tipos Comerciais e Cultivares. In: In: GUIMARÃES, M.S; ARAGÃO, F.A.S. **Produção de melão**, 2017.
- SINGH, B.; PARWATE, D.V.; SHUKLA, S.K. Radiosterilization of fluoroquinolones and cephalosporins: Assessment of radiation damage on antibiotics by changes in optical property and colorimetric parameters. **AAPS PharmSciTech**, v. 10, n. 1, 2009.
- SINGH, J; YADAV, S; CHHUNEJA, P.K. Foraging behaviour and role of *Apis mellifera* Linnaeus in pollination of *Cucumis melo* L. **J. Exp. Zool. India**. v. 17, p. 213-217, 2014.
- SIQUEIRA, K. M. M *et al.* Comparação do padrão de floração e de visita-ção do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 473-478, out. 2011.
- SIQUEIRA, K. M. M *et al.* Effect of agrochemicals on the pattern of visitation of honey bees (*Apis mellifera*) in melon (*Cucumis melo*) flowers in Brazilian Northeast. **Julius KühnArchiv**, n. 437, p. 180-183, 2012.
- SIQUEIRA, K.M.M *et al.* Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 473-478, 2011.
- SONG, B *et al.* New pollinating seed-consuming mutualism between *Rheum nobile* and a fly fungus gnat, *Bradysia* sp., involving pollinator attraction by a specific floral compound. **New Phytologist** v. 203, p. 1109–1118. 2014.
- SOTO, V.C *et al.* Direct analysis of nectar and floral volatile organic compounds in hybrid onions by HS-SPME/GC-MS: relationship with pollination an seed production. **Microchemical Journal**, v. 122, p. 110-118. 2015.
- SOUSA, R. M. Período de introdução de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para polinização de melão amarelo (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde**, Pombal - PB, v 9 , n. 4, p. 01 - 04, 2014.
- SOUSA, R.M *et al.* Grazing behavior of Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) In flowers of yellow melon (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde**, v. 7, n. 1, p. 233-238, 2012.
- SOUSA, R.M *et al.* Requerimento de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú – Ce- Brasil. **Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 238-242, 2009.
- SOUSA, R.M. **Polinização do Meloeiro (*Cucumis melo* L.) por Abelhas Melíferas (*Apis mellifera* L.): Requerimentos da Cultura e Manejo de Colônias**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, 2003.
- STAUB, J. E.; ROBBINS, M. D.; LÓPEZ-SESÉ, A. I. Molecular methodologies for improved genetic diversity assessment in cucumber and melon. In: J. D. Creight, ed., Proceedings XXVI IRC. Horticulture: Art and science for life Advances in vegetable Breeding. **Acta Horticulturae**, n. 642, p. 41-47, 2002.

- STOLKER, R.** Rose petal color determination -Tools to determine petal color in a segregating population. Plant Sciences Group - Wageningen University & Research Center Plant Breeding. 2009.
- STRAUSS, S.Y.; WHITTALL, J.B. Non-pollinator agents of selection on floral traits. p. 120-138. In: Harder L.D. & Barrett, S.C.H. (eds.) **Ecology and evolution of flowers**. Oxford, Oxford University Press. 2006. 370 p.
- TAHA, E.A.; BAYOUMI, Y.A. The value of honey bees (*Apis mellifera*, L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatus colothynthoides* L.) in Egypt. **Acta Biologica Szegediensis, Szeged**, v.53, n.1, p.33-37, 2009.
- TANAKA, Y.; BRUGLIERA, F. **Flower colour**. p. 201-239. In: Ainsworth, C. (ed.) Flowering and its manipulation. Ashford, Blackwell Publishing, 2006. 320 p.
- TANGHELLINI, M.S.; SCHLTHEIS, J.R. Variability in staminate flower and pollen grain production of diploid watermelons. **HortScience**. v. 40, n. 3, p. 752-755. 2005.
- THIEN, L.B *et al.* Pollination biology of basal angiosperms (ANITA grade). **American Journal of Botany**, v. 96, p. 166-182. 2009.
- TIAGO, A. V *et al.* Vivabilidade Polínica e Receptividade Estigmática em Variedades de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia**, v.10, n.19; p.1957, 2014.
- TIEDGE, K.; LOHAUS, G. Nectar sugars and amino acids in day- and night-flowering *Nicotiana* species are more strongly shaped by pollinators' preferences than organic acids and inorganic ions. **PLoS ONE** v. 12, n. 5, 2017.
- TRINDADE, M.S.A *et al.* Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.1. 2004.
- TRUCHADO, P.; FERRERES, F.; TOMAS-BARBERAN, F. A. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry reveals the widespread occurrence of flavonoid glycosides in honey, and their potential as floral origin markers. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 43, p. 7241–7248, 2009.
- VAISSIÈRE, B.E.; FREITAS, B.M.; GEMMILL-HERREN, B. **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use**. Food and agriculture Organization of the United Nations, Rome. 71p. 2011.
- VALTUENA, F.J.; ORTEGA-OLIVENCIA, A.; RODRIGUEZ-RIANO, T. Nectar production in *Anagyris foetida* (Fabaceae): Two types of concentration in flowers with hanging droplet. **International Journal of Plant Sciences** v. 168p. 627-638. 2007.
- VAN DER PIJL, K. Ecological aspects of flower evolution I: phyletic evolution. **Evolution**, v. 14, p. 403-416. 1960.

VARASSIN, I. G; AMARAL-NETO, L. P. Atrativos. In: RECH, A.R *et al.* **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 151-168.

VARASSIN, I.G.; TRIGO, J.R.; S AZIMA M. The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (*Passifloraceae*) in south-eastern Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 136, p. 139-152. 2001.

VARASSIN, I.G; AMARAL-NETO, L.P. Atrativos. In: RECH, A.R *et al.* **Biologia da polinização**. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro. 2014. 524p.

VIDAL, M.G *et al.* Nectar and pollen production in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). **Revista Brasileira de Botânica** v. 29, p. 267-273. 2006.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; TEIXEIRA, F. C. **Alimentos funcionais: conceitos básicos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.

VOROBYEV, M.; MENZEL, R. **Flower advertisement for insects: bees, a case study**. In: Archer SN, Djamgoz MBA, Loew ER, Partridge JC, Vallerga S (eds) Adaptive mechanism in the ecology of vision. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands,. 1999. p. 537–553.

WADHAMS, L. J *et al.* Discrimination of oilseed rape volatiles by honey bee: Novel combined gas chromatographic-electrophysiological behavioral assay. **J. Chem. Ecol.** v. 20, p. 3221-3231. 1994.

WEISS, M. R. Floral color change as cues for pollinator. **Nature**, v. 351, p. 227–229, 1991.

WEISS, M.R. Vision and learning in some neglected pollinators: beetles, flies, moths, and butterflies. p. 171-190. In: Chittka, L. & Thomson, J.D. (eds.) **Cognitive ecology of pollination: animal behaviour and floral evolution**. Cambridge, Cambridge University Press,. 2001. 344 p.

WESTERKAMP, C. Flores e abelhas na disputa. **Ciência Hoje**, v. 34, p. 66-68. 2004.

WESTERKAMP, C. Pollen in bee-flower relations: Some considerations on melittophily. **Botanica Acta**, v. 109, p. 325-332. 1996.

WESTERKAMP, C.; Classen-Bockhoff, R. Bilabiate flowers: the ultimate response to bees? **Annals of Botany**, v. 100, p. 1-14. 2007.

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

WILLMER, P. Advertisements I: Visual signals and floral color. In: P. Willmer (ed.) **Pollination and Flower Ecology**. New Jersey, Princeton University Press. 2011.

WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee**. London, England: Harvard University Press, 281p. 2003.

- WITTER *et al.* **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. 143 p.
- WOLF, S.; LENSKEY, Y.; PALDI, N. Genetic Variability in Flower Attractiveness to Honeybees (*Apis mellifera* L.) within the Genus *Citrullus*. **Hortscience**, v. 34, p. 860-863, 1999.
- WOLFF, D. Nectar sugar composition and volumes of 47 species of *Gentianales* from a southern Ecuadorian montane forest. **Ann Bot.** v. 97, n. 5, p. 767-77. 2006.
- WOODCOCK, T.S. **Pollination in the agricultural landscape: best management practices for crop pollination**. Guelph: University of Guelph, 2012. 113 p.
- WRATTEN, S. D *et al.* Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. **Agriculture, Agrosystems and Environmental**. v. 159, p. 112-122, 2012.
- WRIGHT, G.A.; SCHIESTL, F.P. The evolution of floral scents: the influence of olfactory learning by insect pollinators on the honest signaling of floral rewards. **Functional Ecology**, v. 23, p. 841-851. 2009.
- WRIGHT, G.A.; SKINNER, B.D.; SMITH, B.H. Ability of honeybee, *Apis mellifera*, to detect and discriminate odors of varieties of canola (*Brassica rapa* and *Brassica napus*) and snapdragon flowers (*Antirrhinum majus*). **J Chem Ecol** v. 28, p. 721–740. 2002.
- WRONA, M. *et al.* Ultra high performance liquid chromatography coupled to quadruple time-of-flight with MS E technology used for qualitative analysis of non-volatile oxidation markers in sliced packed mushrooms (*Agaricus Bisporus*). **Journal of Chromatography A**, v. 1432, p. 73–83, 2016.
- YAN, J *et al.* Pollinator responses to floral colour change, nectar, and scent promote reproductive fitness in *Quisqualis indica* (Combretaceae). **Sci Rep.** v. 13, n. 6, p 24408. 2016.

**ANEXO A- CROQUI DA AREA EXPERIMENTAL IMPLANTADA NO CAMPO EXPERIMENTAL DE PACAJUS EM 2015, COMPOSTA PELOS CINCO DIFERENTES TIPOS DE MELOEIRO E SEUS RESPECTIVOS HÍBRIDOS COMERCIAIS.**

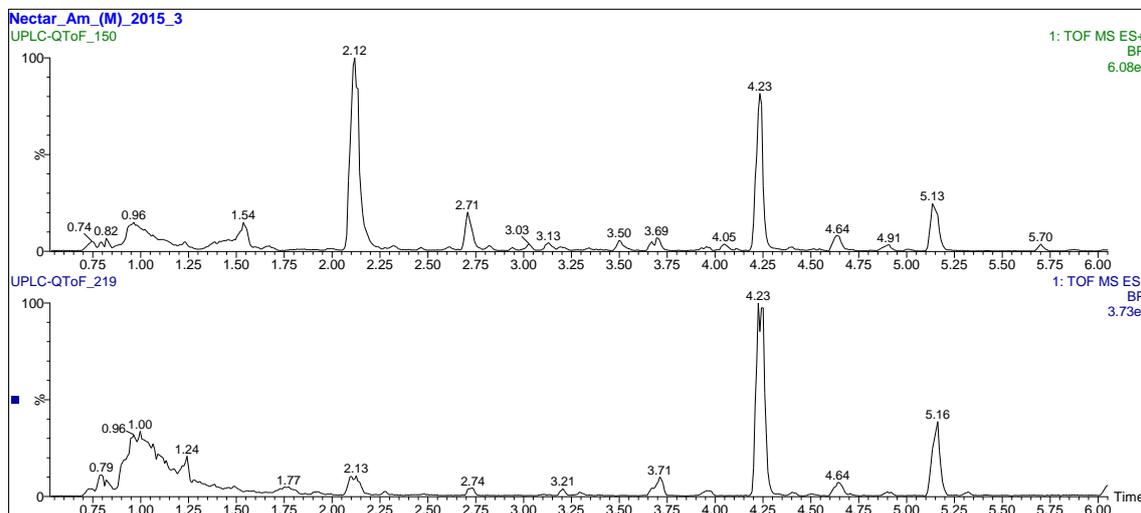
<b>Zelda - Ca</b>	<b>Ricura - Ps</b>	<b>1</b>
<b>Goldex - Am</b>	<b>McLaren - Ga</b>	<b>2</b>
<b>McLaren - Ga</b>	<b>Zelda - Ca</b>	<b>3</b>
<b>Ricura - Ps</b>	<b>Goldex - Am</b>	<b>4</b>
<b>Zelda - Ca</b>	<b>Banzai - Ch</b>	<b>5</b>
<b>Goldex - Am</b>	<b>Ricura - Ps</b>	<b>6</b>
<b>Banzai - Ch</b>	<b>McLaren - Ga</b>	<b>7</b>
<b>McLaren - Ga</b>	<b>Goldex - Am</b>	<b>8</b>
<b>Ricura - Ps</b>	<b>Banzai - Ch</b>	<b>9</b>
<b>Banzai - Ch</b>	<b>Zelda - Ca</b>	<b>10</b>
<b>Ricura - Ps</b>	<b>Goldex - Am</b>	<b>11</b>
<b>Zelda - Ca</b>	<b>Banzai - Ch</b>	<b>12</b>
<b>Goldex - Am</b>	<b>McLaren - Ga</b>	<b>13</b>
<b>Banzai - Ch</b>	<b>Ricura - Ps</b>	<b>14</b>
<b>McLaren - Ga</b>	<b>Banzai - Ch</b>	<b>15</b>
<b>Banzai - Ch</b>	<b>Zelda - Ca</b>	<b>16</b>
<b>Zelda - Ca</b>	<b>McLaren - Ga</b>	<b>17</b>
<b>Ricura - Ps</b>	<b>Goldex - Am</b>	<b>18</b>
<b>McLaren - Ga</b>	<b>Zelda - Ca</b>	<b>19</b>
<b>Goldex - Am</b>	<b>Ricura - Ps</b>	<b>20</b>

Am - Melão tipo Amarelo;  
 Ca - Melão tipo Cantaloupe;  
 Ch - Melão tipo Charentais;  
 Ga - Melão tipo Gália;  
 Ps - Melão tipo Pele de sapo.

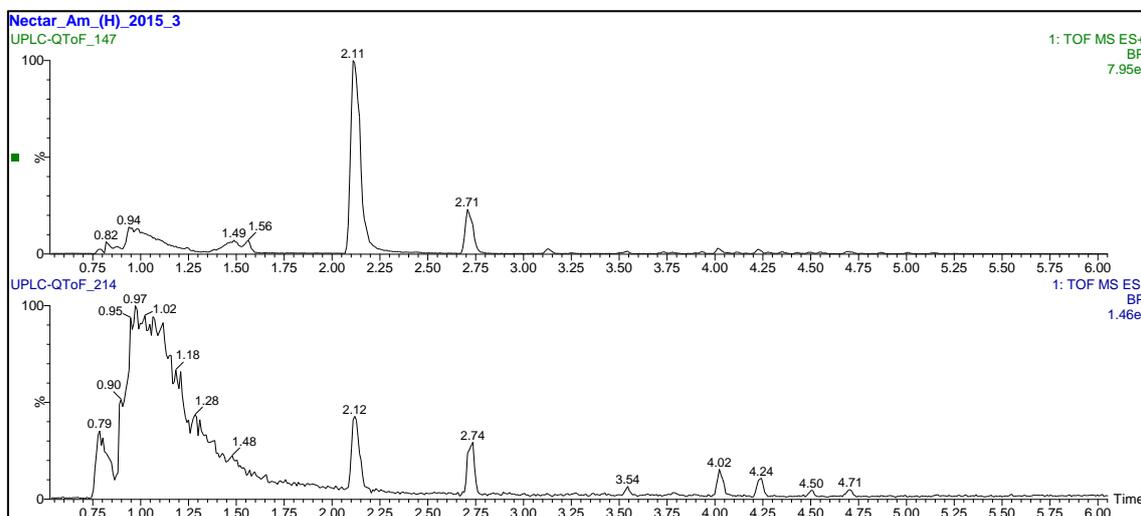
Goldex – Híbrido tipo Amarelo;  
 Zelda - Híbrido tipo Cantaloupe;  
 Banzai - Híbrido tipo Charentais;  
 McLaren - Híbrido tipo Gália;  
 Ricura - Híbrido tipo Pele de sapo.

## ANEXO B- CROMATOGRAMAS DAS AMOSTRAS DE NÉCTAR E TENTATIVA DE IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES ENCONTRADOS NÉCTAR DAS FLORES NOS DIFERENTES TIPOS DE MELOEIRO.

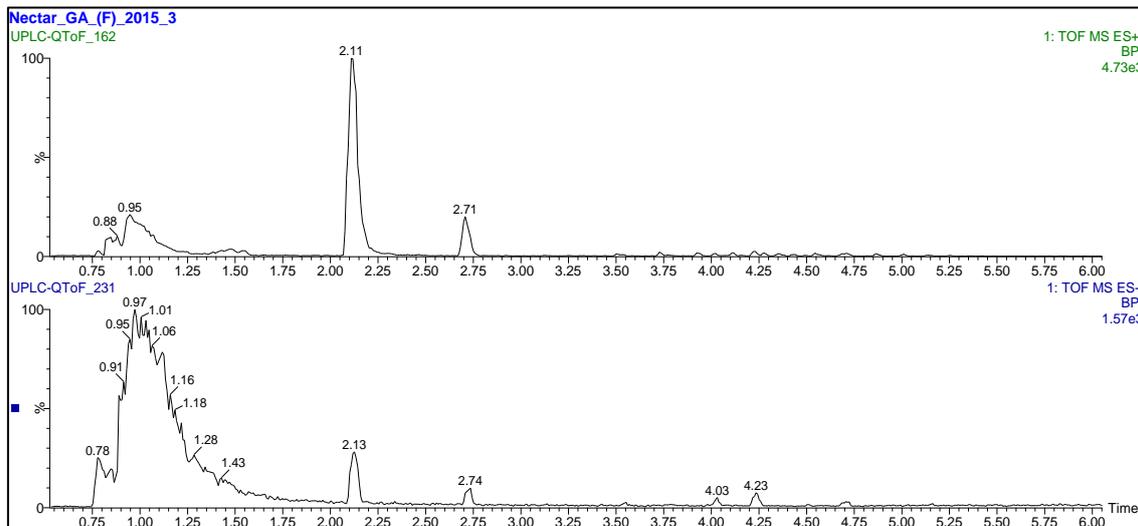
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor masculina no meloeiro tipo Amarelo em Pacajus-CE, 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



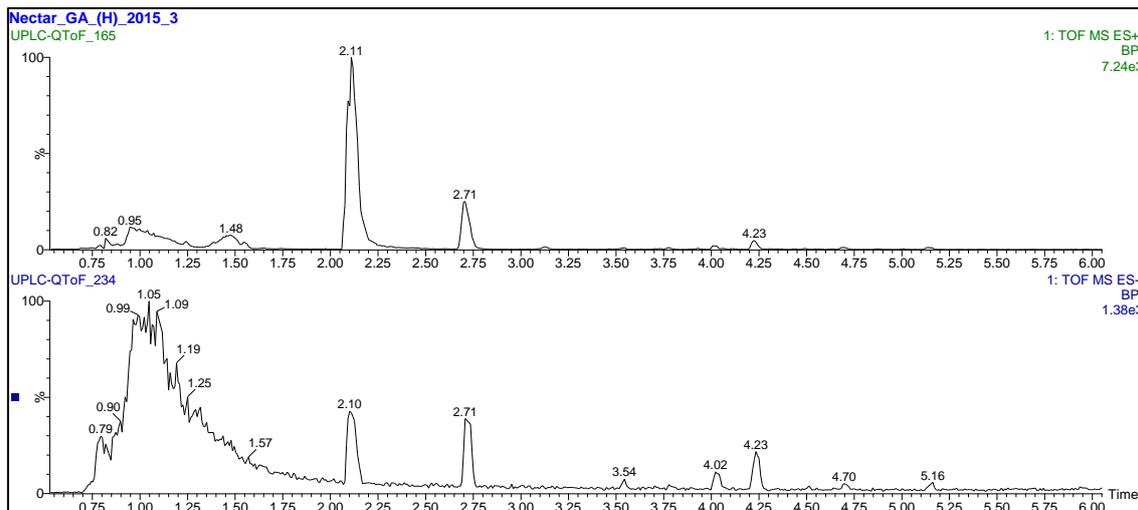
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor hermafrodita no meloeiro tipo Amarelo em Pacajus-CE, 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



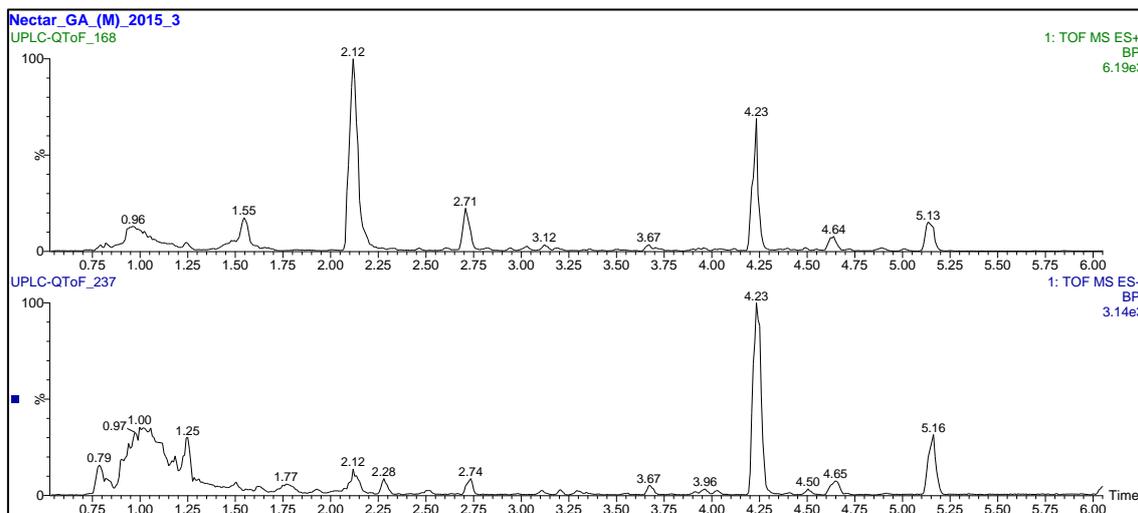
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor feminina no meloeiro tipo Gália em Pacajus-CE , 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



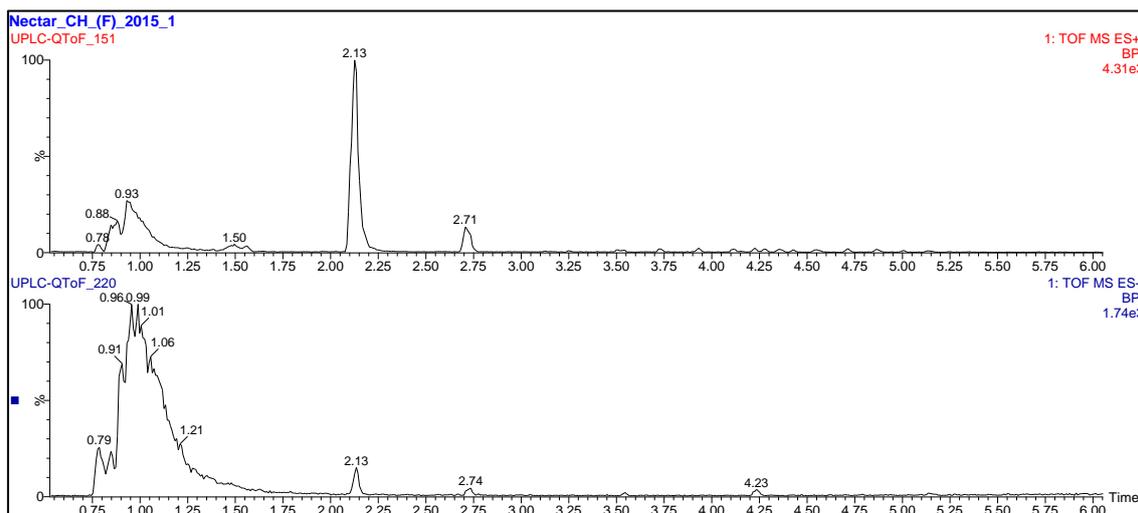
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor hermafrodita no meloeiro tipo Gália em Pacajus-CE , 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



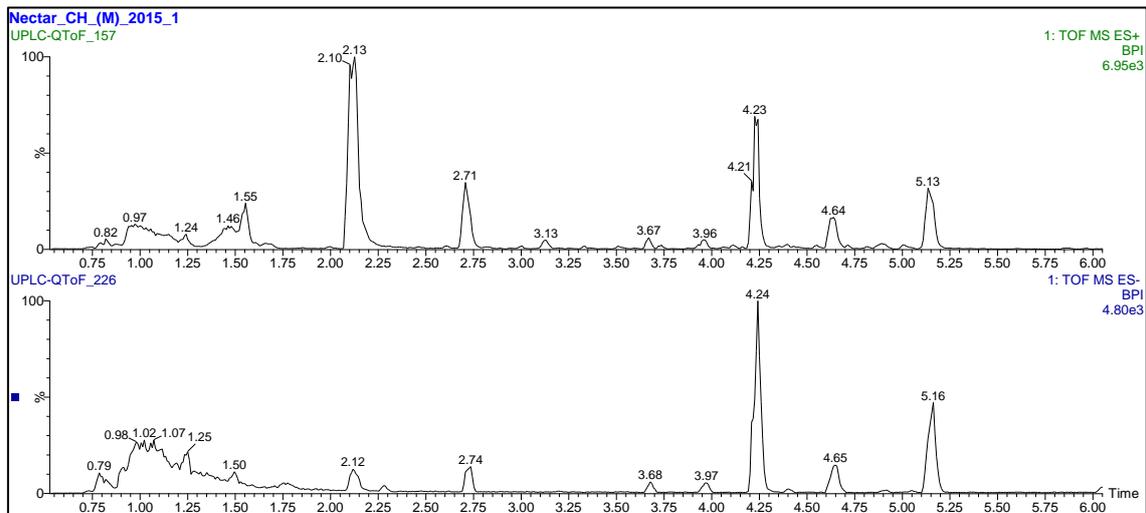
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor masculina no meloeiro tipo Gália em Pacajus-CE , 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



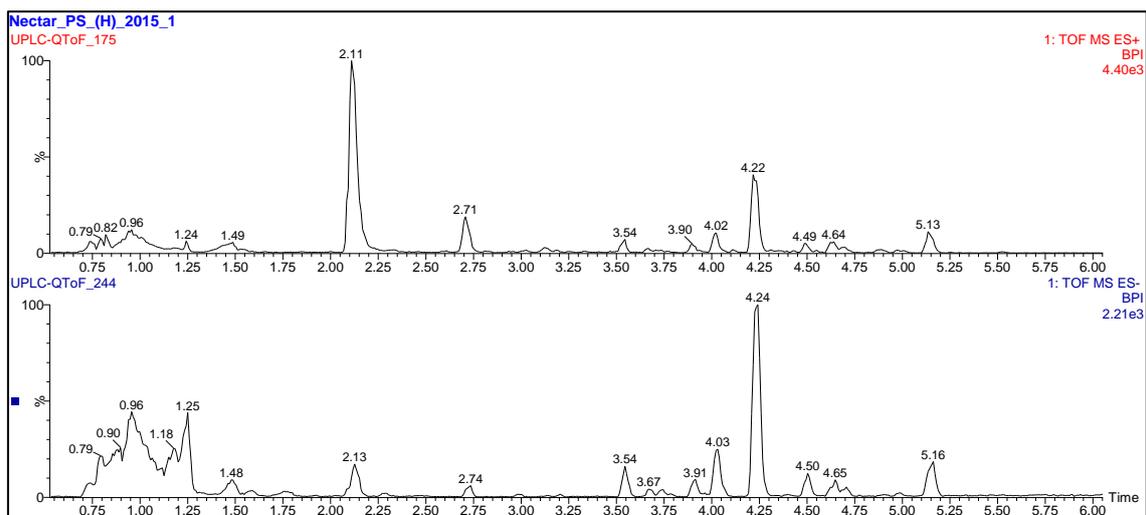
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor feminina no meloeiro tipo Charentais em Pacajus-CE , 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



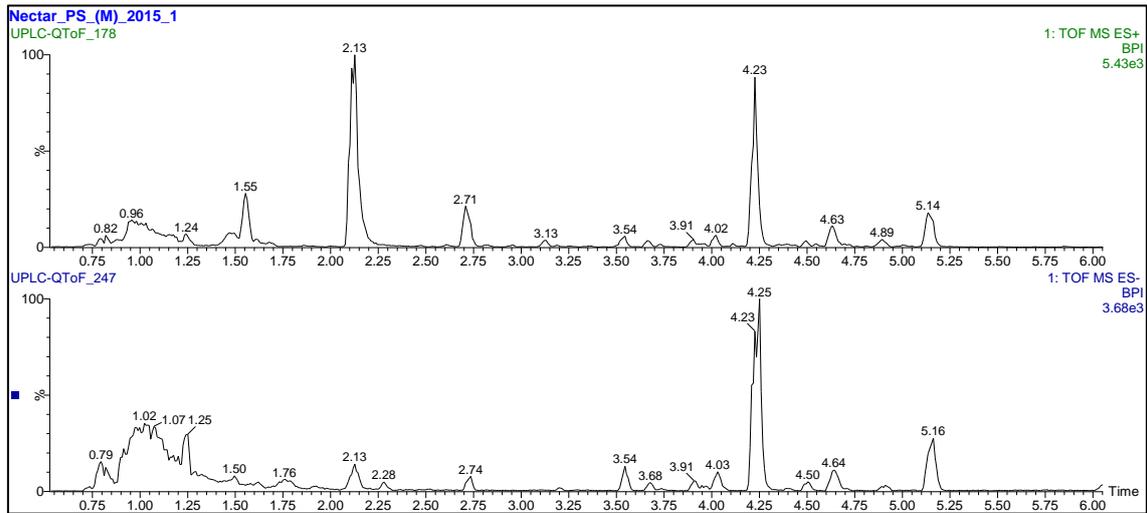
Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor masculina no meloeiro tipo Charentais em Pacajus-CE , 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor hermafrodita no meloeiro tipo Pele de sapo em Pacajus-CE , 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



Cromatogramas da amostra de néctar coletada em flor masculina no meloeiro tipo Pele de sapo em Pacajus-CE, 2015, ESI<sup>+</sup> acima e ESI<sup>-</sup> abaixo.



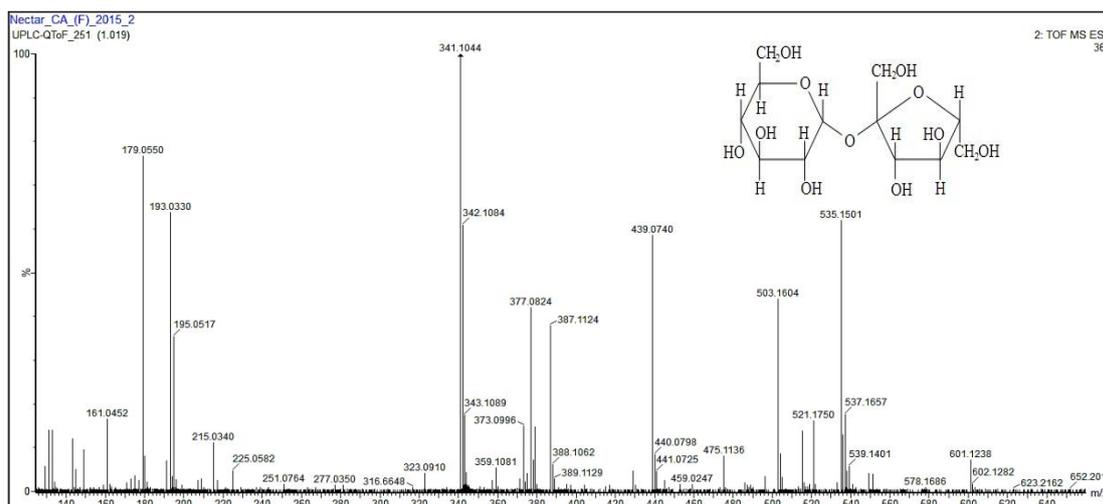
### Tentativa de Identificação dos componentes encontrados no nectar das flores de meloeiro

O pico 1,  $t_r$  de 0.79 minutos e o pico 2,  $t_r$  0.82 minutos, tratam-se de moléculas não identificadas e não possuem nenhuma referência na literatura. O composto 1 possui fragmentações em  $m/z$  264.9342; 180.9737 e 112.9844. E o composto 2 possui fragmentações em  $m/z$  383.1103; 219.0258 e 203.0513. Essas moléculas não foram detectadas no modo positivo.

O pico 3,  $t_r$  1.01 minutos, possui  $[M-H]^-$  341.1054 foi identificado como sacarose, cuja fórmula molecular é  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , é descrito no artigo de Farag; Mohsen (2014). O espectro de segunda ordem apresenta apresentou íon de  $m/z$  179.0541 que foi gerado pela perda de um grupo D-galactopiranosil ( $C_6H_{11}O_5$ ). E o íon de  $m/z$  161.0466 foi gerado pela perda de uma glicose. A presença de sacarose na amostra também foi confirmada pelo modo de ionização positivo, apresentou fragmentações semelhantes, acrescentando-se o íon  $m/z$  325.1106, gerado pela perda de uma molécula de água.

O pico 4,  $t_r$  de 1.24 minutos, possui  $[M-H]^-$  341.1085 Da também foi identificado como um isômero da sacarose anteriormente identificada, já que possuem os mesmos fragmentos e o que muda entre eles é o tempo de retenção. Foram detectados fragmentos semelhantes apresentando um íon fragmento de  $m/z$  179.0553.

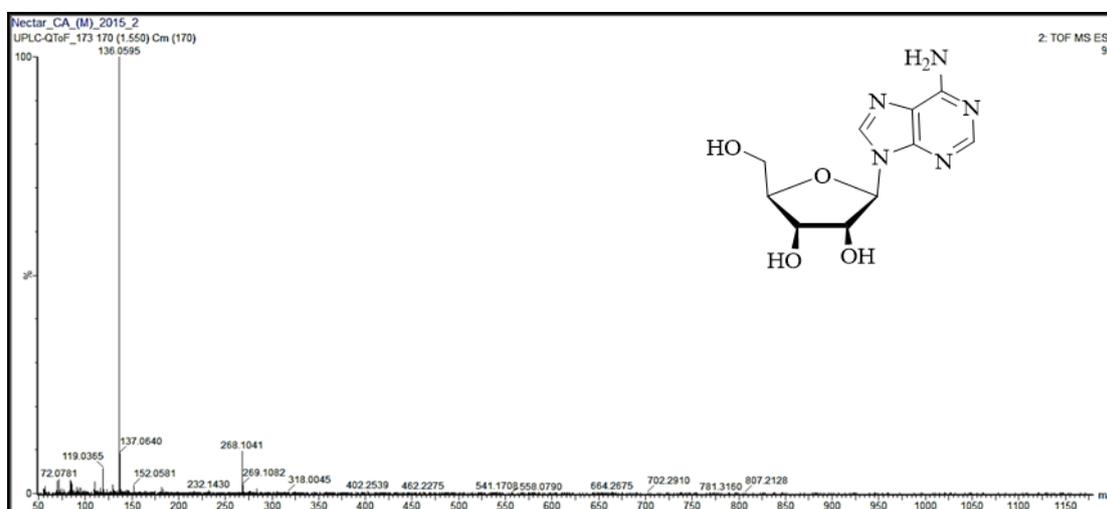
### Espectro MS/MS do composto 3 – sacarose isômero I, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 5,  $t_r$  1.45 minutos, possui  $[M-H]^-$  180.0656 foi identificado como tirosina, cuja fórmula molecular é  $C_9H_{11}NO_3$ . O íon de  $m/z$  163.0383 foi gerado pela perda de um grupo OH. A presença de tirosina na amostra foi confirmada também em modo de ionização positivo, e foi descrito no artigo de Holme *et al.* (2002), com fragmentações semelhantes.

O pico 6,  $t_r$  1.54 minutos, possui  $[M+H]^+$  268.1032, observada apenas no modo de ionização positivo, ainda não foi relatada na literatura seu espectro de MS e MS<sup>2</sup>. Porém, essa molécula possui fragmentação característica, o íon  $m/z$  136.0580 pode ser atribuída tentativamente a adenina que é uma base nitrogenada. Então sugere-se que esse composto seja adenosina que é um nucleosídeo, formado pela união de uma adenina e uma ribose. A adenosina é apenas detectada em modo positivo. A fórmula molecular da adenosina é C<sub>10</sub>H<sub>13</sub>N<sub>5</sub>O<sub>4</sub>.

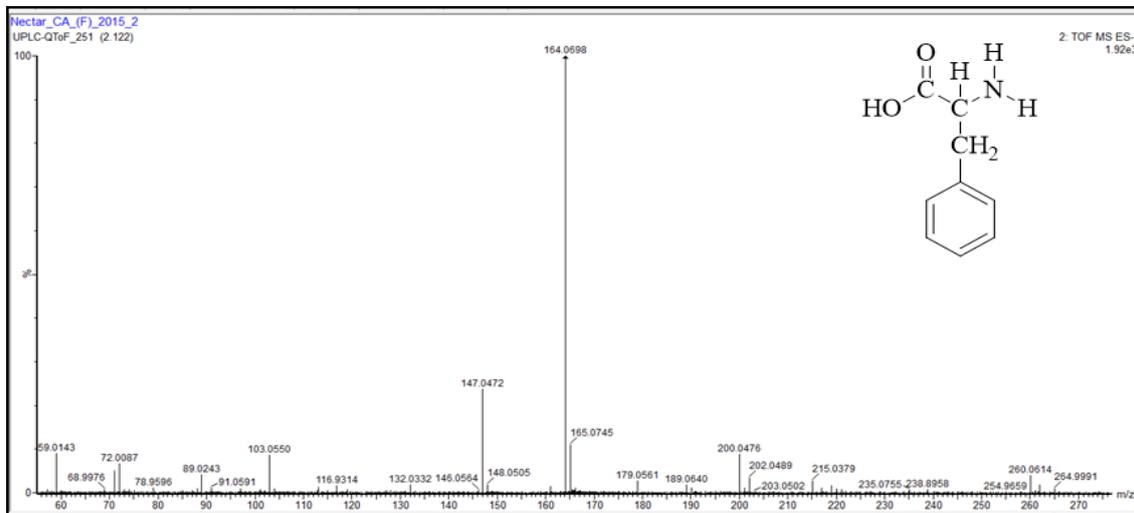
Espectro MS/MS do composto 6 – adenosina, isolado do néctar da flor masculina de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 7,  $t_r$  1.79, trata-se de uma molécula não identificada, com  $[M-H]^-$  341.0877, e não citada em nenhuma referência. Essa molécula apresenta fragmentações em  $m/z$  283.0724; 179.0474 e 113.0236. O composto não foi detectado em modo positivo.

O pico 8,  $t_r$  2.13 minutos, foi identificado como o aminoácido fenilalanina,  $[M-H]^-$  164.0712, cuja fórmula molecular é C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>2</sub>. O fragmento que deu origem ao pico  $m/z$  147.0471 foi relativo a perda de um grupo OH. Wrona *et al.* (2016), reporta a identificação desse aminoácido tanto pelo modo de ionização positivo quanto negativo. A presença de fenilalanina foi confirmada pelo modo de ionização positiva, com fragmentações semelhantes, acrescentando-se o íon  $m/z$  120.0779 gerado pela perda de CHO<sub>2</sub>.

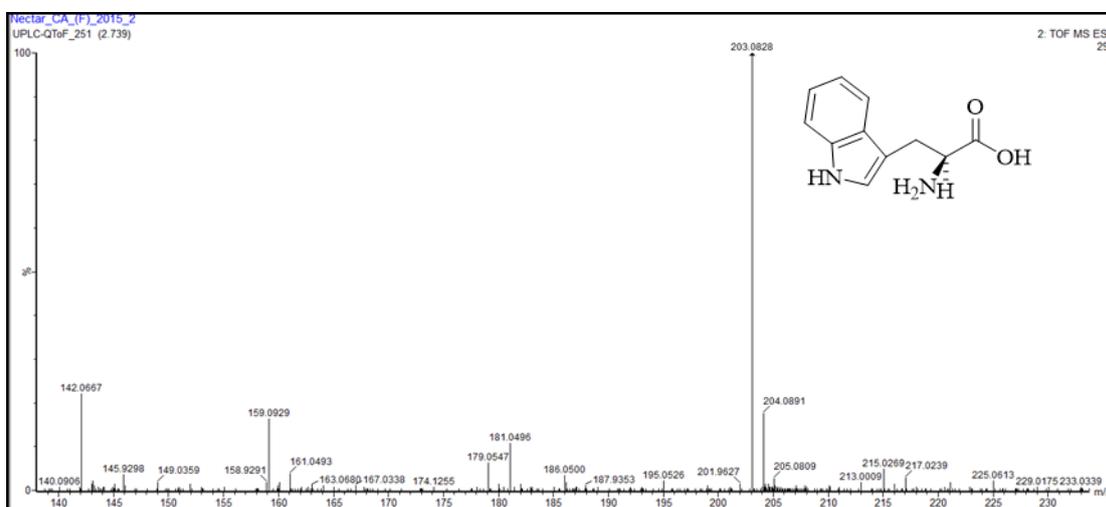
Espectro MS/MS do composto 8 – fenilalanina, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 9,  $t_r$  2.28 minutos, não foi identificado e não possui nenhuma referência na literatura a seu respeito. Possui fragmentações em  $m/z$  341.1017, 304.0214 e 203.0813. O composto não foi detectado no modo positivo.

O pico 10,  $t_r$  2.71 minutos, foi descrito por Wrona *et al.* (2016) e identificado como o aminoácido triptofano  $[M-H]^-$  203.0818 e  $[M+H]^+$  205.0973, cuja fórmula molecular é  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ . Os fragmentos  $m/z = 186.0612$  e  $188.0688$  são gerados pela perda de um grupo OH. No modo de ionização positivo, houve o surgimento de outra fragmentação com  $m/z$  159.0897 Da devido à perda de um grupo  $CHO_2$ .

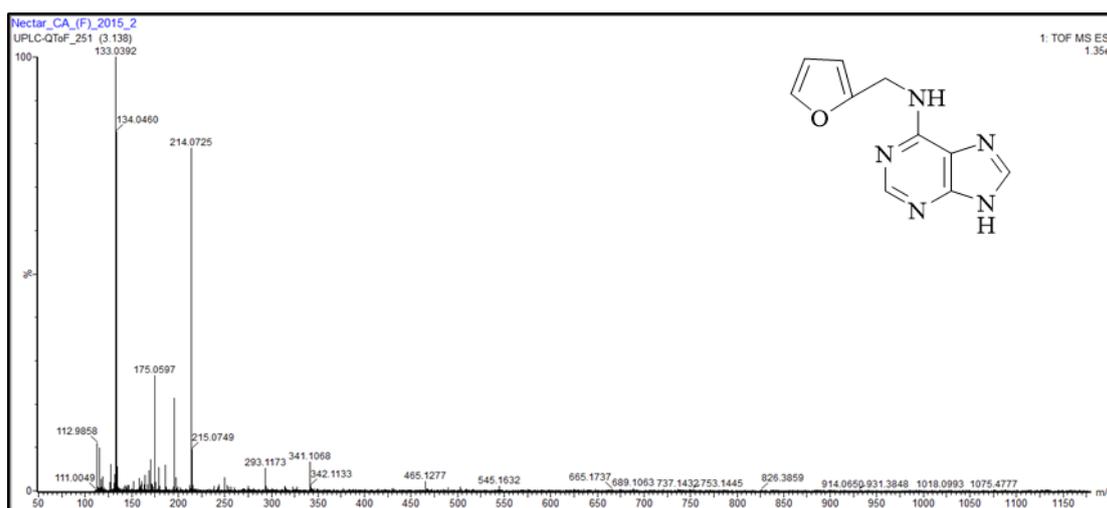
Espectro MS/MS do composto 10 – triptofano, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 11,  $t_r$  3.12 minutos, apresenta íon precursor  $[M+H]^+$  295.1301, trata-se de uma molécula não identificada, além de não possuir referência na literatura. Possui fragmentações em  $m/z$  232.1042; 166.0861 e 120.0828. O composto foi detectado, apenas, no modo positivo.

O pico 12,  $t_r$  3.13 minutos, possui  $[M-H]^-$  214.0734 foi identificado como o hormônio cinetina, cuja fórmula molecular é  $C_{10}H_9N_5O$ , a molécula foi identificada em comparação com o padrão analítico. O espectro de segunda ordem apresentou fragmento  $m/z$  133,0392 representa relativo à perda de um radical 2-metilfurano ( $C_5H_5O$ ) e o fragmento  $m/z$  112.9859, característico desse hormônio. A presença desse composto no néctar foi confirmado pelo modo de ionização positivo, porém com outros padrões de fragmentações. Em ambos os casos  $ESI^+$  e  $ESI^-$  os fragmentos foram compatíveis com o padrão analítico.

Espectro MS/MS do composto 12 – cinetina, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

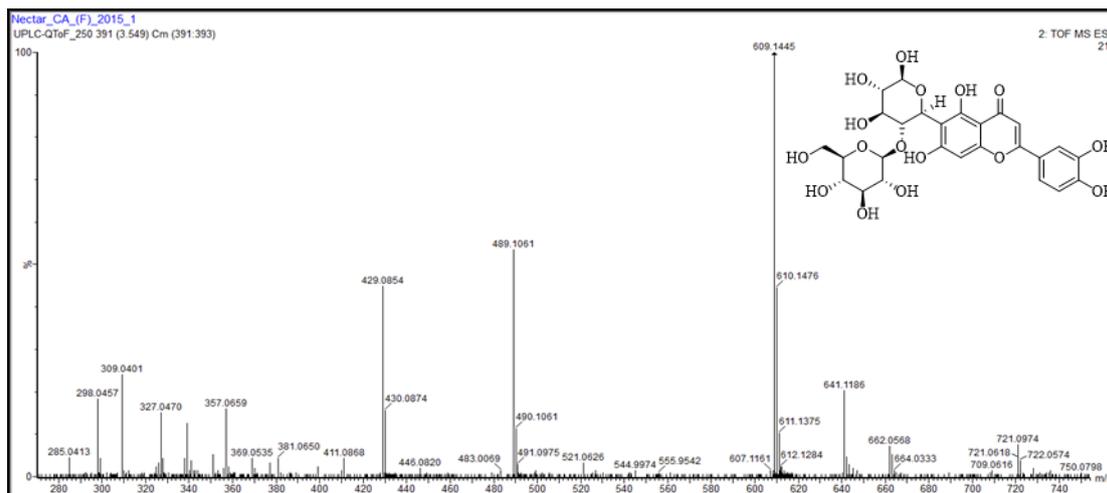


Os picos 13 e 14, referencem-se à moléculas não identificada. O pico 13,  $t_r$  3.20 minutos, é visto apenas no modo negativo com íon precursor  $[M-H]^-$  495.2447 e íons fragmentos de  $m/z$  430.2372 e 341.1127. E o composto 14,  $t_r$  3.51 minutos, detectado apenas no modo de ionização positivo  $[M+H]^+$  303.0489, com íons fragmentos em  $m/z$  251.1001 e 120.0787.

O composto 15,  $t_r$  3.54 minutos, foi descrito por Negrimet *al.* (2012) e identificado como isoorientina-2''-*O*-glicosídeo, apresentando íon molecular de  $[M-H]^-$  609.1460 Da e  $[M+H]^+$  611.1600 Da, cuja fórmula molecular é  $C_{27}H_{30}O_{16}$ . De acordo com os autores, o íon fragmento de  $m/z$  429.0959  $[(M-H)-180]^-$  indica a fragmentação da porção de açúcar (glicose) a partir da *O*-glicosídeo. A característica do íon (aglicona +41– 18) para esse tipo de

flavanóide foi detectada na  $m/z$  309.0422, que corrobora com a *O*-glicosilação na posição 2''-luteolina como aglicona. A perda de 120 e 180 ( $m/z$  489.1017 e 429.0959) é significativa para diglicosídeos como sophoroside (1-2 ligações entre duas moléculas de glicose).

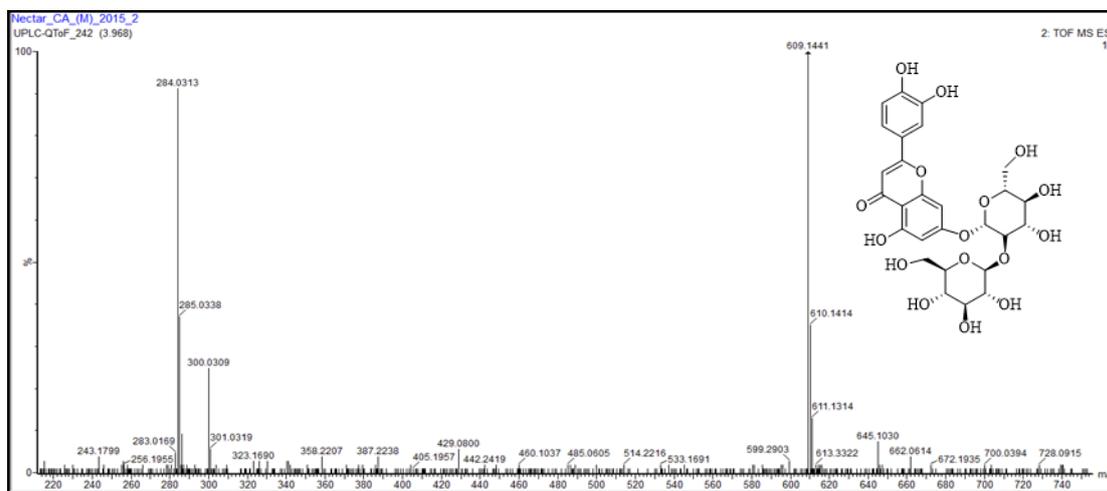
Espectro MS/MS do composto 15 – isorientina-2''-*O*-glicosídeo, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 16,  $t_r$  3.66 minutos, não foi identificado em nenhuma referência. Possui fragmentações em  $m/z$  251.1001 e 120.0787. Apenas é detectado no modo positivo.

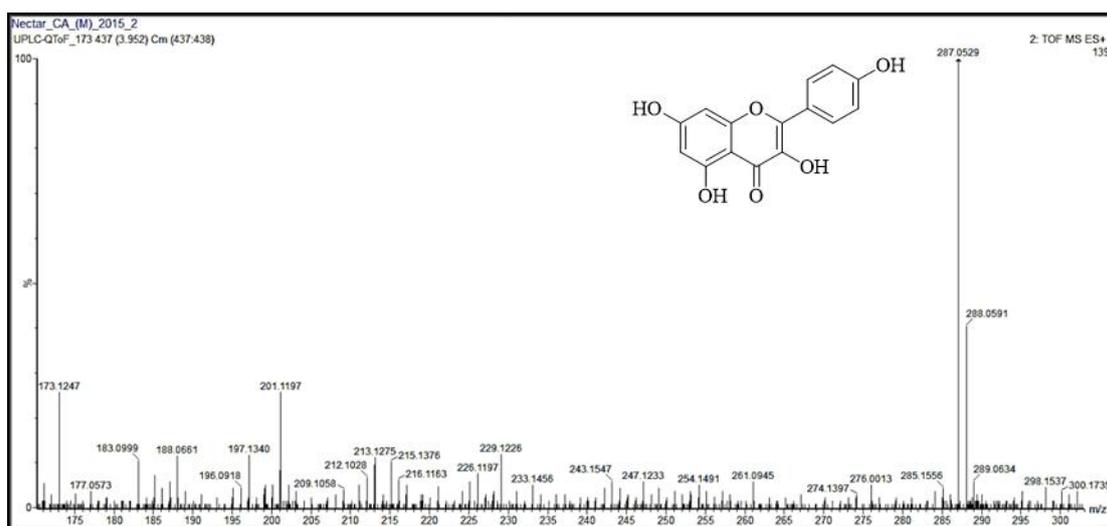
O pico 17,  $t_r$  3.96 minutos, foi descrito por Truchado; Ferreres *et al.* (2009) e identificado como luteolina-7-*O*-sophorisídeo  $[M-H]^-$  609.1422, cuja fórmula molecular é  $C_{27}H_{30}O_{16}$ . Os fragmentos  $m/z$  429.0817 e 285.0345 são característicos dessa substância de acordo com Truchado; Ferreres *et al.* (2009).

Espectro MS/MS do composto 17 – luteolina-7-O-sophorisídeo, isolado do néctar da flor masculina de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 18,  $t_r$  3.96 minutos, foi descrito por Abu-Reidah; Ali-Shtayeh (2015) e identificado como kaempferol  $[M+H]^+$  287.0538, cuja fórmula molecular é  $C_{15}H_{10}O_6$ . Os fragmentos  $m/z$  229.1259; 213.1549 e 201.1198 são característicos do kaempferol de acordo com Abu-Reidah; Ali-Shtayeh (2015).

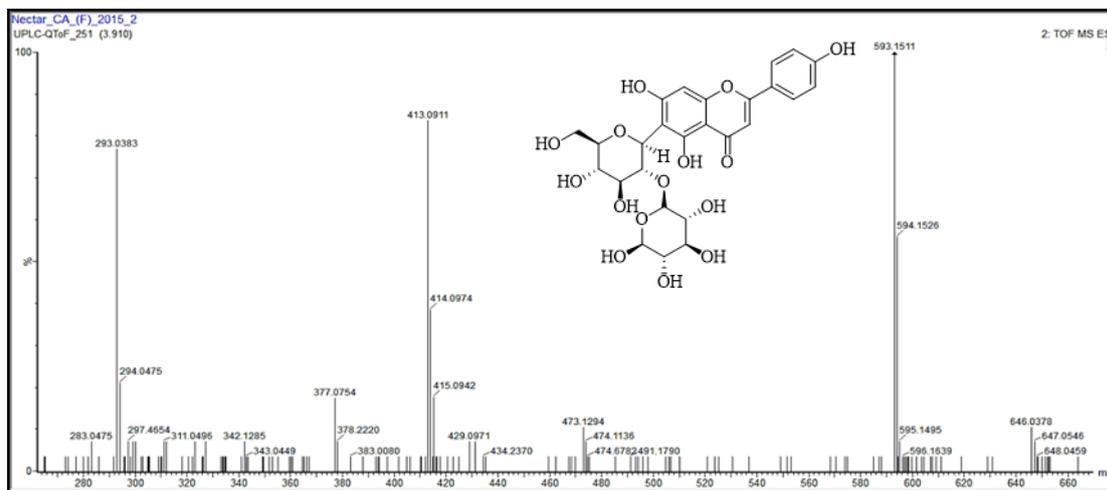
Espectro MS/MS do composto 18 – kaempferol, isolado do néctar da flor masculina de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 19,  $t_r$  3.91 minutos, foi descrito por Negri *et al.* (2012) e identificado como isovitexina-2''-O-glicosídeo  $[M-H]^-$  593.1480 e  $[M+H]^+$  595.1662, cuja fórmula molecular é  $C_{27}H_{30}O_{15}$ . Os fragmentos  $m/z$  413.0913; 293.0433 e 473.1009 são característicos de flavonas

*O*-glucosil-C-glicósido, indicando a presença de sophorosídeo, e apigenina como aglicona de acordo com Negri *et al.* (2012).

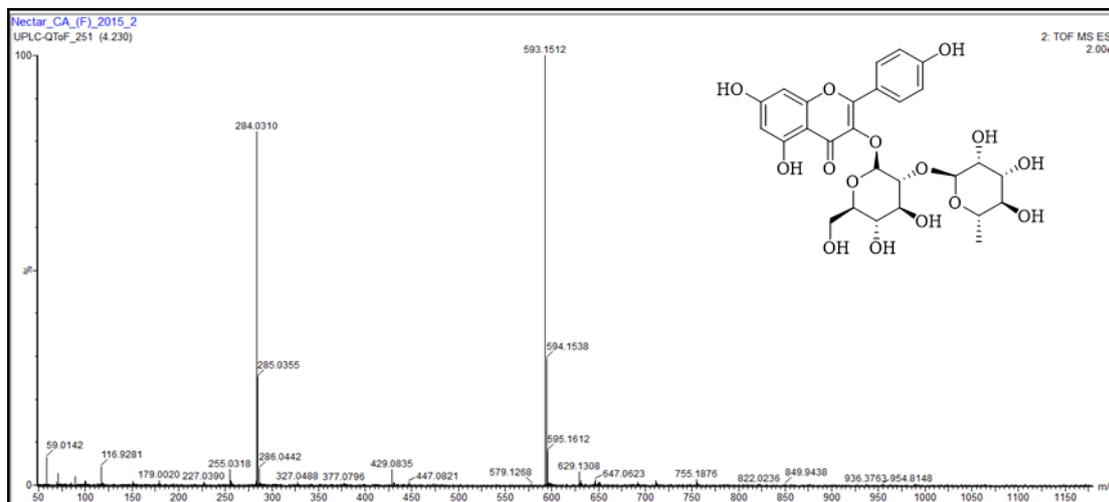
Espectro MS/MS do composto 19 – isovitexina-2''-*O*-glicosídeo, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



Os picos 20 e 24 tratam-se de moléculas não identificadas. O pico 20,  $t_r$  4.02 minutos, é visto apenas no modo negativo com íon precursor  $[M-H]^-$  755.1857 e íons fragmentos de  $m/z$  729.1953 e 341.1034. E o composto 24,  $t_r$  4.90 minutos, detectado apenas no modo de ionização positivo  $[M+H]^+$  583.3306, com íons fragmentos em  $m/z$  287.0532 e 127.0378.

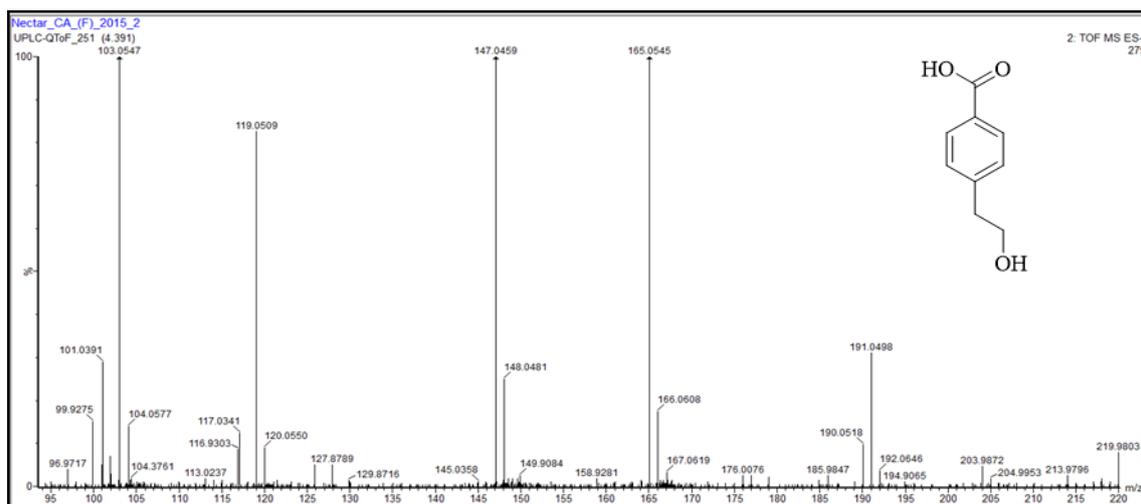
O pico 21,  $t_r$  4.23 minutos, possui  $[M-H]^-$  593.1519 foi descrito por Truchado; Ferreres *et al.* (2009) e identificado como kaempferol-3-*O*-neohesperidosídeo, cuja fórmula molecular é  $C_{27}H_{30}O_{15}$ . Segundo os autores, o fragmento  $m/z$  285.0354 indica que o glicosídeo é um derivado do kaempferol. O mesmo artigo ainda cita que esse composto 21 foi previamente identificado como um constituinte relevante no néctar de alecrim. A presença do kaempferol-3-*O*-neohesperidosídeo  $[M+H]^+$  595.1666 no néctar foi confirmado pelo modo de ionização positivo.

Espectro MS/MS do composto 21 – kaempferol-3-*O*-neohesperidosídeo, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 22,  $t_r$  4.40 minutos, possui  $[M-H]^-$  165.0548 não foi citada nas referências pesquisadas, porém essa molécula possui fragmentações características, o íon  $m/z$  147.0457 é gerado pela perda de uma molécula de  $H_2O$ , o íon  $m/z$  119.0508 é gerado pela saída de um grupo  $CO$  e o íon  $m/z$  103.0552 pela saída de um grupo  $CO_2$ . Através dessas fragmentações, sugere-se que o composto referido é o 4-(2-hidroxietil) ácido benzoico, cuja fórmula molecular é  $C_9H_{10}O_3$ . Esse composto não foi detectado em modo positivo.

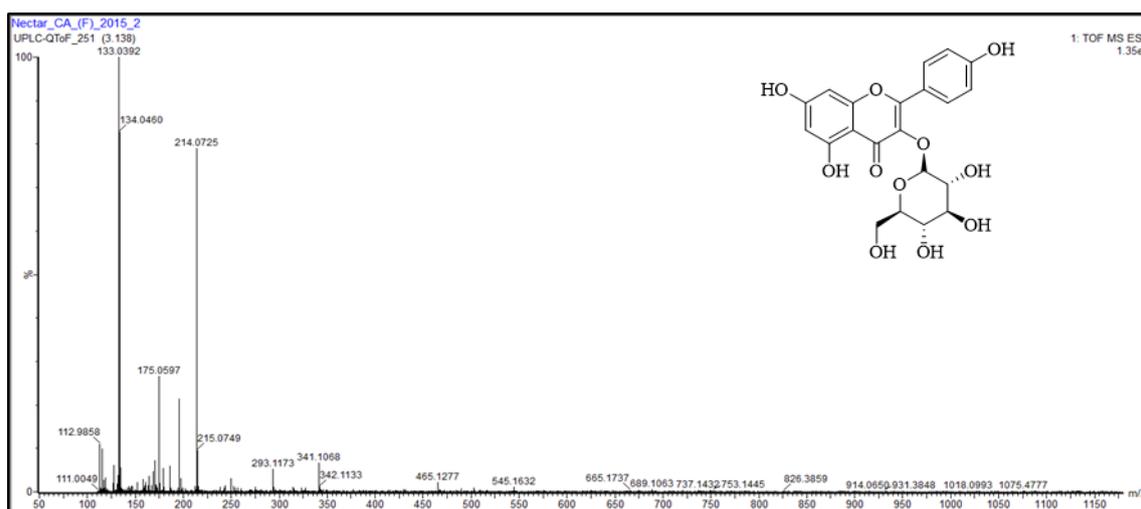
Espectro MS/MS do composto 22 – 4-(2-hidroxietil)ácido benzoico, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 23,  $t_r$  4.63 minutos, foi descrito por Farag; Mohsen (2014) e identificado como luteolina hexosídeo  $[M-H]^-$  447.0919, cuja fórmula molecular é  $C_{21}H_{20}O_{11}$ . O fragmento  $m/z$

285.0391 corresponde à massa molar do kaempferol que é característico da luteolina hexosídeo, segundo Farag; Mohsen (2014). A presença desse composto  $[M+H]^+$  449.1068 é confirmado pelo modo de ionização positivo.

Espectro MS/MS do composto 23 – luteolina hexosídeo, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.



O pico 25,  $t_r$  4.92 minutos, possui  $[M-H]^-$  489.1046, não foi encontrado na literatura, porém essa molécula possui fragmentação característica do grupo de flavonóides que fragmentam com  $m/z$  285.0402 que corresponde a massa do íon desprotonado do kaempferol. Esse composto não foi detectado em modo positivo.

O pico 26,  $t_r$  5.14 minutos, foi descrito por Abu-Reidah; Ali-Shtayeh (2015) e identificado como kaempferol ramnosídeo  $[M-H]^-$  431.0977, cuja fórmula molecular é  $C_{21}H_{20}O_{10}$ . O íon fragmento  $m/z$  285.0394 corresponde a molécula desprotonada do kaempferol que é característico do kaempferol rhaminosídeo, segundo Abu-Reidah; Ali-Shtayeh (2015). A presença do kaempferol rhaminosídeo  $[M+H]^+$  433.1146 foi confirmada pelo modo de ionização positivo.

Espectro MS/MS do composto 26 – kaempferol ramnosídeo, isolado do néctar da flor hermafrodita de meloeiro tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*) em Pacajus-CE, 2015.

