



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

VICTOR MAGALHÃES MONTEIRO

**ABELHAS VISITANTES FLORAIS E POTENCIAIS POLINIZADORES DA
MACIEIRA (*Malus domestica* Borkh.) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

FORTALEZA

2014

VICTOR MAGALHÃES MONTEIRO

Engenheiro Agrônomo

**ABELHAS VISITANTES FLORAIS E POTENCIAIS POLINZADORES DA
MACIEIRA (*Malus domestica* Borkh.) NO SEMIARIDO BRASILEIRO**

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

Orientador: Prof. *PhD.* Breno Magalhães Freitas.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- M780a Monteiro, Victor Magalhães.
Abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores da macieira (*Malus domestica* borkh.) no semiárido brasileiro / Victor Magalhães Monteiro. – 2015.
75 f.: il., color. enc.; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Produção e Melhoramento Animal
- Orientação: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas.
1. Maçã. 2. Semiárido. 3. Polinização. 4. *Apis mellifera*. I.Título.

CDD 636.08

VICTOR MAGALHÃES MONTEIRO

**ABELHAS VISITANTES FLORAIS E POTENCIAIS POLINZADORES DA
MACIEIRA (*Malus domestica* Borkh.) NO SEMIARIDO BRASILEIRO**

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

Aprovada em: ___/___/____.

BANCA EXAMINADORA

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

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

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

À Deus.

Aos meus pais, Leonardo e Eveline.

À ciência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, pela possibilidade de realização dessa dissertação e apoio para conduzi-la.

À CAPES, pelo apoio financeiro com concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas, pela amizade, valiosos conselhos e cruciais orientações durante todo o período do curso de mestrado e desde a implementação á finalização das atividades que deram origem a essa dissertação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino e Prof. Dr José Everton Alves pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A Prof^a. Dr^a. Cláudia Inês da Silva, a dedicação, conselhos e amizade.

Ao pesquisador da Embrapa Semiárido Dr. Paulo Roberto Coelho Lopes, pela permissão da condução das observações desse trabalho em sua área experimental.

À empresa FrutaCor e todos os seus funcionários, em especial a tecnóloga Simone Moura, sem o apoio dos quais esse trabalho não poderia ser desenvolvido.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa com Abelhas - UFC, funcionários do Setor de Abelhas, graduandos, pós-graduandos e professores, pelas reflexões, críticas, sugestões recebidas e incentivos.

Aos Amigos Keniesd Sampaio, Natalia de Oliveira, Camila Lemos, Epifania de Macedo, Aline Sousa, Nayanny Fernandes, Antonio Diego de Melo e Alipio Pacheco e a Dr^a. Melissa Sobrinho pela amizade, dedicação, conselhos e enorme ajuda durante a condução deste estudo.

A secretaria da Pós- Graduação em Zootecnia –UFCE, Francisca das Chagas Bessera Gomes, pela atenção, prontidão e profissionalismo.

Aos amigos Ednir Santiago e o Apicultor Pedro Leonardo pelos conselhos, dedicação e ajuda com a implementação desse trabalho em campo.

Ao Zootecnista David Nogueira pela identificação das abelhas.

Aos amigos Celso Braga, Valdenio Mendes, Mikail Olinda e Patricia Barreto pela amizade e incentivo.

A toda minha família, em especial aos meus pais Leonardo Rodrigues do Amaral Monteiro e Eveline Magalhães Monteiro meus irmãos Melina Magalhães Monteiro, Leonardo Magalhães Monteiro e Ivna Magalhães Monteiro pelo exemplo, incentivo, amizade e apoio.

“Tudo que escutamos é uma opinião, não um fato. Tudo que vemos é uma perspectiva, não a verdade.” (Marcus Aurélio).

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 11 |
| CAPITULO I - REFERENCIAL TEORICO | 14 |
| 1.1 POLINIZAÇÃO..... | 15 |
| 1.2 IMPORTÂNCIAS DA CULTURA | 19 |
| CAPITULO II – BIOLOGIA E FENOLOGIA FLORAL DA MACIEIRA (Malus domestica Borkh) NO SEMIÁRIDO NORDESTINO | 21 |
| RESUMO | 22 |
| ABSTRACT | 23 |
| 2.1 INTRODUÇÃO | 24 |
| 2.2 MATERIAL E MÉTODOS | 26 |
| 2.2.1 Área estudada..... | 26 |
| 2.2.2 Variedades estudadas | 27 |
| 2.2.3 Aspectos da Biologia floral..... | 27 |
| 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 2.4 CONCLUSÕES | 36 |
| CAPITULO III – ABELHAS VISITANTES FLORAL E POTENCIAIS POLINIZADORES DA MACIEIRA (Malus domestica Borkh) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO | 37 |
| RESUMO | 38 |
| ABSTRACT | 39 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 40 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODO | 43 |
| 3.2.1 Localização e características da área do experimento..... | 43 |
| 3.2.2 Escolhas da variedade | 44 |
| 3.2.3 Visitantes florais | 46 |
| 3.2.4 Requerimentos de Polinização | 47 |
| 3.2.5 Eficiência da <i>Apis mellifera</i> na polinização da macieira..... | 47 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 50 |
| 3.3.1 Visitantes florais | 50 |
| 3.3.2 Comportamento de <i>Apis mellifera</i> | 52 |
| 3.3.3 Requerimentos de polinização e eficiência da <i>Apis mellifera</i> | 56 |
| 3.4 CONCLUSÃO | 60 |
| REFERÊNCIAS | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - VISITANTES FLORAIS DA MACIEIRA (MALUS DOMESTICA BORKH) A NÍVEL DE ORDEM, OBSERVADOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO, NO MUNICÍPIO RUSSAS, CEARÁ | 50 |
| TABELA 2 – ABELHAS VISITANTES DA MACIEIRA NO SEMIÁRIDO | 52 |

TABELA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - ÁREA DE ESTUDO. A: FAZENDA FRUTACOR NO MUNICÍPIO DE RUSSAS, NA MESORREGIÃO DO JAGUARIBE, NO ESTADO DO CEARÁ. B: VISTA GERAL DO PLANTIO..... | 26 |
| FIGURA 2 - CICLO FLORAL NAS VARIEDADES DE <i>MALUS DOMESTICA</i> ESTUDADAS. A E G: BOTÕES FLORAIS “BALÃO”. B E H INÍCIO DA ANTESE. C E I: FLORES COM ANTERAS AINDA FECHADAS. D E J: FLORES COM ANTERAS ABERTAS. E E K: FLORES NO INÍCIO DA SENESCÊNCIA. F E L: SENESCÊNCIA | 30 |
| FIGURA 3 - CARATERÍSTICAS FLORAIS DAS VARIEDADES PRINCESA E JULIETA DE <i>MALUS DOMESTICA</i> CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO BRASILEIRO, NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE. A: NÚMERO MÉDIO DE FLORES POR INFLORESCÊNCIA E DE ANTERAS POR FLORES PARA CADA VARIEDADE ESTUDA. B: LONGEVIDADE MÉDIA DE UMA FLOR E DA INFLORESCÊNCIA PARA CADA VARIEDADE ESTUDADA..... | 31 |
| FIGURA 4 - LIBERAÇÃO DE PÓLEN EM FLORES DAS VARIEDADES JULIETA E PRINCESA DE <i>MALUS DOMESTICA</i> CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO BRASILEIRO, NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE. | 32 |
| FIGURA 5 - INJÚRIA OCASIONADA PELAS ALTAS TEMPERATURA HORAS APÓS A ANTESE DE FLORES DE <i>MALUS DOMESTICA</i> CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO BRASILEIRO, NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE..... | 32 |
| FIGURA 6 - LOCAL DO EXPERIMENTO DENTRO DA EMPRESA AGRÍCOLA FRUTACOR, MUNICÍPIO DE RUSSAS- CE... | 43 |
| FIGURA 7 - ÁREA DO PLANTIO EXPERIMENTAL DA EMPRESA FRUTACOR, RUSSAS-CEARÁ. | 45 |
| FIGURA 8 - FLORES DA VARIEDADE PRINCESA (A) E JULIETA(B), RESPECTIVAMENTE. | 45 |
| FIGURA 9 - CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL, P- CULTIVAR PRINCESA, RECEPTORA DE PÓLEN; J- CULTIVAR JULIETA, DOADORA DE PÓLEN. V1; V2; V3- VARIEDADES QUE NÃO APRESENTARAM RESPOSTA AOS TRATAMENTOS PARA QUEBRA DA DORMÊNCIA..... | 46 |
| FIGURA 10 - (A) TRANSPORTE NOTURNO. (B) DISPOSIÇÃO DAS COLMEIAS EM RELAÇÃO AO POMAR EXPERIMENTAL DE MACIEIRA EM RUSSAS - CEARÁ | 48 |
| FIGURA 11 - MÉDIA HORÁRIA DE VISITANTES NAS FLORES DA MACIEIRA CULTIVADA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO | 52 |
| FIGURA 12 - ESPÉCIES DE ABELHAS OBSERVADAS NAS FLORES DA MACIEIRA (<i>MALUS DOMESTICA</i>) CULTIVADA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO. A- <i>AUGOCHLORA SP.</i> ; B- MACHO DE <i>CENTRIS ANALIS</i> ; C- <i>XYLOCOPA GRISESCENS</i> ; D- <i>APIS MELLIFERA</i> | 52 |
| FIGURA 13 - <i>APIS MELLIFERA</i> FORRAGEANDO PARA NÉCTAR (A E B) E PÓLEN (C E D) NA FLOR DA MACIEIRA NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE..... | 54 |
| FIGURA 14 - NÚMERO DE ABELHAS <i>APIS MELLIFERA</i> FORRAGEANDO POR NÉCTAR E PÓLEN EM FLORES DE MAÇÃ (<i>MALUS DOMESTICA</i>) E AS VARIAÇÕES NA TEMPERATURA MÉDIA AO LONGO DO DIA. RUSSAS – CE. | 55 |
| FIGURA 15 - NÚMERO DE ABELHAS <i>APIS MELLIFERA</i> FORRAGEANDO EM FLORES DE MACIEIRA (<i>MALUS DOMESTICA</i>) APÓS A INTRODUÇÃO DE COLMEIAS NA ÁREA CULTIVADA. RUSSAS – CE. | 55 |
| FIGURA 16 - NÚMERO DE VISITAS DE <i>APIS MELLIFERA</i> EM FLORES DA MACIEIRA (<i>MALUS DOMESTICA BORKH</i>) EM FUNÇÃO DA IDADE DA FLOR, NO MUNICÍPIO DE RUSSAS – CEARÁ..... | 56 |
| FIGURA 17 - VINGAMENTO DE FRUTOS DA MACIEIRA (<i>MALUS DOMESTICA BORKH</i>) APÓS TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO REALIZADO POR <i>APIS MELLIFERA</i> NO MUNICÍPIO DE RUSSAS- CEARÁ. | 58 |
| FIGURA 18 - PORCENTAGEM DE VINGAMENTO DE FRUTO EM MACIEIRA (<i>MALUS DOMESTICA BORKH</i>) EM FUNÇÃO DA IDADE DA FLOR E NÚMERO DE VISITAS, (REQUERIMENTOS E EFICIÊNCIA DE POLINIZAÇÃO) REALIZADA POR <i>APIS</i> | |

MELÍFERA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO, PELO TESTE ESTATÍSTICO DE KRUSKAL-WALLIS 1D1V-FLORES DE PRIMEIRO DIA COM UMA VISITA; 1D2V- FLORES DE PRIMEIRO DIA COM DUAS VISITAS; 1D3V- FLORES DE PRIMEIRO DIA COM TRÊS VISITAS; 2D1V- FLORES DE SEGUNDO DIA COM UMA VISITA; 2D2V- FLORES DE SEGUNDO DIA COM DUAS VISITAS; 2D3V- FLORES DE SEGUNDO DIA COM TRÊS VISITAS; 3D1V- FLORES DE TERCEIRO DIA COM UMA VISITA. 59

RESUMO

Esse estudo teve como objetivos estudar os aspectos da biologia floral e possíveis fatores limitantes à polinização e investigar a utilização da abelha *Apis mellifera* e o papel de outros insetos visitantes na polinização de macieira (*Malus domestica* Borkh.) em cultivos na região do semiárido nordestino brasileiro. O estudo foi realizado em uma área experimental que possui 0,5 hectare da fazenda FrutaCor®, município de Russas, Ceará. Foram estudadas a variedade Julieta, utilizada como doadora de pólen e Princesa como receptora. A quebra da dormência do florescimento ocorreu de forma química e física para as duas variedades. O estudo foi desenvolvido durante 39 dias, entre o final de outubro e início de dezembro de 2013. Flores da var. Julieta duraram menos dias do que as da Princesa ($Var_{Julieta} = 2,04 \pm 0,197$; $Var_{Princesa} = 2,93 \pm 0,274$; Mann-Whitney $U = 150$, $p < 0,0001$). A liberação do pólen na var. Julieta ocorreu a partir das 09:00h do primeiro dia, com pico às 13:00h do segundo dia. A receptividade estigmática na var. Princesa iniciou durante o estágio “balão” mantendo-se até senescência. Houve uma perda média de $19,87\% \pm 15,79$ no número de anteras da var. Julieta que efetivamente liberaram pólen em relação ao total produzido por flor. A temperatura média de $30,21^{\circ}\text{C} \pm 4,18$, pode ter sido responsável pela redução na longevidade, perda de anteras e perda de pólen, sendo, portanto, recomendado o aumento no número de plantas doadora de pólen nos cultivos em ambientes semiáridos. Os visitantes florais mais abundantes foram os insetos e dentre esses, as abelhas representando cerca de 61,86% do total. As flores da macieira apresentaram pico de visitação no período da manhã, seguindo até as 12:00h (81,57%). Por se tratar de uma cultura dependente de polinização cruzada para o vingamento do fruto, foi observada a atratividade das flores para as abelhas em diferentes idades, obtendo $18,66 \pm 4,93$; $41,3 \pm 7,63$ e $4,6 \pm 1,52$, em flores de 1º, 2º e 3º dia, respectivamente, mostrando que as flores de 2º dia são mais atrativas para as abelhas ($p < 0,05$). Foi observado que apenas uma visita de *Apis mellifera* foi suficiente para promover o vingamento de frutos, independentemente da idade da flor. A introdução de colônias dessa abelha no pomar se faz necessário, pois *A. mellifera* foi a espécie mais frequentemente observada nas flores da macieira.

Palavras-chave: Maçã. Semiárido. Polinização. *Apis mellifera*.

ABSTRACT

This study aimed to investigate aspects of floral biology and possible limiting factors to pollination, investigate the use of bees, *Apis mellifera*, and the role of other insect visitors in apple pollination (*Malus domestica* Borkh.) in crops in the Brazilian northeast semiarid region. The study was conducted in an experimental area which has 0.5 hectare on FrutaCor® farm, Russas - Ceará. We used two apple varieties in this study. The Julieta variety was used as pollen donor and the Princesa variety was used as receiving pollen. These varieties need chemical and physical treatment to flower break dormancy occurred. The study was conducted for 39 days at the end of October and early December 2013. Julieta flowers lasted for fewer days than the Princesa (VarJulieta = 2.04 ± 0.197 , 2.93 ± 0.274 VarPrincesa; Mann-Whitney U = 150, $p < 0.0001$). The pollen release of Julieta started at 09:00h on the first day and had peaking at 13:00h in the second day. The stigmatic receptivity of Princesa variety started during the stage "balloon" remaining until senescence. There was an average loss of Julieta's anthers number of $19.87 \pm 15.79\%$ that effectively released pollen in relation to the total production per flower. The average of temperature $30.21^\circ\text{C} \pm 4.18$, may have been responsible for the reduction in longevity, loss of anthers and pollen loss, and is therefore recommended to increase the number of pollen donor plants in crops in semi-arid environments. The most abundant flower visitors were insects and among these, the bees representing approximately 61.86% of the total. Apple tree flowers had visitation peak in the morning, 5:00 to 12:00h (81.57%). Therefore this culture is a cross-pollination-dependent to ripening of fruit, we observed the different ages flowers attractiveness by bees and we obtained 18.66 ± 4.93 ; 41.3 ± 7.63 and 4.6 ± 1.52 , on 1 flower, 2 and 3 days, respectively, showing that the 2nd day flowers are more attractive to bees ($p < 0.05$). We observed that only a visit of *Apis mellifera* was enough to promote fruit set, regardless of the age of the flower. The introduction of this bee colonies in the orchard is necessary because *A. mellifera* was the most frequently observed species in apple tree flowers.

Palavras-chaves: Apple. Semiarid. Pollination. *Apis mellifera*.

CAPITULO I - REFERENCIAL TEORICO

1.1 POLINIZAÇÃO

A polinização é um dos mecanismos mais importantes na manutenção e promoção da biodiversidade, pois a maioria das plantas depende dos agentes polinizadores para sua reprodução sexuada e, em contrapartida, os recursos florais constituem as principais fontes de alimento para diversos grupos de animais (ENDRESS, 1998). Dessa forma, ela é essencial para a manutenção, perpetuação e sustentação dos ecossistemas e das culturas agrícolas do planeta (COSTANZA *et al.*, 1997; WITTMANN *et al.*, 2000; KEVAN; VIANA, 2003; FREITAS; NUNES-SILVA, 2011).

A polinização é definida como a transferência dos grãos de pólen das anteras para o estigma, seja ele da mesma flor (autopolinização) ou para o estigma de outra flor da mesma espécie (xenogamia) (FREITAS, 1995; KEVAN, 2010). Polinizadores como insetos, pássaros, morcegos, e outros animais podem levar pólen da parte masculina à parte feminina das flores para a reprodução das plantas. Esta atividade essencialmente auxilia ecossistemas naturais e agrícolas fornecendo melhores resultados na produção de frutas, legumes, culturas de sementes e algumas culturas que nos fornecem fibras, medicamentos e combustíveis (COMMITTEE ON THE STATUS OF POLLINATORS IN NORTH AMERICA, 2007).

Todavia, os vegetais não podem se locomover, necessitam de agentes externos para realizarem essa atividade. A classificação da polinização está relacionada ao tipo de agente que é utilizado para a atividade, podendo ser abiótico ou biótico. Para os considerados abióticos temos a polinização anemófila, onde os grãos de pólen são levados pelo vento e depositados no estigma, a hidrófila, realizada pela água, e aquela realizada pela gravidade. Já a polinização realizada por seres vivos (biótica), podemos destacar os principais táxons antofílicos como a falenofilia (mariposas), miofilia, (moscas), ornitofilia (pássaros), quiropterofilia (morcegos), psicofilia (borboletas), cantarofilia (besouros), mirmecofilia (formiga), vespas (esfecofilia) e as abelhas (melitofilia) (FAEGRI; VAN DER OIJL, 1980; GULLAN; CRANSTON, 2004).

Os agentes polinizadores que recebem grande destaque são os animais, que realizam aproximadamente 90% da polinização das angiospermas. Destes, os insetos polinizam a maioria das plantas com flores. Acredita-se que o sucesso das angiospermas está relacionado ao desenvolvimento das interações inseto-planta (CONSTANZA *et al.*, 1997; NABHAN; BUCHMANN, 1997; KEARNS *et al.*, 1998; KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002; SHEPHERD *et al.*, 2003; RICKETTS *et al.*, 2008). Quando comparamos a polinização

entomofílica com a polinização realizada pelo vento, observamos que a primeira apresenta vantagens em relação a segunda, como: o aumento na eficiência da polinização, diminuindo o desperdício de pólen e a realização de uma polinização bem-sucedida sob condições não adequadas para a anemofilia, e a maximização do número de espécies de plantas em uma dada área (GULLAN; CRANSTON, 2004).

O incremento de produção realizado por agentes bióticos é considerável quando se trata da polinização de culturas agrícolas. O papel da polinização na agricultura moderna e sustentável vem crescendo em proporções elevadas, seja ele tanto em países desenvolvidos como para países em desenvolvimento. A economia, eficiência e a sustentabilidade da atividade prestada por esses indivíduos nos dias atuais, se tornam cada vez mais importantes devido ao declínio das populações de polinizadores (IMPERATRIZ-FONSECA; KLENERT, 2004). Além disso, o crescimento das áreas de cultivos de monoculturas que acabam por degradar grandes áreas de matas nativas inviabiliza a manutenção dos polinizadores naturais, fazendo com que os níveis ideais de polinização não sejam atingidos (ALLEN-WARDELL *et al.*, 1998; KREMEN *et al.*, 2002). Quando se estima em valores monetários, a atividade de polinização realizada pelos insetos encontra-se em valores da ordem de bilhões de dólares (GALLAI; VAISSIÉRE, 2009; POTTS *et al.*, 2010; AIZEN *et al.*, 2008; FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2004).

Cerca de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores dependem da polinização realizada por animais (SHEPHERD *et al.*, 2003; RICKETTS *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2009) Os insetos são os principais polinizadores da maioria das culturas agrícolas e plantas silvestres. Eles são responsáveis por proverem uma nutrição vital aos seres humanos ao redor do mundo (EILERS *et al.*, 2011). Para Klein *et al.* (2007) o sucesso em grande parte de culturas agrícolas esta relacionado a atividade da *Apis mellifera* bem como outras abelhas selvagens, *Bombus*, borboletas, dipteros e em alguns casos morcegos e pássaros.

As abelhas têm seu destaque no grupo devido sua estreita relação com as plantas, possibilitando a polinização cruzada, processo fundamental para os vegetais condicionando-os a adaptações evolutivas, aumento de frutos e números de sementes. Essas interações transformaram as abelhas como principais agentes polinizadores das culturas agrícolas. Estima-se que dentre as espécies cultivadas no mundo cerca de 70% são polinizadas por abelha (McGREGOR, 1976; NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2002; FAO, 2004).

A polinização melitofílica em culturas agrícolas tem seus valores estimados com base na importância, quantidade, qualidade e valor da cultura no mercado. Em escala mundial esse valor é de 200 bilhões de dólares. Das culturas agrícolas que se beneficiam ou dependem desse tipo de polinização, em torno de 166 culturas, o valor agregado a polinização por abelhas melífera é em torno de 60 a 100 vezes o valor do seu mel (McGREGOR, 1976). Segundo SLAA *et al.*, 2006, quando selecionada uma única espécie, como a *Apis mellifera*, essa atividade, somente nos EUA estima-se algo em torno de 14.8 bilhões de dólares por ano.

As abelhas se destacam como polinizadores principalmente por serem os únicos insetos que visitam flores para coletar pólen, que serve como fonte de alimento para suas larvas e néctar para saciar suas necessidades energéticas ou da colônia como ocorre com o grupo das abelhas sociais (KEVAN *et al* 2007; BRADBEAR, 2009). Ademais sua morfologia com pelos em grande quantidade ao redor do seu corpo permitem um aumento na eficiência de aderência dos grãos de pólen (WISTON, 2003; VIANA; SILVA, 2006) e além disso, as abelhas apresentam sistemas sofisticados de comunicação, o que aumenta a eficiência de forrageamento, constância floral ou seja, indivíduos repetidamente visitam uma única espécie de planta em cada viagem de forrageamento, podem recrutar companheiras para as flores dessa espécie, fazendo com que esse comportamento aumente a eficiência na polinização. (von Frisch, 1967).

Com os conhecimentos adquiridos, ao longo dos anos, no desenvolvimento da apicultura, a atividade foi se ramificando e além do mel, outros subprodutos foram se destacando na atividade como: a produção de própolis, cera, favos, pólen e a polinização (WISE, 2005).

Apesar de ser considerado um inseto exótico em muitas regiões, a *Apis mellifera* é utilizada como agentes de polinização em diversas culturas, principalmente no cultivo da macieira (*Malus domestica* Borkh), isso se deve ao fato de serem consideradas como generalista (ROUBIK 1989; MICHENER 2000), possuem uma alimentação diversificada, alimentam-se do pólen e néctar de diversas plantas, não atribuindo sua sobrevivência a uma única espécie vegetal. Este, entre outros fatores, a torna um inseto importante para a atividade. Levin (1984) estima que 90% do sucesso do cultivo comercial de macieira, esteja diretamente ligados ao serviço de polinização. Garret *et al*, (2014) mostrou que frutos da macieira, originários da polinização realizada por *Apis mellifera* alcançam maiores valores comerciais quando comparados aos da polinização cruzada manual. Estima que somente na Inglaterra os valores

atribuídos à polinização da cultura da macieira (*Malus domestica* Borkh) girem em torno de 63 milhões de libras (SMITH *et al.*, 2011).

1.2 IMPORTÂNCIAS DA CULTURA

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é uma fruta bastante difundida ao redor do mundo. É caracterizada como sendo uma das mais importantes frutas de regiões frias e temperadas do mundo (ZOHARY; HOPF, 2000). Segundo os dados do ano de 2013 do United States Department of Agriculture (USDA), a safra mundial de maçã de 2012/ 2013 foi de 67,8 milhões de toneladas, sendo que a produção chinesa corresponde a 56% da produção mundial.

A macieira começou a ser explorada comercialmente no Brasil na década de 60, em Santa Catarina e Rio Grande do Sul e, em poucos anos, transformou-se em produto de grande consumo no país (FREIRE *et al.*, 1994). Na década de 70, o Brasil importava praticamente toda a maçã consumida no país. O aumento da produção nacional na década de 80 e início da década de 90 substituíram gradativamente as importações, passando a ser autossuficiente, mesmo assim, ainda importamos grandes quantidades da Argentina.

Nos anos 70, o Brasil atingiu uma produção de 1000 toneladas (EMBRAPA, 2003). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2011, pelos últimos dados consolidados a produção atingiu um volume de 1,3 milhões de toneladas e com a comercialização da produção gerou uma renda de R\$ 851,7 milhões de reais. Com o volume de produção obtido o Brasil passou a ser classificado como 9º produtor mundial de maçã, ocupando uma área de 38 mil hectares de áreas cultivada com a cultura, onde 96% destas áreas encontram-se no estado de Santa Catarina.

Um dos fatores que determinam a adaptação nos locais de cultivo é a necessidade de frio. Uma das maiores limitações de produção de fruteiras de clima temperado em regiões com insuficiente acúmulo de frio hibernal é a superação do período de dormência (EREZ, 2000). As frutíferas temperadas necessitam ser expostas ao frio durante o período de dormência para suas gemas brotarem uniformemente, e para apresentarem florescimento e frutificação efetiva e adequada durante a primavera (ALLAN, 2004).

Ao longo dos últimos anos, a maioria dos programas de melhoramento genético tem se dedicado a desenvolver cultivares com baixas exigências. Graças a este empenho, atualmente existem cultivares que necessitam pouco mais de 200 horas de frio. Com o apoio da biotecnologia, desenvolveram-se novas variedades e novos tratamentos que necessitem de menos tempo de frio e/ou de técnicas que possibilitem a quebra da dormência da planta possibilitando a diferenciação das gemas vegetativas em gemas floríferas, o que possibilitou a

introdução da cultura em áreas do nordeste, como os já localizados nos estados da Bahia e Ceará.

A macieira é uma cultura alógoma (de ALBUQUERQUE, 2010) que apresenta mecanismo de autoincompatibilidade. Esta incompatibilidade é fator genético, sendo controlado pela série alélica-S, impossibilitando a autofertilização da espécie. O crescimento do tubo polínico é inibido quando o alelo-S presente no pólen é similar a um dos dois alelos-S expressados no pistilo, resultando na codificação de glicoproteínas com ação de R-Nases, responsáveis diretas pela incompatibilidade gametofítica (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005). Essa incompatibilidade, de caráter genético, se expressa sempre que o pólen e o estigma apresentam o mesmo alelo-S (BROOHAERTS, 2004).

Para se alcançar o sucesso na produção comercial da macieira se faz necessário que na área destinada ao plantio, haja pelo menos duas variedades de origens genéticas não muito próximas e que estas possuam um sincronismo de florescimento, para que possa ocorrer a fecundação de pólenes viáveis para estigma da planta a ser polinizada. Tendo em vista as baixas taxas de polinização anemofílicas, se faz necessário a utilização de agentes polinizadores.

Vários autores observaram que a *Apis mellifera* é bastante eficaz na polinização da cultura da macieira, sugerindo que para se alcançar um nível de produção comercial aceitável, é necessário a utilização destes insetos em campo. (FREE, 1993; FREITAS, 1995; SILVA, 2009).

CAPITULO II – BIOLOGIA E FENOLOGIA FLORAL DA MACIEIRA (*Malus domestica* Borkh) NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

RESUMO

O constante interesse pela produção da maçã tem aumentado a busca por novas variedades e áreas para o cultivo. O uso de variedades menos exigentes à hora de frio e submetidas aos tratamentos químicos e/ou físicos para quebrar a dormência floral, tem possibilitado a expansão dessa cultura em áreas Tropicais. Aqui, nós estudamos o desenvolvimento floral, a produção e a disponibilidade de pólen da macieira visando avaliar possíveis fatores limitantes à polinização dessa cultura em cultivo no semiárido nordestino brasileiro. Nós verificamos que as flores dessas variedades, apresentaram menor longevidade (até 50%), quando comparadas a variedades cultivadas em regiões de clima temperado. Flores da var. Julieta duraram menos dias do que as da Princesa ($Var_{Julieta} = 2,04 \pm 0,197$; $Var_{Princesa} = 2,93 \pm 0,274$; Mann-Whitney $U = 150$, $p < 0,0001$). A liberação do pólen na var. Julieta ocorreu a partir das 09:00h do primeiro dia, com pico às 13:00h do segundo dia. A receptividade estigmática na var. Princesa iniciou durante o estágio “balão” mantendo-se até senescência. Houve uma perda média de $19,87\% \pm 15,79$ no número de anteras da var. Julieta que efetivamente liberaram pólen em relação ao total produzido por flor, representando uma diminuição na disponibilidade de pólen para a polinização. A temperatura média de $30,21^{\circ}\text{C} \pm 4,18$, pode ter sido responsável pela redução na longevidade, perda de anteras e perda de pólen, sendo, portanto, recomendado o aumento no número de plantas doadora de pólen nos cultivos em ambientes semiáridos.

Palavras-chave: Maçã. Semiárido. Fenologia Floral.

ABSTRACT

The ongoing interest in apple production has increased the search for new varieties and growing areas. The use of varieties with lower requirements concerning chilling and subjection to chemical and/or physical treatments to break down floral dormancy has enabled the expansion of this cultivation in tropical areas. In this study, we evaluated the impact of temperature on floral biology of the varieties Julieta (pollen donor) and Princesa (pollen recipient) grown in semi-arid Northeastern Brazil. Flowers of these varieties presented shorter longevity (up to 50%) compared to the varieties grown in temperate climate. Flowers of the var. Julieta had lower lifespan than those of the var. Princesa (VarJulieta = 2.04 ± 0.197 ; VarPrincesa 2.93 ± 0.274 ; Mann-Whitney U = 150, $p < 0.0001$). Pollen release in the var. Julieta occurred from 09:00h on the first day, with peak at 13:00h on the second day. Stigma receptivity in the var. Princesa began during the “balloon stage” and remained until senescence. There was an average loss of $19.87\% \pm 15.79$ in the number of anthers of the var. Julieta that effectively released pollen compared to the total amount produced by flower, representing a decrease in pollen availability for pollination. The average temperature of $30.21^{\circ}\text{C} \pm 4.18$ may have been responsible for the decrease in longevity and the loss of anthers and pollen, thus it is recommended to increase the number of pollen donor plants in semi-arid environments.

Keywords: Apple. Semiarid. Floral phenology.

2.1 INTRODUÇÃO

O aumento na demanda de alimento, aliado às previsões nas mudanças climáticas, tem levado muitos produtores a expandir geograficamente as áreas cultivadas, incluindo outras regiões com ambientes até então considerados desfavoráveis (MIRANDA et al. 2013). Graças à implementação de novos pacotes tecnológicos, os impactos ambientais têm sido amenizados, tornando possível o estabelecimento e o cultivo de plantas exóticas (FACHINELLO et al., 2011). A produção de frutíferas caducifólias, por exemplo, vem aumentando nos trópicos nas últimas décadas (PUENTES et al., 2008; PATIÑO; MIRANDA, 2013). Em regiões tropicais a produção dessas frutíferas pode ser influenciada pelas condições climáticas que limitam não somente o potencial de crescimento, mas até mesmo pode tornar o cultivo impossível para determinadas espécies (FISHER, 2013). Em espécies da família Rosaceae, as temperaturas mais elevadas e/ou outro tipo de estresse ambiental afetam negativamente o pólen e pistilo, podendo promover uma redução nas taxas de adesão, germinação dos grãos de pólen e receptividade do estigma (YOUNG et al., 2004, KOTI et al., 2005, HEDLY et al., 2005). A indução floral também pode ser alterada com aumento na temperatura e radiação solar, como constado por Kurokura et al. (2013).

A macieira pertence à família Rosaceae, subfamília Maloidea e gênero *Malus*, sendo uma frutífera de alta importância mundial, considerada um dos principais produtos agrícolas (FAO, 2014). *Malus domestica* Borkh é um híbrido oriundo de várias espécies desse gênero (HOKANSON et al., 2001) que apresentam altas taxas de autoincompatibilidade (SOSTER; LATORRE, 2007). Para o seu cultivo é necessário o plantio de mais de uma variedade e que essas apresentem um sincronismo no florescimento (KEVAN, 2010). Em um plantio comercial, são usadas variedades doadoras de pólen e variedades receptoras para que haja a polinização cruzada entre as variedades, aumentando as taxas de vingamento e o incremento na produção (KEVAN, 2010).

Originária de clima temperado, para que ocorra brotação e floração na macieira, suas gemas necessitam ser submetidas à baixas temperaturas, considerando a soma de frio abaixo de 7,2 °C. No entanto, temperaturas superiores à essa também podem ser efetivas na abertura de gemas (FISCHER, 2013). Nas últimas décadas, programas de melhoramento genético desenvolveram cultivares com baixa exigência à unidade de frio e em ação concomitante à processos químicos e físicos como, a aplicação de hormônios, a desfolha da planta e o estresse hídrico (RAMÍREZ; KALLARACKAL, 2014), têm possibilitado o cultivo em outras regiões

com temperaturas mais elevadas. Contudo, onde há falta de frio, podem ser observadas anomalias fisiológicas, com plantas apresentando baixa porcentagem de brotação e de formação de gemas laterais, período prolongado de floração, pouca formação de gemas floríferas e baixa produtividade de frutos (FISCHER, 2013).

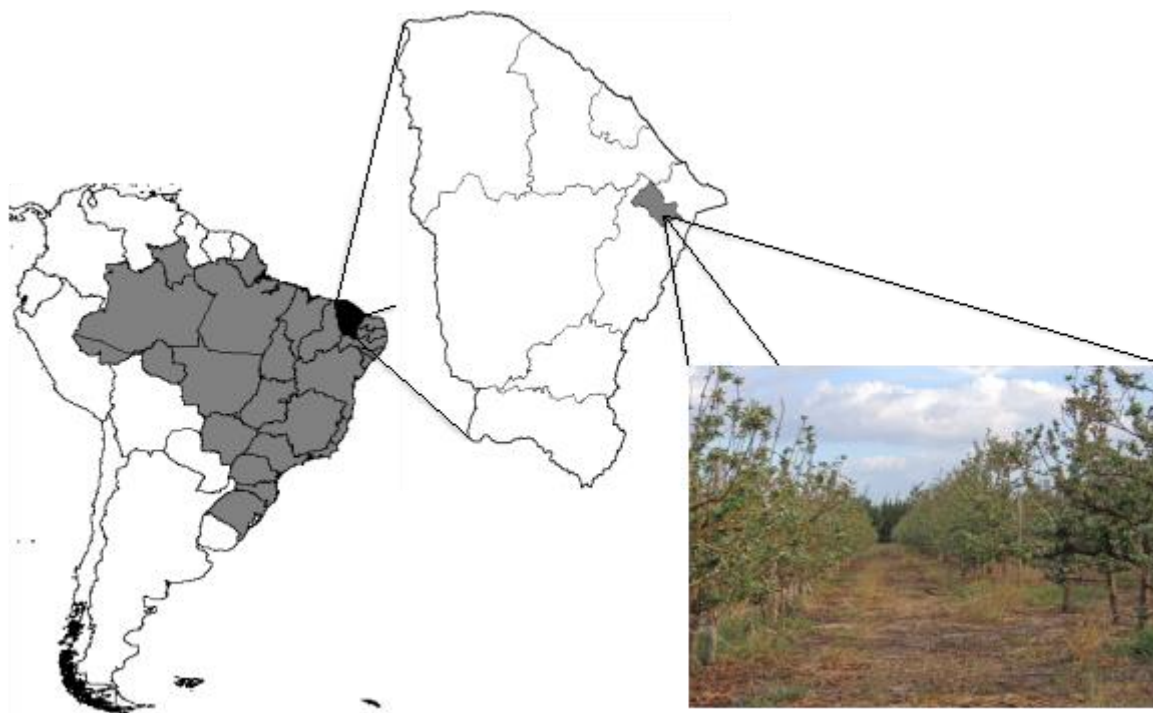
No Brasil, cuja área de produção tem se expandido para as regiões mais quentes (PATIÑO; MIRANDA, 2013), geralmente o número de horas de frio requerido pelas variedades cultivadas não atingem a soma mínima necessária para o florescimento espontâneo, necessitando de tratamento para a quebra da dormência, sejam eles químicos e/ou físicos (WEBSTER, 2005). O conhecimento do comportamento biológico de plantas em ambientes diferente daqueles onde elas são usualmente cultivadas, são imprescindíveis para o desenvolvimento de práticas agrícolas que possibilitem a potencialização na sua produção (VALENTINI et al., 2001; MIRANDA et al., 2013). Aqui, nós estudamos o desenvolvimento floral, a produção e a disponibilidade de pólen da macieira visando avaliar possíveis fatores limitantes à polinização dessa cultura em cultivo no semiárido nordestino brasileiro.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área estudada

Nós desenvolvemos o estudo durante o período de floração induzida, entre outubro e dezembro de 2013, no cultivo experimental da Fazenda FrutaCor®, situada no Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas (04°57'46,1'' S e 38°02'35'' W), no baixo vale do Jaguaribe, localizado à 170km de Fortaleza, Ceará, Brasil. Nós avaliamos espécimes de *M. domestica* com 30 meses de idade, distribuídos em uma área de 0,5 hectares. A área original era representada predominantemente por solo do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, com cobertura vegetal formada por caatinga arbustiva densa. O clima da região é do tipo tropical quente semiárido (KÖPPEN, 1949), com temperatura média variando de 26 a 28°C e precipitação acumulada anual de 857,7 mm, com concentração de chuvas entre os meses de fevereiro e abril.

Figura 1 - Área de estudo. A: Fazenda FrutaCor no município de Russas, na mesorregião do Jaguaribe, no Estado do Ceará. B: vista geral do plantio



2.2.2 Variedades estudadas

Nós estudamos duas das seis variedades de *M. domestica* cultivadas na Fazenda FrutaCor; a var. Princesa, desenvolvida pela Estação Experimental de Pesquisas de Santa Catarina (EPAGRI) e a var. Julieta, desenvolvida pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), sendo a primeira receptora e a segunda doadora de pólen. As referidas variedades foram selecionadas devido à resposta positiva ao tratamento químico e físico para indução floral, frutificação e rusticidade nas condições estudadas.

2.2.3 Aspectos da Biologia floral

Nós avaliamos para cada uma das variedades, Princesa e Julieta, 50 indivíduos e em cada um deles, de forma aleatória, marcamos uma inflorescência. Em cada uma dessas inflorescências, nós contamos o número de flores e marcamos aleatoriamente um botão floral em estágio “balão” e o acompanhamos até a senescência da flor. Nós avaliamos os seguintes eventos florais: o horário da antese e os movimentos dos lacínios, a abertura da antera e a liberação de pólen, a receptividade estigmática e a longevidade floral.

Para avaliar a antese, nós acompanhamos os 50 botões florais até a distensão total das pétalas. Nós observamos tais botões ao longo do dia, a cada duas horas, no intervalo das 5:00h às 17:00h e continuamos nos dias subsequentes até o momento da antese. Nos mesmos botões florais de ambas as variedades nós observamos o momento de abertura das anteras e liberação dos grãos de pólen como o auxílio de lupa manual.

Para avaliar a receptividade estigmática nós marcamos 35 botões florais em estágio de desenvolvimento “balão” apenas na variedade receptora, Princesa. Para evitar que houvesse grãos de pólen depositados no estigma, o que provocaria uma reação com o peróxido de hidrogênio, nós cuidadosamente abrimos os botões e fizemos a emasculação das anteras com o auxílio de tesoura. Nós mantivemos os botões isolados em sacos de filó, e nesses nós avaliamos a receptividade estigmática por meio da aplicação de uma solução preparada com o peróxido de hidrogênio (3%) (DAFNI, 1992), sempre no mesmo horário, às 10:00h. Para isso, o estigma era mergulhado em um ependorff contendo a solução e se receptivo formava bolhas de oxigênio. Os 35 botões foram divididos em grupos de sete, sendo um grupo avaliado por dia, totalizando cinco dias de avaliação.

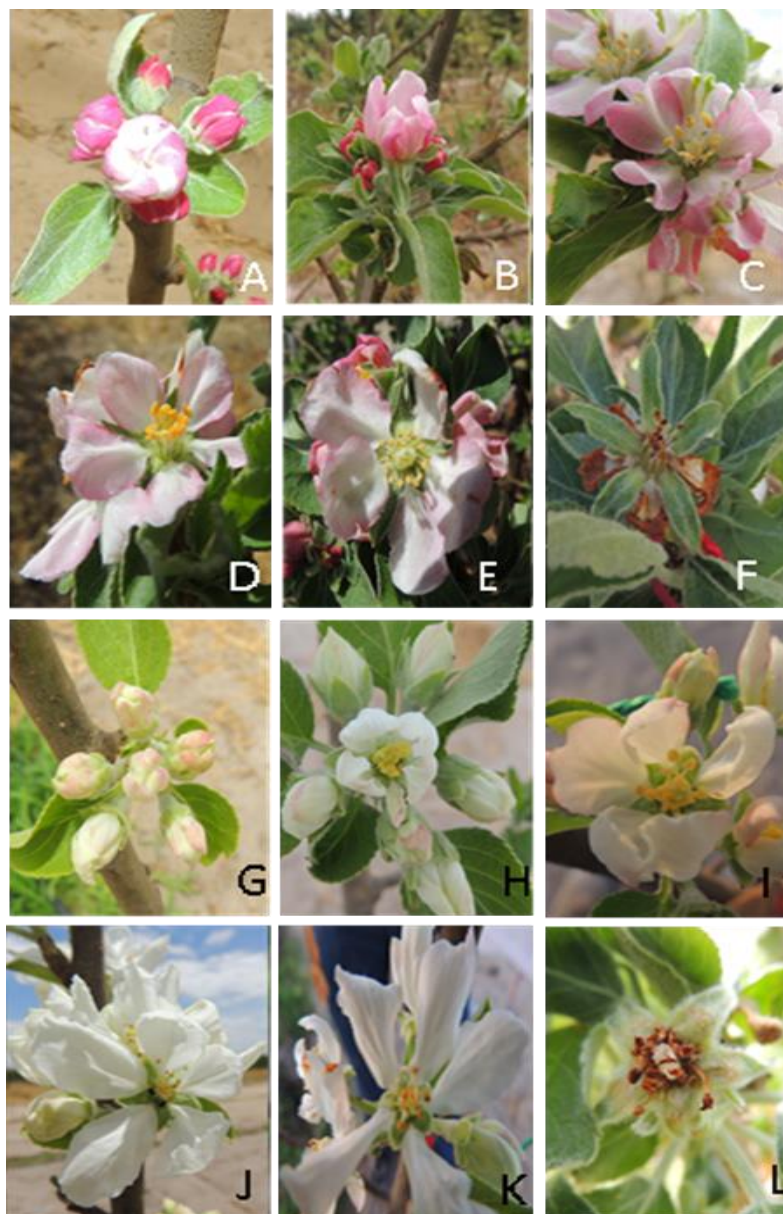
Análise estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Past 3.x , o teste estatístico utilizado foi o teste Mann-Whitn U .

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nós encontramos que no semiárido cearense, as macieiras das duas variedades de *M. domesticam* estudadas começaram a emitir flores sete dias após o tratamento de quebra de dormência, desfolha manual e aplicação de fitohormônio. Comparado aos estudos de Roberto (2006) e Chagas et al. (2012) desenvolvidos na região sul do Brasil, nossos resultados mostraram que a resposta aos tratamentos para quebra de dormência das gemas no semiárido foi significativamente mais rápida. Esses autores encontraram flores a partir de 50 e 30 dias, respectivamente. Talvez a temperatura elevada e menor altitude possam ter alterado as funções orgânicas nas variedades de *M. domestica* estudadas fazendo com que estas respondessem à quebra da dormência das gemas de forma mais rápida.

Aqui, nós verificamos que as flores das duas variedades estudadas são actinomorfas, hermafroditas, pentâmeras com 5 estiletes unidos na base, um ovário ínfero contendo 5 carpelos com 2 óvulos cada. A cor varia de rosa escuro, quando em botões em estágio “balão”, à rosa claro para flores de terceiro dia na var. Princesa (Figura 2A-F), e róseo-alva, quando em botões em estágio “balão”, à branca, logo após a antese, na var. Julieta (2G-N). Apesar das condições climáticas no semiárido, as flores das duas variedades apresentaram-se dentro dos padrões encontrados em condições de clima temperado (PRATT,1988; JANICK et al., 1996; PEREIRA-LORENZO et al., 2009).

Figura 2 - Ciclo floral nas variedades de *Malus domestica* estudadas. A e G: botões florais “balão”. B e H início da antese. C e I: flores com anteras ainda fechadas. D e J: flores com anteras abertas. E e K: flores no início da senescência. F e L: senescência

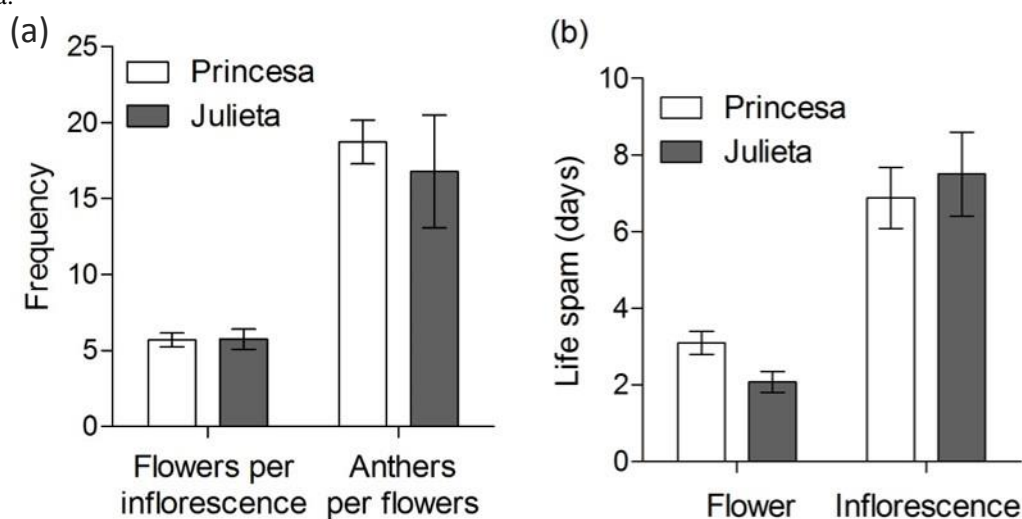


Nós não encontramos diferenças na produção de flores por inflorescência entre as variedades aqui estudadas (Mann-Whitney $U = 1145$, $p = 0,3690$) (Figura 3A). Nossos resultados corroboram os de Racskó; Miller (2010), que sugerem que variedades comerciais usualmente apresentam em média cinco flores por inflorescência. Freitas (1995), estudando sete variedades de *M. domestica* em região de climas temperado, verificou uma produção entre quatro e sete flores por inflorescência. Isso sugere que o cultivo em temperaturas mais elevadas, como as do semiárido, não necessariamente afeta a produção de flores. Por outro lado, Petri et

al. (2006), em estudo no sul do Brasil, encontraram um número reduzido de flores, em média três flores/inflorescência, em macieiras que não atingiram suas necessidades de acúmulo de frio.

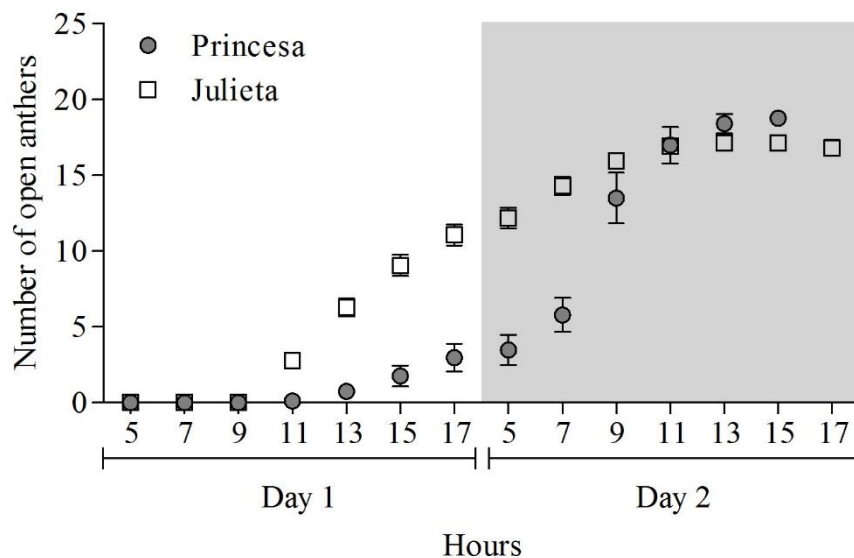
Embora nós não tenhamos encontrado diferenças na produção de flores por inflorescência entre as variedades estudadas e comparando com as cultivadas em clima temperado, nós observamos diferença significativa no número de anteras produzidas por flor (Mann-Whitney $U = 608,5$, $p < 0,001$) entre as variedades, sendo a var. Princesa (receptora de pólen) a que apresentou a maior quantidade de anteras/flor (Figura 3A). Os nossos resultados encontram-se dentro da média observada para *M. domestica*, que variam de 16 a 20 anteras por flor (DALL'ORTO et al. 1985, JANICK et al. 1996, LUCHI, 2002; de ALBUQUERQUE et al. 2010).

Figura 3 - Características florais das variedades Princesa e Julieta de *Malus domestica* cultivadas no semiárido nordestino brasileiro, no município de Russas-CE. A: número médio de flores por inflorescência e de anteras por flores para cada variedade estudada. B: longevidade média de uma flor e da inflorescência para cada variedade estudada.



Quanto a produção de pólen, nós verificamos uma produção média de anteras liberando pólen por flor nas variedades Princesa e Julieta de $18,76 \pm 1,378$ e $16,8 \pm 3,681$, respectivamente. Observamos também que mais de 80% das anteras liberaram os grãos de pólen até 28 horas após a antese (Figura 4). Nesse estudo nós verificamos que na var. Julieta, a doadora, a liberação do pólen ocorreu a partir das 9:00h do primeiro dia, com pico às 13:00h do dia seguinte (Figura 4), sendo mais uma das diferenças encontradas quando comparamos às regiões temperadas onde as anteras iniciam a deiscência do meio para o final da tarde (FREE, 1993; FREITAS 1995).

Figura 4 - Liberação de pólen em flores das variedades Julieta e Princesa de *Malus domestica* cultivadas no semiárido nordestino brasileiro, no município de Russas-CE.



Nós também verificamos uma perda no número de anteras durante o período de duração da flor, levando em conta desde o início da antese até a senescência. A var. Julieta, doadora de pólen, perdeu percentualmente quase o dobro das anteras quando comparada à var. Princesa ($var_{Princesa} = 19,87\% \pm 10,82$; $var_{Julieta} = 9,61\% \pm 15,79$; Mann-Whitn $U = 736,5$; $p = 0,0003$) (Figura 5). Essas perdas deviam-se tanto por a antera se destacar da flor antes mesmo de liberar o pólen, ou por apresentar pólen ressaco e inviável quando da antese até sua senescência.

Figura 5 - Injúria ocasionada pelas altas temperatura horas após a antese de flores de *Malus domestica* cultivadas no semiárido nordestino brasileiro, no município de Russas-CE.



No que se refere à receptividade estigmática, nós observamos que os estigmas na var. Princesa, receptora, já estavam receptivos nos botões florais em estágio “balão”, corroborando os resultados obtidos por Losad; Herrero (2012). Em relação ao período de duração da receptividade, verificamos que os estigmas estiveram receptivos por até 3 dias após a antese, um dia a menos que o encontrado por Freitas (1995) em ambiente temperado.

Com relação à longevidade das flores, nós observamos que na var. Julieta (doadora de pólen) as flores duraram menos dias do que as da var. ($Var_{Julieta} = 2,04 \pm 0,197$; $Var_{Princesa} 2,93 \pm 0,274$; Mann-Whitney $U = 150$, $p < 0,0001$) (Figura 3B). Entretanto, na var. Julieta a longevidade da inflorescência foi, em média, um dia a mais (Figura 3B). O maior período de duração da flor receptora em relação à doadora de pólen possibilita maiores chances de ser polinizada e conseqüentemente maior probabilidade para a formação do fruto (HARDER; JOHNSON, 2005).

O período total de floração nas duas variedades aqui estudadas, com duração de 37 dias, foi maior do que o observado em outras regiões com temperaturas mais amenas. No sudeste do Brasil, Chagas et al. (2012) estudaram diferentes variedades de *M. domestica*, incluindo a var. Princesa, e relataram diferenças no período de florescimento, variando entre 21 a 33 dias. A var. Princesa foi uma das que apresentaram o maior período de florescimento, entre 30 e 33 dias, no entanto ainda inferior ao observado nesse estudo.

Nossos resultados mostram que apesar das variedades estudadas sob as condições ambientais no semiárido nordestino tenham sido capazes de florescer, a fenologia floral apresentou-se diferente daquela observada para *M. domestica* em condições temperadas, inclusive a mesma variedade Princesa (CHAGAS et al., 2012; de ALBUQUERQUE, 2010). Essas diferenças podem ter efeitos significativos na polinização e produção da cultura, uma vez que a macieira é altamente dependente da polinização cruzada entre as variedades cultivadas (Kevan, 2010), quando adicionamos esse comportamento a menor longevidade, aumento na perda de anteras e menor disponibilidade de pólen para polinização apresentado pelas flores, pode-se levar o cultivo a déficits de polinização.

A explicação mais plausível para as alterações fenológicas observadas é a elevada temperatura média do local do plantio. Nós verificamos média de $30,21^{\circ}\text{C} \pm 4,18$ durante o período de florescimento, temperatura maior até do que a média para a região do semiárido nordestino, que varia entre 23 e 27°C (MOURA et al. 2007). Altas temperaturas podem influenciar a aceleração das atividades metabólicas nas flores, fazendo com que estas tenham

seus ciclos de vida acelerados em comparação às flores de regiões de climas mais amenos (CHMIELEWSKI et al. 2004). Além disso, elevadas temperaturas podem alterar a formação dos tecidos das anteras (ZINN et al. 2010) e afetar o transporte de fotoassimilados até as estruturas reprodutivas, podendo resultar em altas taxas de abscisão de botões florais e anomalias na frutificação (Zhao et al. 2005; Snider e Oosterhuis 2012).

Na família Rosaceae, a qual pertence a macieira, pesquisas demonstraram que temperaturas mais elevadas e/ou outro tipo de estresse ambiental, têm sido os principais fatores que afetam negativamente o pólen e pistilo (YOUNG et al., 2004; KOTI et al., 2005 e HEDLY et al., 2005). Ademais, Petri (1976) alega que as condições ambientais têm grande influência na formação das anteras da macieira, podendo afetar a quantidade formada de um ano para o outro. Nós observamos que as anteras das variedades Princesa e Julieta, quando expostas por mais tempo à incidência solar, entraram em processo de abscisão mais rapidamente e, dependendo do tempo de exposição, as injúrias foram ainda maiores nas flores. Esses processos fisiológicos e suas implicações para a polinização e fertilização precisam ser melhor entendidos, pois Hasanuzzaman et al. (2013) afirmam que com as mudanças climáticas, as plantas serão submetidas à condições de temperatura maiores do que aquelas suportadas em ambientes naturais, o que promoveria comportamentos atípicos, como injurias e aceleração de metabolismo em virtude das novas condições impostas pelo ambiente.

Além disso, estudos têm mostrado que mudanças na morfologia floral, dentre ele alguns sinais florais, como por exemplo, a cor, os compostos voláteis e os guias de néctar, determinam o padrão de visitação dos polinizadores, podendo interferir com o serviço de polinização (VOGUEL, 1969; DAFNI, 1992; TUELL; ISAACS, 2010). Por outro lado, com o aumento da temperatura e da radiação solar, ocorre significativamente um aumento na emissão de voláteis associados à atração de insetos polinizadores (JAKOBSEN; OLSEN, 1994). Mesmo após a polinização, temperaturas acima de 30°C podem afetar drasticamente a função reprodutiva de várias espécies cultivadas, principalmente a fertilização, por meio da inibição do desenvolvimento do gametófito masculino e do feminino, interrupção da germinação dos grãos de pólen, limitação do crescimento do tubo polínico, dentre outros (KAKANI et al., 2005; HEDLY et al., 2005; JAIN et al., 2007; HEDHLY et al., 2009; SNIDER et al., 2009, 2011; SNIDER; OOSTERHUIS, 2012; SNIDER; KAWAKAMI, 2014).

Finalmente, nosso estudo mostrou que as duas variedades atingiram a fase reprodutiva e produziram flores viáveis. No entanto, as condições ambientais do semiárido nordestino,

principalmente a temperatura elevada, influenciaram na fenologia floral das variedades de macieira estudadas reduzindo a longevidade das flores e a disponibilidade de pólen. Segundo Blümel (2015), o sucesso reprodutivo de plantas está relacionado à complexa rede de fatores epigenéticos e sua interação com estímulos externos. Além disso, o cultivo de espécies originalmente de clima temperado em ambientes tropicais tem se tornado uma realidade e as mudanças climáticas que se avizinham tornarão cada vez mais necessário o cultivo em condições de temperaturas mais elevadas (Hasanuzzaman et al. 2013). Portanto, há a necessidade de estudos que desenvolvam variedades mais adaptadas às condições tropicais, como também novos arranjos de plantio que possam compensar a menor disponibilidade de pólen observado no momento.

2.4 CONCLUSÕES

Nós concluímos com os resultados obtidos nesse estudo que as variedades de macieira cultivadas no semiárido cearense apresentam aspectos favoráveis para o seu plantio, com resposta mais rápida à floração, sete dias após indução floral, longevidade floral média abaixo do esperado para *M. Domestica* em regiões de clima temperado ou com temperatura mais amenas, mas apresentando período de floração estendido. Portanto, as temperaturas altas são favoráveis nesses aspectos. Por outro lado, concluímos também que a temperatura elevada pode ter sido responsável por queimas nos botões florais e flores abertas, além da perda de anteras e de pólen. Entretanto, entendemos que esse foi um dos estudos pioneiros à avaliar os cultivos de macieira no semiárido nordestino brasileiro, sendo necessários mais estudos à longo prazo para avaliar a produtividade em resposta às condições climáticas do semiárido. Por fim, as duas variedades estudadas têm um alto potencial reprodutivo no semiárido, sendo importante modificar alguns aspectos no plantio, como por exemplo, aumentar o número de indivíduos da var. Julieta, a doadora, para compensar as perdas de anteras e de pólen, caso o produtor escolha cultivar essa variedade como variedade doadora de pólen.

**CAPITULO III – ABELHAS VISITANTES FLORAL E POTENCIAIS
POLINIZADORES DA MACIEIRA (*Malus domestica* Borkh) NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

RESUMO

Com a expansão do cultivo de macieira (*Malus domestica* Borkh) no semiárido nordestino brasileiro se faz necessários estudos do comportamento e polinização dos possíveis polinizadores da região. No presente estudo, os insetos foram os visitantes florais mais abundantes, com as abelhas representando ca. 61,8%, seguidos pelas vespas 18,6%. As flores da macieira apresentaram pico de visitação no período da manhã, até as 12:00h (81,57%). Por se tratar de uma cultura dependente de polinização cruzada para o vingamento do fruto, foi observada a atratividade das flores para as abelhas em diferentes idades, obtendo $18,66 \pm 4,93$; $41,3 \pm 7,63$ e $4,6 \pm 1,52$, em flores de 1º, 2º e 3º dia, respectivamente, mostrando que as flores de 2º dia são mais atrativas para as abelhas ($p < 0,05$). Foi observado que apenas uma visita de *Apis mellifera* foi suficiente para promover o vingamento do fruto, independentemente da idade da flor, não tendo diferença significativa entre flores com 1, 2 e 3 dias após a antese ($p > 0,05$). Além disso, a *Apis mellifera* é um polinizador eficiente para a cultura. A introdução de colônias dessa abelha no pomar se faz necessário, pois esta foi a espécie mais frequentemente observada nas flores da macieira. As mesmas taxas de vingamento obtidas pela polinização cruzada manual são obtidas pela abelha, havendo um aumento nas taxas de vingamentos de frutos em pelo menos 6,66%, quando comparados à polinização livre e a autopolinização, diante dos resultados, se faz necessário a utilização da abelha como agente polinizador da cultura sobre estas condições, para que se atinja a viabilidade de um plantio comercial.

Palavras-chave: Maçã. Semiarido. Polinização. *Apis mellifera*.

ABSTRACT

The expansion of apple cultivation (*Malus domestica* Borkh) to the Brazilian northeast semiarid may lead necessary studies of visitors and pollinations in this region. So in the present study, insects were the most abundant flower visitors, with bees representing 61.8%, followed by wasps 18.64%. Apple tree flowers had peak visitation in the morning (81.57%). This culture is a cross-pollination-dependent to the ripening fruit. We observed different ages of flowers attractiveness by bees, and we obtained 18.66 ± 4.93 ; 41.3 ± 7.63 and 4.6 ± 1.52 , on 1 flowers, 2 and 3 days, respectively, showing that the 2nd day of flowers are more attractive to bees ($p < 0.05$). It was observed that only one visit of *Apis mellifera* was sufficient to promote ripening fruit, irrespective of flower age, with no significant difference between flowers with 1, 2 and 3 days after anthesis ($p > 0.05$). Moreover, *Apis mellifera* is an efficient pollinator culture. The introduction of bee colonies in the orchard is necessary, because this species was the most frequently observed in apple tree flowers. The same rates of manual cross-pollination treatment was observed by bees treatment (6.66%) when compared to the free pollination and self-pollination. Showing is necessary use bee as pollination of culture on these conditions, to bring it to a commercial orchard viability.

Keywords : Apple. Semiarid. Pollination. Visitors *Apis mellifera*

3.1 INTRODUÇÃO

A polinização é um dos mecanismos mais importantes na manutenção e promoção da biodiversidade, pois a maioria das plantas depende dos agentes polinizadores para sua reprodução sexuada e, em contrapartida, os recursos florais constituem as principais fontes de alimento para diversos grupos de animais (ENDRESS, 1998). Ela consiste na transferência do pólen das anteras para o estigma da mesma flor ou entre flores diferentes da mesma espécie e é considerada como evento-chave na reprodução de algumas espécies de plantas e de fundamental importância para a produção agrícola (CONSTANZA *et al.*, 1997; DONG *et al.*, 1998; KEVAN, 2010).

Os agentes polinizadores que mais se destacam são os animais, uma vez que respondem por aproximadamente 90% da polinização das angiospermas. Além disso, cerca de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores dependem da polinização realizada por esses indivíduos (SHEPHERD *et al.*, 2003; RICKETTS *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2009). Dentre os animais, os insetos polinizam a maioria das plantas com flores. (NABHAN; BUCHMANN, 1997; KEARNS *et al.*, 1998; KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002; SHEPHERD *et al.*, 2003; RICKETTS *et al.*, 2008). Portanto, são os principais polinizadores da maioria das culturas agrícolas e plantas silvestres e assumem o status de maiores responsáveis por proverem uma nutrição vital aos seres humanos ao redor do mundo, através da produção de alimentos de origem vegetal e animal (EILERS *et al.*, 2011).

Na agricultura, o comportamento dos visitantes nas flores é fundamental, pois muitas vezes eles podem de forma involuntária, proporcionar a reprodução da planta (KEVAN, 2010). O fruto gerado como resultado de uma polinização bem feita se apresenta com melhor qualidade e conformação (ANDRADE, 2009; OLIVEIRA, 2010; MAGALHÃES, 2012; RIZZARDO, 2012; CAVALCANTE, 2013). Sendo assim, o conhecimento dos potenciais polinizadores de uma cultura possibilita o estudo dos seus comportamentos na flor, como por exemplo, observar o tipo de recurso coletado ou manuseado, se ao pousar ou voar ele toca os órgãos reprodutivos, se após visitar a flor carrega voluntária ou involuntariamente grãos de pólen em seu corpo, se quando usa a flor como local de acasalamento ou coleta de óleos e essências ele de alguma forma aumenta a dispersão de pólen sobre o estigma, entre outros. Tais conhecimentos permitem identificar os agentes polinizadores mais eficazes e o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a sua eficiência na polinização da cultura alvo. Isso é particularmente

importante em culturas altamente dependentes de polinizadores bióticos, como a macieira (*Malus domestica Borkh*), por exemplo.

A macieira, árvore pertencente à família Rosaceae, possui um fruto bastante difundido ao redor do globo terrestre, sendo caracterizada como uma das mais importantes frutas de regiões frias e temperadas e um dos principais produtos agrícolas do mundo (ZOHARY; HOPF, 2000; FAO, 2014). Assim como em muitas outras famílias vegetais, as flores das rosáceas evoluíram para a polinização entomófila, sendo bastante grandes, coloridas, perfumadas e produzem pólen e néctar (WERTHEIM; SCHMIDT, 2005). A macieira, por sua vez, é uma planta alógama e apresenta grande quantidade de cultivares com alto grau de incompatibilidade (DELAPLANE; MAYER, 2000; ALBUQUERQUE, 2005). Essa particularidade faz com que o produtor de maçãs seja obrigado a plantar mais de uma variedade em um mesmo pomar (SOSTER; LATORRE, 2007), e que estas precisem apresentar um sincronismo de florescimento (CERTAL *et al.*, 1999; KEVAN, 2007) para possibilitar a polinização cruzada entre as diferentes variedades tornando a atividade viável economicamente. Além disso, o trabalho dos agentes polinizadores bióticos é indispensável, pois a polinização pelo vento (anemofilia) é praticamente inexistente nessa cultura (FREE, 1989), uma vez que o grão de pólen da macieira é pegajoso e de difícil dispersão pelo ar.

No entanto, a crescente demanda por produtos agrícolas em função do aumento no consumo mundial de alimentos e biocombustíveis, principalmente, têm levado a formação de grandes áreas para monoculturas e causado dificuldades para a manutenção de polinizadores nesses ambientes altamente antropizados. Culturas que são dependentes de polinizadores, como a maçã, tem sua produção reduzida quando suas áreas de cultivo apresentam uma baixa oferta de alimentos e perda dos locais de nidificação para os polinizadores fatores estes ocasionados pelo aumento da área de cultivo dessa e de outras culturas (DE MARCO JR.; COELHO, 2004; RICKETTS *et al.*, 2008). Dessa forma, os polinizadores silvestres não se mostram suficientes para realizar uma polinização eficiente e a introdução de polinizadores manejados pelo homem se faz necessário em muitas áreas agrícolas.

O uso de polinizadores bióticos manejados é atualmente prática comum no cultivo da macieira e Levin (1984) estima que 90% do sucesso do cultivo comercial, esteja diretamente ligado ao serviço de polinização. A abelha melífera (*Apis mellifera*) é o agente polinizador mais utilizado em escala global para essa cultura, devido a uma série de fatores, mas principalmente por visitar bem as flores da macieira, viver em grandes colônias, aceitar ninhos artificiais

(colmeias), ter manejo conhecido e ser cosmopolita (FREE, 1993; ROUBIK 1989; MICHENER 2000). No entanto, outras espécies de abelhas também têm sido utilizadas eficientemente na polinização da macieira. Em regiões muito frias, onde as colônias de *A. mellifera* ainda estão fracas no início da primavera, quando ocorre o florescimento da macieira, ou em novos locais de cultivo onde a presença da abelha melífera não é permitida ou aconselhável, o uso de outras espécies de abelhas é preferido (FREE, 1993, MATTU et al., 2012) Nessas situações, espécies nativas eficientes precisam ser identificadas e estudadas para esse fim, como aconteceu com espécies do gênero *Osmia* em países escandinavos e no Japão, por exemplo (VICENS; BOSCH, 2000).

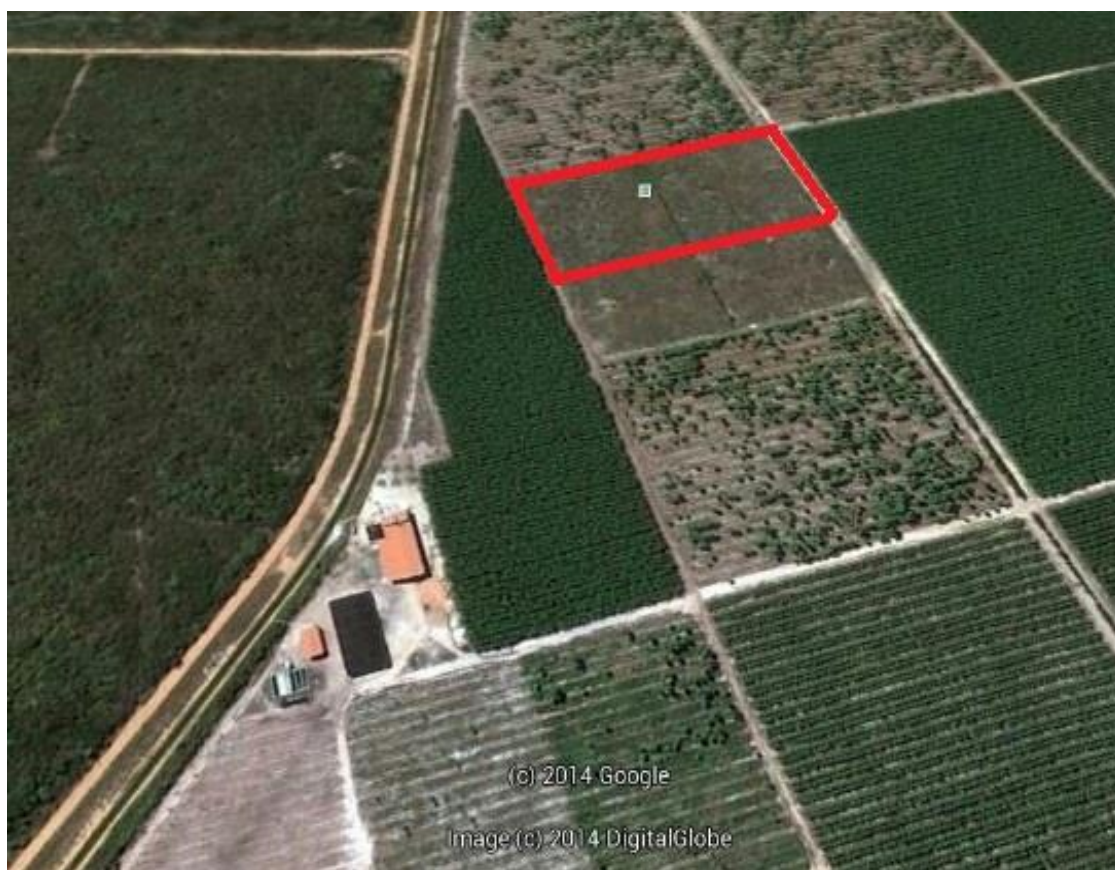
No Brasil, o cultivo da macieira está se expandindo para novas áreas, onde a ocorrência de baixas temperaturas é reduzida ou mesmo inexistente. Uma dessas regiões é o semiárido nordestino. Embora seja possível induzir o florescimento da macieira por meios físicos e químicos, nada se sabe sobre os potenciais polinizadores nativos ou da efetividade da abelha melífera como polinizadora dessa cultura nas condições do sertão nordestino. Portanto, o objetivo desse estudo foi adquirir conhecimento sobre os visitantes florais, comportamento e eficiência de polinização da abelha *A. mellifera* para a cultura da macieira no semiárido brasileiro.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

3.2.1 Localização e características da área do experimento.

O trabalho foi conduzido em uma área de 0,5 hectares (Figura 15), com localização geográfica de 04°57'46,1'' S e 38°02'35'' W e 91 metros de altitude, em um plantio experimental de maçã (*Malus domestica* Borkh) com 30 meses de idade, pertencentes a empresa FrutaCor situada no Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas, localizado no município de Russas, porção nordeste do estado do Ceará, a 170km da capital Fortaleza. A área apresenta solo do tipo Podzólico Vermelho – Amarelo e unidade fitoecológica caracterizada como sendo caatinga arbustiva densa, clima tropical quente semiárido, pluviosidade média de 857,7 mm e temperatura média variando de 26° a 28° C (IPECE, 2011).

Figura 6 - Local do experimento dentro da empresa agrícola FrutaCor, município de Russas- CE.



*Fonte: Google Earth

As maiores precipitações pluviométricas ocorrem entre os meses de fevereiro e abril, onde ocorre, em média, cerca de 50% das precipitações anuais, enquanto que o período menos chuvoso ocorre no trimestre setembro-novembro, com 1% do total anual. A média do número de dias de chuva/ano, é da ordem de 60 dias. A umidade relativa média anual é pouco superior a 60%, com máximas no trimestre março-maio e mínimas em setembro.

As temperaturas médias mensais oscilam em torno de 27%, com mínimas no período maio-junho e máximas no trimestre novembro-janeiro. A insolação média anual atinge cerca de 2.900 horas/sol, sendo fevereiro o mês menos ensolarado e agosto o com maior número horas/sol/dia. A evaporação média anual, medida em tanque Classe A, é da ordem de 2.900mm, correspondendo a uma evaporação no lago de cerca de 2.000mm/ano.

O clima, segundo a classificação de (Köppen, 1949), pode ser classificado como Bsh, ou seja, seco, muito quente, com volume de precipitações distribuídos irregularmente, ao longo do ano (inverno úmido), e com temperatura média anual superior a 18°C. A média do mês mais frio é, também, superior a esse limite. Na área do perímetro irrigado, a direção predominante dos ventos é Leste-Oeste, não havendo incidência de dias de ventania e velocidade média dos ventos fica em torno de 4,50m/s (DNOCS, 2013).

O experimento foi conduzido no segundo semestre de 2013 quando a empresa pela primeira vez tentou colher frutos pela segunda vez no mesmo ano. A indução floral ocorreu no dia 17 de outubro e com sete dias do tratamento para a quebra da dormência, já se observava em campo o início da floração onde se iniciou o experimento.

3.2.2 Escolhas da variedade

A área experimental (Figura 16) possui 0,5 hectare cultivado com 6 variedades de macieira distribuídas aleatoriamente em 9 linhas sendo 3 com a variedade Princesa e 2 com a variedade Julieta as quatro linhas restantes foram cultivadas com quatro diferentes variedades. Cada linha possui 86 plantas com espaçamento de 1 metro entre plantas e 4 metros entre colunas. As variedades Princesa, criada pela Estação Experimental de Pesquisas de Santa Catarina (EPAGRI) e a variedade Julieta, criada pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) podem ser observadas na Figura 17, sendo a primeira receptora de pólen e a segunda doadora para essas condições. As referidas variedades foram selecionadas devido à resposta positiva ao

tratamento químico e físico para indução floral, frutificação e rusticidade. O esquema abaixo mostra o croqui da área e a distribuição das variedades no pomar experimental (Figura 18).

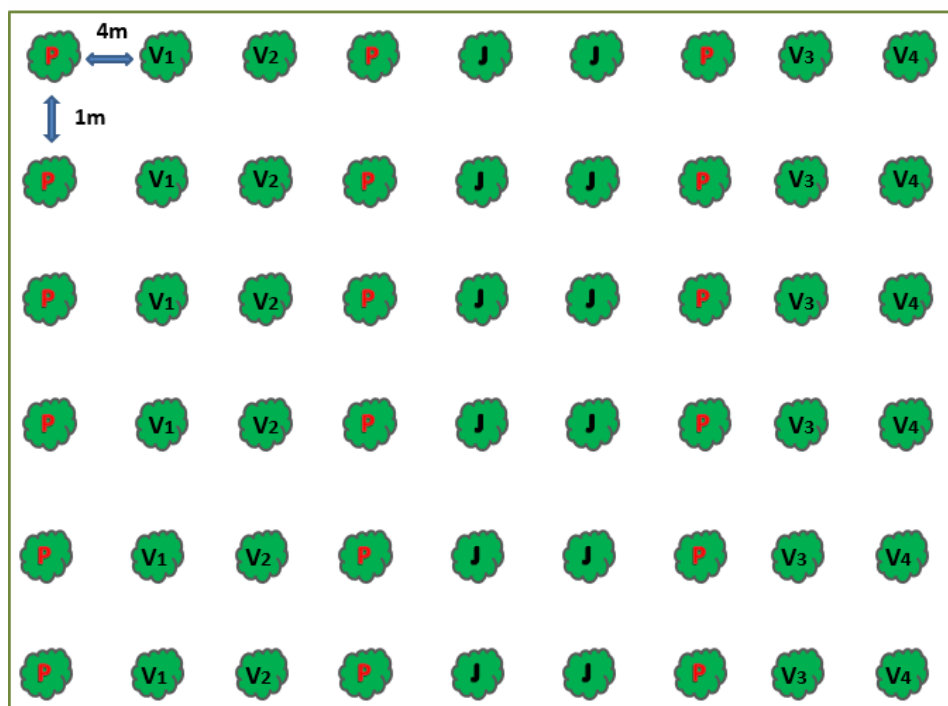
Figura 7 - Área do plantio experimental da empresa FrutaCor, Russas-Ceará.



Figura 8 - Flores da variedade Princesa (A) e Julieta(B), respectivamente.



Figura 9 - Croqui da área experimental, P- cultivar Princesa, receptora de pólen; J- cultivar Julieta, doadora de pólen. V1; V2; V3- variedades que não apresentaram resposta aos tratamentos para quebra da dormência



3.2.3 Visitantes florais

As observações dos visitantes florais foram feitas durante 2 dias consecutivos, no período de florescimento da cultura. A cada 20 minutos por hora, no período das 5:00h às 17:00h, utilizando para tanto transetos na área experimental.

A coleta dos visitantes florais foi realizada com auxílio de uma rede entomológica e os insetos coletados foram mortos em uma câmara mortífera utilizando-se acetato de etila e posteriormente os insetos foram separados por grupos, alfinetados, montados em quadros entomológicos para *a posteriori* serem realizadas as identificações.

3.2.4 Requerimentos de Polinização

O período de florescimento da macieira para as condições do semiárido está restritamente ligado à utilização de indutores florais para que ocorra a quebra da dormência da planta que passa a emitir botões florais reprodutivos.

As observações foram realizadas no mês de novembro de 2013, os materiais utilizados foram linhas e vies coloridos para identificação e marcação dos botões em estágio balão. Foram aplicados 3 tratamentos com polinização controlada durante o florescimento da cultura. Sendo os tratamentos T1 e T2 realizados antes da introdução das colmeias.

T1: Autopolinização Manual (AP) – Foram marcados e ensacados 15 botões florais aleatoriamente no pomar em estágio balão. Após a abertura das flores, os grãos de pólen foram dispersos na superfície estigmática da própria flor, para a realização do teste da autogamia.

T2: Polinização Cruzada Manual (PCM) – Quinze botões florais foram marcados e ensacados em estágio balão e após a abertura, foi realizada a polinização com a dispersão do pólen oriundo da variedade Julieta no estigma da variedade Princesa (receptora), e em seguida as flores foram ensacadas novamente.

T3: Polinização Livre (L) – Quinze botões florais foram marcados e acompanhados durante o experimento.

3.2.5 Eficiência da *Apis mellifera* na polinização da macieira

Foram selecionadas três colmeias de abelhas africanizadas em modelo Langstroth, de um apicultor da região. As colmeias com características e número de indivíduos semelhantes foram transportadas a noite para a região do pomar (Figura 19a) por motivo de segurança, para causar o menor estresse possível para as abelhas e para que todas as forrageiras já estivessem regressadas a colmeia.

Ao chegar à área do experimento, as colmeias foram colocadas a 20 metros de distância do pomar, dispostas paralelamente às linhas e espaçadas umas das outras em 20 metros de distância (Figura 19b), objetivando-se aumentar a uniformidade da distribuição de indivíduos

na área. Após a instalação das colmeias, foram retiradas as esponjas do alvado que bloqueava a saída de abelhas para que, logo ao amanhecer, as abelhas já pudessem realizar voos de reconhecimento de área.

Figura 10 - (A) transporte noturno. (B) disposição das colmeias em relação ao pomar experimental de macieira em Russas - Ceará



Para o experimento de eficiência de polinização foram ensacadas 105 flores em estágio balão, onde foram selecionadas e marcadas 15 flores para cada tratamento, com auxílio de viés nas cores branca para flores de um dia, azul para flores de segundo dia e verde para flores de terceiro dia e no viés eram marcados o número de visitas realizadas pelas abelhas *A. mellifera* que tocaram os órgãos reprodutores das flores, que para o experimento foram do número 1 ao 3. Para flores de terceiro dia, somente foram realizados tratamentos de uma visita. Os dados foram analisados pelo programa estatístico Past 3x. utilizando o teste estatístico de Kruskal-Wallis.

Os tratamentos com *A. mellifera* foram classificados em:

1D1V- flores de primeiro dia com uma visita;

1D2V- flores de primeiro dia com duas visitas;

1D3V- flores de primeiro dia com três visitas;

2D1V- flores de segundo dia com uma visita;

2D2V- flores de segundo dia com duas visitas;

2D3V- flores de um segundo dia com três visitas;

3D1V- flores de terceiro dia com uma visita.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Visitantes florais

Foram amostrados 118 indivíduos, distribuídos em quatro Ordens diferentes, sendo 82,20% pertencentes a Ordem Hymenoptera (Tabela 1). O diversidade de insetos observados e coletados durante o estudo sobre os visitantes florais da macieira no semiárido brasileiro foi bastante reduzidos em comparação a outros estudos. Isso pode ter ocorrido por se tratar de uma área de cultivo intenso de monocultura (*Musa* sp.) ao redor da área experimental de macieira, não apresentando no entorno vegetações naturais ou vegetações com grande diversidade de espécies melitofílicas e locais para nidificação, como discriminam os seguintes autores Chacoff; Aizen, 2006; Garibaldi *et al.*, 2011; Watson *et al.*, 2011; Holzschuh *et al.*, 2012; Garratt *et al.*, 2013.

Table 1 - Número de visitantes florais da macieira (*Malus domestica* Borkh) relacionados as ordens, observados no Semiárido nordestino brasileiro, no município Russas, Ceará

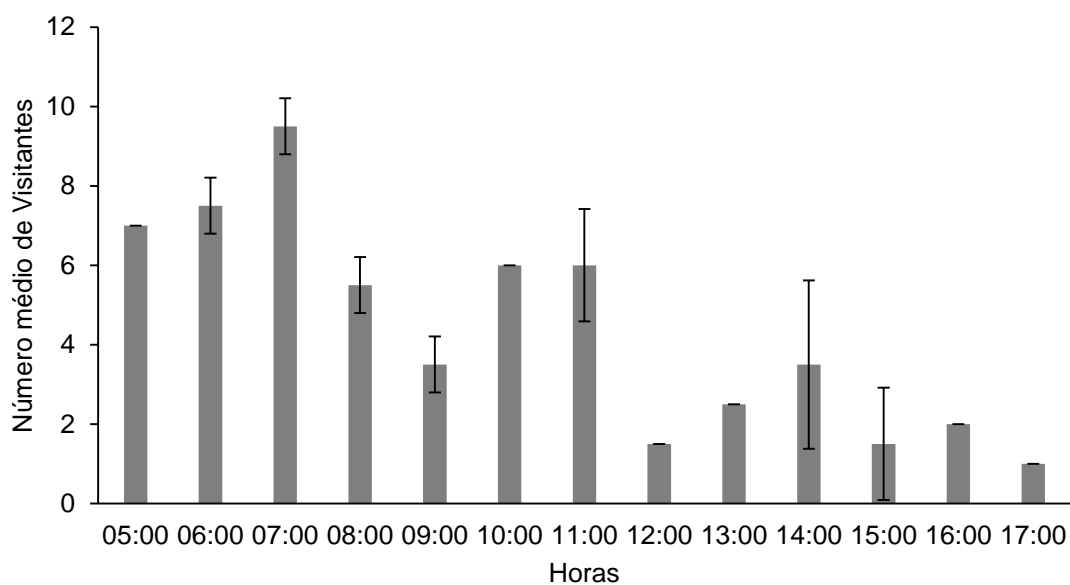
| Ordem | Número de visitantes |
|-------------|----------------------|
| Coleoptera | 5 |
| Diptera | 2 |
| Lepidoptera | 14 |
| Hymenoptera | 97 |

As flores da macieira foram vistas durante todo o dia, entre as 5:00h e 17:00h. No entanto, 81,57% ocorreram no período da manhã, até as 12:00h, e pico de visitação foi observado entre 6:00h e 07:00h (Figura 20).

A maioria dos insetos observados e coletados em campo durante o tratamento para visitantes florais são pertencentes a ordem dos Hymenoptera (83%) e Coleoptera 4,3%. Resultados semelhantes foram observados por Melo Junior (2007) trabalhando com amora preta (*Roseaceae*) em Santa Catarina, que encontrou grande número de insetos pertencentes à essas duas (97%, 5%, respectivamente). Este mesmo autor relatou que a *A. mellifera* foi o inseto mais abundante forrageando nas flores da amoreira preta.

Dentro os 97 insetos coletados pertencentes à ordem dos Hymenoptera, dois eram Formicídeos, 22 Vespídeos e 73 Apídeos. Na tabela 2 são apresentados os indivíduos dentro da superfamília Apoidea, destacando-se a abelha *A. mellifera*, que representou 90,41% dos Apoidea e 55,93% dos visitantes totais observados nas flores da macieira na área estudada (Figura 21).

A predominância de *A. mellifera* entre os insetos visitando as flores da macieira no semiárido nordestino não surpreende, haja vista, que essa espécie normalmente é o visitante mais abundante dessa cultura em várias partes do mundo, inclusive onde ela não é nativa, como encontrado no presente estudo (KEVAN, 2010; GARRATT *et al.*, 2013). No único estudo realizado sobre visitantes florais da macieira nordeste brasileiro, anterior ao presente estudo, *A. mellifera* também foi o visitante floral mais comum (SILVA, 2009). No entanto, nesse estudo os vespídeos representaram o segundo grupo de visitantes mais abundantes nas flores da macieira, enquanto que a referida autora observou dípteros. Embora os vespídeos possam ser polinizadores importantes de algumas espécies silvestres e cultivadas (FREE, 1993), eles não são relatados como polinizadores eficientes da macieira sendo normalmente observados apenas em comportamento de predação de larvas de Lepidoptera e/ou aracnídeos de pequeno porte (ELISEI *et al.* 2010). Dentre as espécies de abelhas observadas, apenas *A. mellifera* é apresentada constantemente como polinizadora da macieira, enquanto que não há relatos a esse respeito para das demais espécies (FREE, 1993; SILVA, 2009; KEVAN, 2010). No entanto, mesmo uma ou todas as três espécies encontradas nesse estudo possam eventualmente polinizar as flores da macieira, a pouca abundância dessas abelhas não as qualifica como polinizadores importantes dessa cultura nas condições e área estudadas.

Figura 11 - Média horária de visitantes nas flores da macieira cultivada no semiárido nordestino**Tabela 2** - Abelhas visitantes da macieira (*Malus domestica* Borkh) no Semiárido nordestino brasileiro.

| Superfamília | Família | Espécie | Número de abelhas |
|--------------|------------|----------------------------|-------------------|
| | Halictidae | <i>Augochlora</i> sp. | 1 |
| Apoidea | | <i>Centris analis</i> | 1 |
| | Apidae | <i>Xylocopa grisescens</i> | 5 |
| | | <i>Apis mellifera</i> | 66 |

Figura 12 - Espécies de abelhas observadas nas flores da macieira (*Malus domestica*) cultivada no semiárido nordestino.A- *Augochlora* sp.; B- macho de *Centris analis*; C- *Xylocopa grisescens*; D- *Apis mellifera*

As operárias de *A. mellifera* apresentaram dois comportamentos distintos quando forrageando nas flores da macieira por recursos; coletavam néctar pousando nas pétalas das flores e acessando os nectários pelo espaço entre as pétalas e as estruturas reprodutivas, em um comportamento conhecido por ‘side-working behavior’ (ROBINSON, 1979) e que normalmente não acarreta em polinização por não haver contato da abelha com as partes reprodutivas da flor (Figura 22A-B), ou coletavam pólen pousando sobre os estames e estigma e usando as pernas para jogar pólen sobre o seu corpo, entrando em contato direto com as estruturas reprodutivas e, potencialmente, sendo capaz de polinizar as flores (Figura 22C-D). Esses comportamentos já são bem documentados na literatura, mas geralmente as abelhas apresentam um terceiro comportamento, ao coletarem néctar pousando sobre os estames e estigma e introduzindo a probóscide e parte anterior do corpo por entre essas estruturas para atingir os nectários, podendo também polinizar a flor (STERN *et al.*, 2007, MATTU *et al.* 2012). O último comportamento não foi observado no presente estudo, sugerindo que toda a polinização que por ventura ocorra dependerá apenas das coletoras de pólen, o que pode afetar a produtividade da cultura haja vista que a proporção de coletoras desse recurso nas colônias é geralmente bem menor do que a de coletoras de néctar. Algumas variedades de macieira favorecem o ‘side-working behavior’ por terem pétalas mais abertas que facilitam o acesso pelas campeiras. A variedade Princesa, utilizada como receptora nesse estudo favorece esse comportamento e as implicações disso na polinização devem ser avaliadas.

As observações dos comportamentos de forrageamento de recursos florais foram relacionadas com as horas do dia e a temperatura tanto antes quanto depois da introdução de colmeias na área (Figuras 23 e 24). Antes da introdução de colmeias, quando apenas operárias de *A. mellifera* oriundas de ninhos silvestres nas proximidades forrageavam nas flores, as visitas ocorreram durante todo o dia, das 5:00h as 17:00h, com uma pequena interrupção por volta das 12:00h. Nessas condições, as abelhas coletavam pólen nas horas mais frescas do período matinal, entre as 5:00h e 09:00h deixando a coleta de néctar, com um número bem menor de campeiras entre as 9:00h e 16:00h (Figura 23). O início da coleta de pólen cedo do dia é incomum em macieira, que é conhecida por ser uma flor visitada para coleta de pólen apenas no período da tarde, pois é nesse horário que as anteras liberam pólen na maioria dos estudos realizados (PERCIVAL, 1955; FREE, 1993; FREITAS, 1995). Mesmo o estudo de Silva (2009), realizado com a mesma variedade Princesa na Chapada Diamantina, a visitação para

coelta de pólen só foi observada a partir das 11:00h. Certamente as condições climáticas do semiárido brasileiro influenciaram na liberação de pólen tão cedo do dia.

Após a introdução de colmeias na área, no entanto, o forrageio concentrou-se apenas no período da manhã, entre 5:00h e 11:00h. As coletoras de pólen mantiveram o seu padrão de coleta das 5:00h as 09:00h, como observado anteriormente, porém as coletoras de néctar reduziram suas atividades para o período entre as 9:00h e 11:00h, criando dois grupos de atividades distintas compartimentadas pela manhã e nenhum no período da tarde (Figura 24). Esse tipo de comportamento, concentrando o comportamento em períodos mais cedos do dia com o aumento da população de visitantes florais normalmente está associado ao aumento da competição pelos recursos florais (ROUBIK, 1989).

Figura 13 - *Apis mellifera* forrageando para néctar (A e B) e pólen (C e D) na flor da macieira no município de Russas-CE



Figura 14 - Número de abelhas *Apis mellifera* forrageando por néctar e pólen em flores de maçã (*Malus domestica*) e as variações na temperatura média ao longo do dia. Russas – CE.

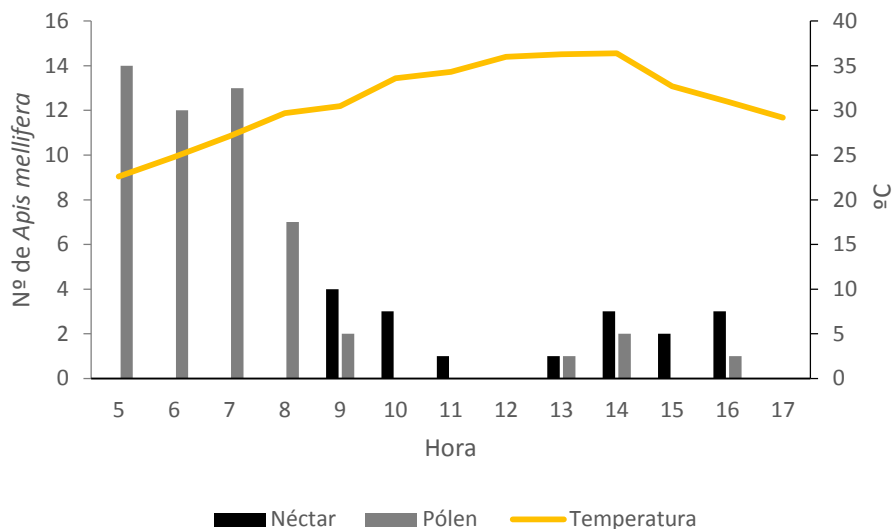
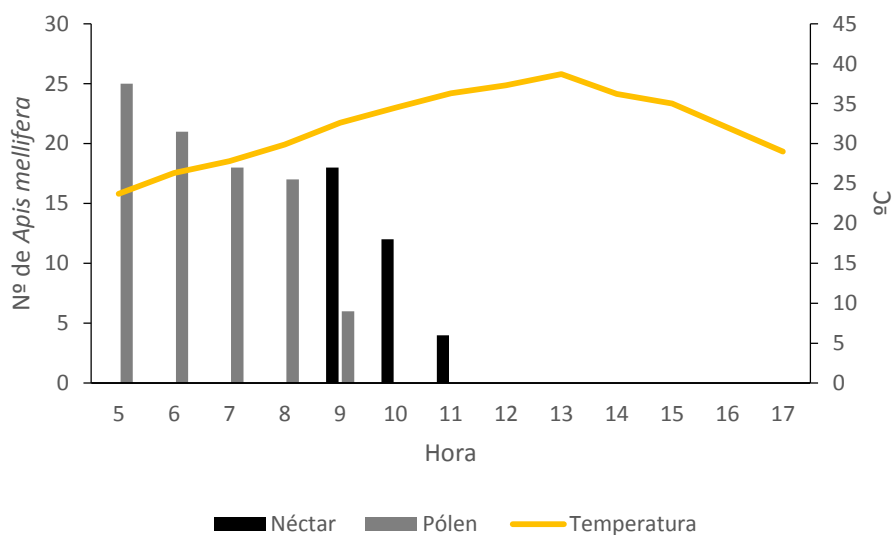


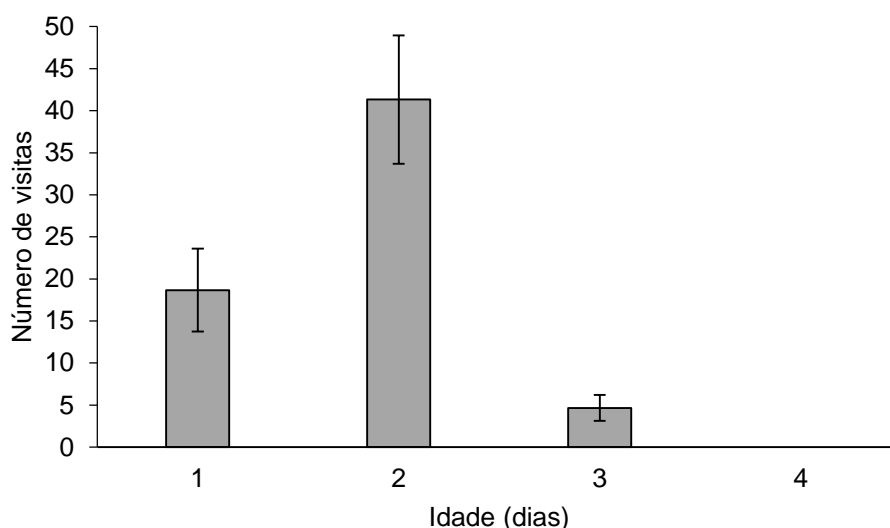
Figura 15 - Número de abelhas *Apis mellifera* forrageando em flores de macieira (*Malus domestica*) após a introdução de colmeias na área cultivada. Russas – CE.



Durante o estudo foi observada uma preferência da *A. mellifera* em relação à idade da flor, sendo as flores de segundo dia as mais visitadas (ANOVA, $p > 0,05$) (Figura 25). As flores de macieira passam vários dias abertas e liberam seus recursos progressivamente. Dessa forma, as forrageiras de *A. mellifera* geralmente preferem flores de idade intermediária, quando a maior

parte dos recursos florais são apresentados. As flores de macieira vivem, em média, de quatro a cinco dias e as flores entre os três e quatro dias de vida são as mais visitadas (FREITAS, 1995). No semiárido, no entanto, as flores duram apenas três dias e os recursos já estão praticamente esgotados no terceiro dia. Dessa forma, a maioria das visitas ocorre ainda no segundo dia, em um padrão diferente do observado em outras partes do mundo. Isso implica em uma significativa redução de pelo menos 25% na janela de tempo disponível para a polinização da flor, o que pode comprometer a efetividade dessa polinização.

Figura 16 - Número de visitas de *Apis mellifera* em flores da macieira (*Malus domestica* Borkh) em função da idade da flor, no município de Russas – Ceará



3.3.3 Requerimentos de polinização e eficiência da *Apis mellifera*.

Após os tratamentos de requerimentos e eficiência de polinização da cultura, as flores que tiveram seus estigmas tocados pela atividade de forrageamento da abelha *A. mellifera* foram inspecionadas oito dias mais tarde. Aquelas não polinizadas haviam caído e apenas o viés de marcação foi encontrado no respectivo ramo. As flores polinizadas, no entanto, apresentavam início do desenvolvimento ovariano caracterizando o vingimento do fruto. (Figura 26).

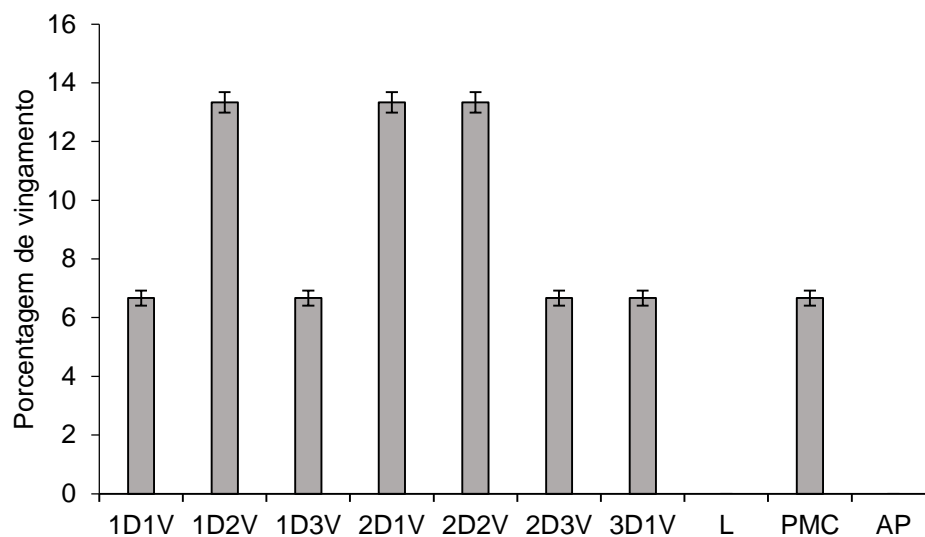
Os resultados mostraram que todos os tratamentos vingaram entre 6,66 e 13,32% das flores, exceto a autopolinização e a polinização livre que não vingaram frutos (Figura 27). Essa taxa de vingamento está dentro da faixa considerada normal para a espécie, que varia de 4 a

10% (IUCHI, 2006). McDaniels; Heinicke (1929) trabalhando em Nova Iorque e Brittain (1935) trabalhando no Canadá observaram que somente 5% das flores se tornam frutos e segundo a HORTICULTURAL EDUCATION ASSOCIATION (1961) onde relata que para a cultura da maçã ser viável comercialmente ela deve apresentar índice de frutificação de 5%. Entre os tratamentos que vingaram fruto não houve diferenças significativas ($p > 0,05$), sugerindo que flores da variedade Princesa entre o primeiro e o terceiro dia de antese recebendo de uma a três visitas de *A. mellifera* são capazes de vingar frutos no semiárido nordestino. Esses resultados, no entanto, devem ser vistos com cautela. Apesar de terem vingado, esses frutos não foram acompanhados até a maturidade para a avaliação da qualidade dos mesmos. É sabido que as flores de maçã que fertilizam uma quantidade subótima de óvulos podem vingar frutos que se desenvolvem pouco ou ficam deformados devido a deficiência de fitohormônios produzidos pelos embriões em desenvolvimento e responsáveis pelo crescimento ideal do tecido ovariano (FREE, 1993). O acompanhamento desses frutos até a maturidade poderão indicar diferenças entre os tratamentos não detectadas em nível de vingamento. Além disso, as flores de terceiro dia foram pouco atrativas para as abelhas a ponto de não ser possível realizar os tratamentos de duas e três visitas. Sendo assim, apesar de não haver sido identificadas diferenças significativas do tratamento de uma visita a flores de terceiro dia para os demais tratamentos, fica claro que essas flores já se encontravam na fase final de seu ciclo reprodutivo e não devem ser consideradas quando se pensa em uma escala de alta produção e qualidade dos frutos.

Figura 17 - Vingtamento de frutos da macieira (*Malus domestica* Borkh) após tratamentos de polinização realizado por *Apis mellifera* no município de Russas- Ceará.



Figura 18 - Porcentagem de vingamento de fruto em macieira (*Malus domestica* Borkh) em função da idade da flor e número de visitas, (requerimentos e eficiência de polinização) realizada por *Apis melífera* no semiárido nordestino, pelo teste estatístico de Kruskal-Wallis 1D1V- flores de primeiro dia com uma visita; 1D2V- flores de primeiro dia com duas visitas; 1D3V- flores de primeiro dia com três visitas; 2D1V- flores de segundo dia com uma visita; 2D2V- flores de segundo dia com duas visitas; 2D3V- flores de segundo dia com três visitas; 3D1V- flores de terceiro dia com uma visita.



3.4 CONCLUSÃO

Devido à riqueza de espécies e abundância de visitantes florais na macieira sob as condições estudadas se apresentar reduzida, faz-se necessário a utilização de colmeias de *A. mellifera* para que se aumente as taxas polinização para a cultura.

O comportamento de forrageio das operárias de *A. mellifera* sugere que apenas as coletoras de pólen realizam a polinização, sendo necessárias medidas que aumentem a proporção das abelhas com esse comportamento nas flores da cultura.

O comportamento de ‘side-working behavior’ reduz a eficiência de polinização das abelhas e é determinado pela anatomia da flor. Portanto, conclui-se da necessidade de considerar uma variedade com pétalas mais fechadas e que favoreça menos esse comportamento para ser usada como receptora no semiárido brasileiro.

As condições ecológicas do semiárido levam as abelhas a alterarem seu comportamento típico de forrageio observado para a cultura da macieira, passando a coletar pólen pela manhã e concentrando suas visitas já no segundo dia de vida da flor. Há a necessidade de investigar as consequências dessas mudanças para a efetividade da polinização realizada por *A. mellifera* sob essas condições.

A macieira consegue vingar frutos nas condições do semiárido, no entanto há a necessidade de se investigar a produtividade e qualidade de seus frutos.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, R. et al. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 9, p. 968-980, 2006.

AIZEN, M. A., GARIBALDI, L. A., CUNNINGHAM, S. A., & KLEIN, A. M. (2009). **How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production**. *Annals of Botany*, 103(9), 1579–1588. doi:10.1093/aob/mcp076

ALBUQUERQUE JUNIOR, C. L. **Caracterização molecular e morfofisiológica da incompatibilidade alélica entre cultivares de macieira**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ALBUQUERQUE, C. L. et al. Número de anteras por flor, grãos de pólen por antera e capacidade germinativa do pólen de diferentes cultivares de macieiras. **Rev. Bras. Fruticultura**, v. 32, p. 1255-1260, 2010.

ALLAN, P. Winter chilling in areas with mild winters: Its measurement and supplementation. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 47-52, 2004.

ALLAN, P.; BURNETT, M. J. Peach production in an area with low winter chilling. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 5, n. 1, p. 15-18, 1995.

ALLEN-WARDELL, G., P. BERNHARDT, R. BITNER, A. BURQUEZ, S. BUCHMANN, J. CANE, A. COX, V. DALTON, P. FEINSINGER, M. INGRAM, D. INOUE, C. E. JONES, K. KENNEDY, P. KEVAN, H. KOPOWITZ, R. MEDELLIN, S. MEDELLIN-MORALES, G. P. NABHAN, B. PAVLIK, V. TEPEDINO, P. TORCHIO, AND S. WALKER. 1998. **The potencial consequences of pollinators declines on the conservation of biodiversity and stability of food crops yields**. *Conservation Biology* 12:8-17.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ. **Dados estatísticos sobre a cultura da macieira**. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BENEDEK, P.; FINTA, K. The effect of nectar production to the gathering behaviour of honeybees and to the foraging activity of wild bees at apple flowers. **International Journal of Horticultural Science**, v. 12, n. 2, p. 45-57, 2006.

BLACK, M. W. The problem of prolonged rest in deciduous fruit trees. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 13., 1953, London. **Proceedings...** London: ISHS, 1953. v. 2, p. 1122-1131.

BRADBEAR, N., 2009. **Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 204 pp.

BRAGA, H. J. et al. Zoneamento de riscos climáticos da cultura da maçã no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 439-445, 2001.

- BRITTAIN, W. H. Field studies in the role insects in apple pollination. **Bulletin of Agricultural Canada**, Ottawa, n. 182, p. 91-157, 1933.
- BRITTAIN, W. H. Studies in bee activity during apple bloom. **Jour. Econ. Ent.**, v. 28, p. 553-559, 1935.
- BULON, L.; FAUST, M. New aspects of bud dormancy in apple trees. **Acta Horticulturae**, Hague, n. 395, p. 105-111, 1995.
- CASPER, J. K. **Plants: life from the earth**. New York, NY: Chelsea House, 2007.
- CERTAL, A.C. et al. S-Rnases in apple are expressed in the pistil along the pollen tube growth path. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 12, p. 94-98, 1999.
- CHACOFF, N.P.; AIZEN, M. A. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p. 18-27, 2006.
- CHAGAS, E.A.; CHAGAS, P.C.; PIO, R.; BETTIOL NETO, J.E.; SANCHES, J.; CARMO, S.A.; 101 CIA, P.; PASQUAL, M.; CARVALHO, A.S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de 102 macieira nas condições subtropicais da região Leste Paulista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 103 10, p. 1764-1769, 2012.
- CHARIANI, K.; STEBBINS, R. L. Chilling requirements of Apple and pear cultivars. **Fruit Varieties Journal**, v. 48, n. 4, p. 215-222, 1994.
- CHMIELEWSKI, F.M.; MÜLLER, A.; BRUNS, E. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, p. 69-78, 2004.
- COOK, N.; JACOBS, G. Progression of apple (*Malus × domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, v. 75, p. 233-236, 2000.
- COSTANZA R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.
- CUTHBERTSON, A. G. S.; BROWN, M. A. Vital pollinators: honey bees in apple orchards. **Biologist**, v. 53, n. 2, p. 78-81, 2006.
- CURRIE AJ, GANESCHANANDAM S, NOITON DA, GARRICK D, SHELBORNE CJA, ORAGUZIE N (2000) **Quantitative evaluation of apple (*Malus x domestica* Borkh.) fruit shape by principle component analysis of Fourier descriptors**. *Euphytica* 111:219-227.
- DALL'ORTO, Fernando Antonio Campo et al. Análise do pólen em dezoito cultivares de macieira. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, 1985.

- DE MARCO JR., P. & COELHO, F.M. 2004. **Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production.** *Biodiversity and Conservation* 13: 1245-1255
- DELAPLANE, K. S.; MAYER, N. F. **Crop Pollination by Bees.** Wallingford: CABI, 2000.
- DENNIS JUNIOR, F.G. Flowering, fruit set and development under warm conditions. In: EREZ, A. **Temperate fruits crops in warm climates.** Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 17-28.
- DIETZSCH, A.; STANLEY, D.; STOUT, J. Relative abundance of an invasive alien plant affects native pollination processes. **Oecologia**, v. 167, p. 469-479, 2011.
- DÖKER, E.; ÖZLÜ, H.; SEREN, A. Participatory irrigation management (PIM) activities in turkey. Advanced training course on capacity building for PIM. Valenzona, Bari, Italy. Country Overviews of PIM. 2001. v. 2. p.201.
- DONG, Y. H. et al. Identification of pollination-induced genes from the ovary of apple (*Malus domestica*). **Sexual Plant Reproduction**, Berlin, v. 11, p. 277-283, 1998.
- ENDRESS, P. K. 1998. **Diversity and Evolutionary Biology of Tropical Flowers.** Cambridge University Press, Cambridge
- EILERS, E. J. et al. 2011. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS ONE* 6: e21363.)
- ELISEI, T. et al. Uso da vespa social *Polistes versicolor* no controle de desfolhadores de eucalipto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 45, p. 958-964, 2010.
- EPAGRI. **A cultura da macieira.** Florianópolis, 2006.
- EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruits crops in warm climates.** Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.17-48.
- EREZ, A.; LAVEE, S. E.; SAMISH, R. M. The effect of limitation in light during the rest period on leaf bud of peach (*Prunus persica*). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 21, 759-764, 1968.
- EREZ, A.; LAVEE, S. The effect of climatic condition development of peach buds: Temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 96, n. 6, p. 711-714, 1971.
- FACHINELLO, JOSÉ CARLOS; PASA, MATEUS DA SILVEIRA; SCHMITZ, JULIANO DUTRA AND BETEMPS, DÉBORA LEITZKE. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, Oct. 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-

29452011000500014&lng=en&nrm=iso>.access on 13 Feb. 2015.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500014>

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. New York: Pergamon Press, 1980.

FAUST M. 1989. **Physiology of temperate zone fruit trees**. New York: John Wiley and Sons.

FAUST, M. Physiological considerations for growing temperate-zone fruit crops in warm climates. In: EREZ, A. **Temperate fruits crop in warm climates**. Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 305-342.

FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. J. Principles and practices of postharvest handling and stress. Apples: botany, production and uses. 2003 pp. 585-614

FIORAVANÇO, J. C. Maçã brasileira: da importação a auto-suficiência e exportação: a tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n.3, p. 56-67, 2009.

FISCHER, G. Métodos para romper y suprimir el reposo invernal. In: SARMINTO, A.; NARANJO, C. (Ed.). **Frutales Caducifolios**: manzano, peral, durazno, ciruelo. [S. l.]: Fenalce, 1990. P. 77-94.

FISCHER, G. 2012. Comportamiento de los frutales caducifolios en el trópico. pp. 25-40. En: MIRANDA, D., G. FISCHER Y C. CARRANZA (eds.). Los frutales caducifolios en Colombia: Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATION. Acessado 25 de Janeiro de 2014. www.faostat.fao.org

FORSLINE, P. L. Adding diversity to the national apple germplasm collection: collecting wild apples in Kazakstan. **Fruit Quart.**, v. 3, p. 3-6, 1995.

FORSLINE, P. L. et al. Collection of wild Malus, Vitis and other fruit species genetic resources in Kazakstan and neighboring republics. **HortScience**, v. 29, p. 433, 1994.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2nd ed. London, UK: Academic Press, 1993.

FREIRE, C. J. S. et al. **A cultura da maçã**. Brasília: EMBRAPA, 1994.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009.

- FREITAS, B. M. et al. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, Centris bees, in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 133, p. 303-311, 1999.
- FREITAS, B. M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. 1995. Tese (Doutorado) – University of Wales, Cardiff, 1995.
- FREITAS, B. M.; CAVALCANTE, M. C. Visitantes florais e polinização da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo comercial na Floresta Amazônica. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 8., 2008, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: [s. n.], 2008.
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. **Mensagem doce**, n. 80, 2005.
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Economic value of Brazilian cash crops and estimates of their pollination constrains. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (Ed.). **Economic value of pollination and pollinators**. São Paulo: FAO; USP, 2004.
- FREITAS, B. M.; PAXTON, R. J. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 1, p. 109-121, 1998.
- FREITAS, B.M., NUNES-SILVA, P. 2011. A polinização agrícola e sua importância para o Brasil. In: Polinizadores do Brasil; contribuição e perspectivas iniciais para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. Imperatriz-Fonseca, V.L., CANHOS, D.A.L., SARAIVA, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.
- Gallai, N. & Vaissière, B.E. 2009. **Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale**. Rome, FAO.
- GARIBALDI, L. A. et al. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v. 14, p. 1062-1072, 2011.
- GARRATT, M. P. D. et al. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 184, p. 34-40, 2014.
- GARRATT, M. P. D. et al. Pollination deficits in UK apple orchards. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, n. 2, p. 9-14, 2014.
- GHANBARPOUR, M. R.; AHMADI, E.; GHOLAMI, S. **Evaluation of different traditional water management systems in Semi-arid regions: case study from Iran**. [S. l.]: [s. n.]: 2000.

GHRAB, Mohamed et al. The behaviour of peach cultivars under warm climatic conditions in the Mediterranean area. **International Journal of Environmental Studies**, v. 71, n. 1, p. 3-14, 2014.

GUIMARÃES, R. A. **Abelhas (Hemynoptera: Apoidea) visitantes das flores de goiaba (*Psidium guajava* L.), laranja (*Citrus sinensis* L.) e tangerina (*Citrus reticulata* B.) em pomares comerciais em Salinas – MG.** 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2006.

GULLAN, P. J., CRANSTON, P. S. (2007). **Os insetos: um resumo de entomologia [tradução de Sonia Maria Marques Hoenen]**. –São Paulo ; Roca, 2007.

HARRIS, Stephen A.; ROBINSON, Julian P.; JUNIPER, Barrie E. Genetic clues to the origin of the apple. **Trends in Genetics**, v. 18, n. 8, p. 426-430, 2002.

HAWERROTH, F. J. et al. Brotação de gemas em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ pelo uso de Erger® e nitrato de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 343-350, 2010.

HAWERROTH, J. F. *et al.* **Dormência em frutíferas de clima temperado.** Pelotas: EMBRAPA, 2010.

HEDHLY, A.; HORMAZA, J. I.; HERRERO, M. Effect of temperature on pollen tube kinetics and dynamics in sweet cherry, *Prunus avium* (Rosaceae). **Am. J. Bot.**, v. 91, p. 558-564, 2003.

HEDHLY, A.; HORMAZA, J. I.; HERRERO, M. Global warming and sexual plant reproduction. **Trends Plant Sci.**, v. 14, p. 30-36, 2009.

HEDHLY, A.; HORMAZA, J. I.; HERRERO, M. The effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, and stigmatic receptivity in peach. **Plant Biology**, v. 7, 476-483, 2005.

HISSANO, Z.; MARUR, C. J.; TSUNETTA, M. Caracterização do fruto da macieira ‘Fuji’ em relação aos tipos de ramos de frutificação em Palmas-PR. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 2, n. 2, p. 53-55, 1990.

HOFFMAN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.). **Maçã: produção.** Brasília: EMBRAPA, 2004. Cap. 3, p. 17-24.

HOKANSON, S.C., W.F. LAMBOY, A.K. SZEWC-MCFADDEN, J.R. MCFERSON. 2001. **Microsatellite (SSR) variation in a collection of Malus (apple) species and hybrids.** *Euphytica* 118:281–294

HOLZSCHUH, A.; DUDENHÖFFER, J. H.; TSCHARNTKE, T. Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. **Biological Conservation**, v. 153, p. 101-107, 2012.

HOYING, S. A. AND T. L. ROBINSON (2000). The apple orchard planting system puzzle. *Acta Horticulturae* 513:257-260.

HUMMER, K. E.; JANICK, J. Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics. In: FOLTA, K. M.; GARDINER, S. E. **Genetics and genomics of Rosaceae**. New York: [s. n.], 2009. p. 1-17.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & KLEINERT, A.M.P. 2004. As abelhas e as iniciativas internacionais de polinizadores. *Revista de tecnologia e ambiente* 10(2): 45-58

IUCHI, T.; IUCHI, V. L. Efeito da época da mistura de óleo mineral e DNOC sobre a quebra da dormência da macieira (*Malus doméstica* Borkh.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1987, Brasília. **Anais...**, v. 2, p. 327-335, 1987

IUCHI, T.; IUCHI, V. L.; SAID, J. P. Efeito de óleo mineral e DNOC sobre a quebra da dormência em gemas de ameixeira (*Prunus salicina* Lindl). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 7, p. 59-65, 1985.

IUCHI, T.; IUCHI, V. L. Efeito do arqueamento, anelamento e óleo mineral + DNOC sobre a quebra da dormência da macieira (*Malus doméstica* Borkh.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 139-145, 1991.

IUCHI, T.; OLIVEIRA, J. O.; IUCHI, V. L. Efeito do óleo mineral e DNOC sobre quebra de dormência de macieira (*Malus doméstica* Borkh.). **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Cruz das Almas, v. 9, n. 2, p. 15-21, 1987.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. In: EPAGRI (Ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 59-104.

IUCHI, V. L. et al. Quebra de dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh) em São Joaquim. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 168-174, 2002.

IUCHI, T.; GUIDONI, A. L.; IUCHI, V. L. Efeito de DNOC e DNBP na presença de óleo mineral sobre a quebra de dormência da macieira (*Malus doméstica* Borkh.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 12, n. 2, p. 19-26, 1990.

JACKSON, J. E. Apple production at low latitudes. In: EREZ, A. *Temperate fruits crops in warm climates*. Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.305-342.

JANICK, J. et al. Apples. JANICK, J.; MOORE, J. N. (Ed.). **Fruit Breed**, New York: John Wiley & Sons, 1996. v. 1. p. 1-77.

JANICK, J. et al. Apples. JANICK, J.; MOORE, J. N. (Ed.). **Fruit breeding: tree and tropical fruits**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 1996. p. 1-77.

KEARNS, C., D. INOUE, AND N. WASER. 1998. **Endangered mutualisms: The conservation of Plant-Pollinator Interactions**. *Annual review of Ecology and Systematics* 29:83-112.

KEVAN, P. G., DAN EISIKOWITCH, WANJA KINUTHIA, PETER MARTIN, E.C. MUSSEN, UMA PARTAP, O.R. TAYLOR, VERNON G. THOMAS, R.W. THORP, CARLOS H. VERGARA AND KIMBERLY WINTER. 2007. **High quality bee products are important to agriculture: why, and what needs to be done.** Journal of Apicultural Research 46(1): 59-64.

KEVAN, P. G. **Bees, biology and management.** Cambridge: Enviroquest, 2010.

KEVAN, P. G.; VIANA, B. F. The global decline of pollination. Biodiversity. v. 4, n.4, p.3-8, 2003

KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees:** the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

KEVAN, P. Pollination ecology, conservation & sustainability: human beings as part of the world's ecosystem. In: CONFERENCE OF TROPICAL BEEKEEPING: RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR POLLINATION AND CONSERVATION, 2004, San José, Costa Rica. [**Anais...**] San José: [s. n.], 2004. p. 1-24.

KHAN, R. M ; KHAN, R. M. The role of honey bees *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) in pollination of apple. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 3, p. 359-362, 2004.

KLEIN, A. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.

KORBAN, S. S. Interspecific hybridization in *Malus*. **Hortscience**, Alexandria, v. 21, p. 41-48, 1986.

KOZAI, N. et al. Adverse effects of high temperature on the development of reproductive organs in 'Hakuho' peach trees. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 79, n. 4, p. 533-537, 2004.

KOZMA, P.; NYÉRI, J.; SOLTÉSZ, M. **Floral biology, pollination and fertilization in temperate zone fruit species and grape.** Budapest: Akadémiai Kiadó, 2003.

KREMEN, C., N. M. WILLIAMS, AND R. W. THORP. 2002. **Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification.** Proceedings of the National Academy of Sciences 99:16812-16816.

KREMEN, C.; OSTFELD, R. S. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. **Frontiers in Ecology and the Environment**. v. 3, n. 10, p. 540-548, 2005.

KVITSCHAL, Marcus Vinícius et al. Identificação de polinizadoras para a cultivar de macieira Daiane. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 35, n. 1, p. 9-14, 2013.

LAUTENBACH, S. et al. Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *PLoS ONE* 7(4): e35954. 2012.

LEITE, G. B. et al. Physiological and biochemical evolution of peach leaf buds during dormancy course under two contrasted temperature patterns. **International Journal of Horticultural Science**, v. 12, n. 4, p. 15-19, 2006

LEITE, G. B. Evolução da dormência e heterogeneidade da brotação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 8., 2005. Fraiburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2005. v. 1. p. 269-275.

LEITE, G. B. **Evolution des Etats des Bourgeons et de leur heterogeneite Le Long Du Rameau d'un de pecher sous differents regimes de temperatures apres l'instalation de l'endormance**. 2004, 168 f. Thèse – Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 2004.

LEVIN, M. D. Value of bee pollination to United States agriculture. *124*: 184-186, 1984.

LOPES, Paulo Roberto Coelho et al. Growing Princesa apples under semiarid conditions in northeastern Brazil. **Acta Sci. Agron.**, v. 35, n. 1, p. 93-99, 2013.

LOPES, Paulo Roberto Coelho; OLIVEIRA, Inez Vilar de Moraes; SARMENTO, Diógenes Henrique Abrantes. **Avanços na produção de frutas de clima temperado no Estado do Ceará**. [S. l.]: [s. n.], 2013.

LORA, J.; HORMAZA, J. I.; HERRERO, M. Stigmatic receptivity in a dichogamous early-divergent angiosperm species, *Annona cherimola* (Annonaceae): influence of temperature and humidity. **Am. J. Bot.**, v. 98, p. 1-10, 2011.

LOSADA, J. M.; HERRERO, M. Arabinogalactan–protein secretion is associated with the acquisition of stigmatic receptivity in the apple flower. **Ann. Bot.**, v. 110, p. 573-584, 2012.

LUCHI, V.L. Botânica e fisiologia. In: EPAGRI (Org.). **A Cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p. 59-102.

MACDANIELS, L. H. Pollination studies in New York State. **Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.**, p. 129-137, 1928.

MACDANIELS, L. H; HEINICKE, A. J. Pollination and other factors affecting the set of fruit, with special reference to the apple. **Agr. Expt. Sta. Bul.**, v. 497, 1929.

MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany**, v. 94, p. 365-376, 2004.

MALAGODI-BRAGA, K. S. Abelhas: por quê manejá-las para a polinização? **Mensagem doce**, n. 80, 2005.

MALAGODI-BRAGA, K. S. **Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – *Roseaceae*)**. 2002. 104 f. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MALERBO-SOUZA, Darcler Teresinha; SANTOS SILVA, Flávio Augusto. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 33, n. 2, p. 183-190, 2011.

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

MELLO JUNIOR, Leônidas João de. **Ecologia da polinização da amoreira-preta (*Rubus* sp.) (*Rosaceae*) em Timbó, SC, Sul do Brasil**. 2007. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MELLO JUNIOR, Leônidas João de; ORTH, Afonso Inácio; MORETTO, Geraldo. Ecologia da polinização da amoreira-preta (*Rubus* sp) (*Rosaceae*) em Timbó-SC, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, September 2011.

MICHENER, C. D. *The bees of the world*. Baltimore: Johns Hopkins University, 2000.

MORSE, R. A.; CALDERONE, N. W. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. **Bee Cult.**, v. 128, p. 1-14, 2000.

NACHTIGAL, G. **Estruturas frutíferas na qualidade de maçãs das cultivares Gala e Fuji**. 2000. 57 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2000.

NABHAN, G. P. AND S.L. BUCHMANN. 1997. Services Provided By Pollinators. In: *Nature's Services*. G. Daily (ed), Island Press, Washington, D.C. Pages 133-150

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Status of pollinators in North America**. Washington, DC: The National Academies Press, 2007.

NEE, C. C. **Overcoming bud dormancy with hidrogen cyanamide**: timing and mechanism. 1986. 125 f. Dissertação (PhD) – Oregon State University, Corvallis, 1986.

NEE, C.; FUCHIGAMI, L. H. Overcoming rest a different stages with hydrogen Cyanamid. **Scientia Horticulturae**, v. 50, p. 107-113, 1992.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelha sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis. 1997.

NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 191p

OUKABLI, A.; BARTOLLINI, S.; VITTI, R. Anatomical and morphological study of apple (*Malus X domestica* Borkh.) flower buds growing under inadequate winter chilling. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Dundee, v. 78, p. 580-585, 2003.

- PAGANINI, C. et al. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (dados da safra 2001/2002). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, 2004.
- PARANHOS, B. A. J.; WALDER, J. M. M.; MARCHINI, L. C. Densidade de colmeias de abelhas africanizadas, *Apis mellifera* l. 1758 (hymenoptera: apidae), para polinizar maçã cv. anna. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998.
- PARKER, R.L. (1926) The collection and utilization of pollen by the honeybee. Memoir of the Cornell agricultural Experiment Station No. 98. 55 pp
- PARTAP, U. M. A.; PARTAP, T. E. J.; YONGHUA, H. E. Pollination failure in apple crop and farmers' management strategies in Hengduan Mountains, China. **Acta Hort.**, v. 561, p. 225-230, 2001.
- PASQUAL, M. et al. Efeitos do clima, óleo mineral e dinitro-ortho-cresol na quebra da dormência da macieira *Malus communis* D.C., Cultivar Golden Delicious. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., 1977, Salvador. **Anais...** Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1977. p. 213-221.
- PASQUAL, M.; PETRI, J. L. Efeito de diferentes sais de dinitro na quebra da dormência da macieira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1979, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979. v. 1, p. 339-350.
- PERCIVAL, M.S. (1955) The presentation of pollen in certain angiosperms and its collection by *Apis mellifera*. *New Phytologist*, 54: 353-368.
- PEREIRA-LORENZO, S.; RAMOS-CABRER, A.M.; FISCHER, M. Breeding apple (*Malus × domestica* Borkh). In: JAIN, S. M.; Priyadarshan, P.M. (Ed.). **Breeding plantation tree crops: temperate species**. Berlininger: [s. n.], 2009. p. 33-81.
- PEREZ, L. H. Produção e comércio internacional de maçã, 2003 e 2005. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 9, p. 53-61, 2006.
- PETRI, J. et al. Efeito da colaboração de produtos químicos na quebra da dormência da macieira da cultivar Golden Delicious. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., 1975, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1975. p. 447-454 .
- PETRI, J. L. Dormência da macieira. In: EMPASC. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, 1986. p. 163-201.
- PETRI, J. L. et al. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996.
- PETRI, J.L. **Indução de brotação de macieira por cianamida hidrogenada e óleo mineral sob influência da temperatura**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.1, p.71-75, 1997

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI (Ed.). **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. p. 229-260.

PETRI, J. L.; PASQUAL, M.; PELLEGRIN, M. Estudo da quantidade de pólen em diversas cultivares de macieira (*Malus domestica* sp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., 1975, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s. n.], 1975. v. 2, p. 467-771.

PETRISOR, C., MITRE, V., IOANA MITRE, ADRIANA F. SESTRAS, R. E. SESTRAS, 2012, The Behaviour of Some Apple Cultivars in High Density Growing System in the Climatic Conditions of Cluj-Napoca, Romania Bulletin USAMV Horticulture 69(1-2)/2012.

POLA, A. C.; BLEICHER, J.; BERNARDI, J. Previsão do início de brotação em macieira, cultivar Gala. **Agropecuária Catarinense**, v. 7, n. 4, 1994.

POTTS, S. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

PRATT, C. Apple flower and fruit: morphology and anatomy. **Hort. Rev.**, v. 10, p. 273-307, 1988.

Proceedings of the International Conference EU contract ICA3-CT-2002-10013)14-17 February 2007 - Valenzano, (Italy) Vol. III

RACSKÓ, J.; MILLER, D.D. Intra-inflorescence pattern of the opening of apple (*Malus domestica* Borkh.) flowers Int. **J. Plant Rep. Biol.**, v. 2, p. 65-77, 2010.

RAMÍREZ, Fernando; KALLARACKAL, Jose. Ecophysiology of temperate fruit trees in the tropics. In: **Advances in Environmental Research**. [S. l.]: Nova Publishers, 2014. v. 31.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

RICHARDS, A. J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? **Annals of Botany**, v. 88, p. 165 -172, 2001.

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

ROBERTO, Sérgio Ruffo; KAGUEYAMA, Marcel Hiroaki; SANTOS, Cristiano Ezequiel dos. Indução da brotação da macieira 'Eva' em região de baixa incidência de frio. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, abr. 2006.

ROBINSON W. S. Effect of apple cultivar on foraging behaviour and pollen transfer by honey bees. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 1979, 104:596–598.

- RODRIGUEZ, R.; RODRIGUEZ, M. Efecto de la posición y del tipo de estructuras fructíferas sobre la calidad del fruto de manzanos cv. Fuji em Rio Negro y Neuquén, Argentina. **Fruticultura Profesional**, Barcelona, v. 90, p. 10-12, 1997.
- ROHRER JR, ROBERTSON KR, PHIPPS JB. 1994. Floral morphology of Maloideae (Rosaceae) and its systematic relevance. *American Journal of Botany* 81: 574–581.
- ROUBIK, D. M. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge: Cambridge University, 1989.
- SAMISH, R. M.; LAVEE, S.; EREZ, A. **The Physiology of rest and its application to fruit growing**. Bet. Dagan: The National and University Institute of Agriculture, 1967.
- SAURE, M. C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**, Portland, v. 7, p. 239-299, 1985.
- SCHÜEPP, Christof; HERZOG, Felix; ENTLING, Martin H. Disentangling multiple drivers of pollination in a landscape-scale experimente. **Proc. R. Soc. B.**, v. 281, 2013.
- SEDGLEY M. 1990. Flowering of deciduous perennial fruit crops. *Horticultural Reviews* 12: 223–264.
- SHEFFIELD CS, SMITH RF, KEVAN PG (2005) **Perfect syncarpy in apple (*Malus x domestica* ‘Summerland McIntosh’) and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae)**. *Annals of Botany* 95:583- 591.
- SHEPHERD, M. et al. **Pollinator conservation handbook**. Oregon: The Xerces Society, 2003.
- SILVA, D. R.; POZZEBON, E.; ALMEIDA, M. A. F. Sistema especialista para auxílio no diagnóstico de doenças da maçã e macieiras. In: Simpósio de Informática Planalto Médio, 3., 2002, Passo Fundo. **Proceedings...** Passo Fundo: SEMAÇA, 2002. p. 1-10.
- SILVA, Elizabete Alves. **Polinização da macieira (*Malus domestica* Borkh) na Chapada Diamantina, BA**. 2009. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.
- SKINWER, J. E. Delayed foliation: deciduous Fruit Grwer. **Cape Town**, v. 14, n. 7, p. 195-197, 1964.
- SLAA, E. J., L. A. SÁNCHEZ-CHAVES, K. S. MALAGODI-BRAGAE F. E. HOFSTEDE (2006). “**Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives.**” *Apidologie* 37(2): 293-315
- SMITH, P. et al. **UK National Ecosystem Assessment**. Cambridge: UNEP-WCMC, 2011.
- SOLTÉSZ, M. Apple. In: KOZNA, P. et al. **Floral biology: pollination and fertilisation zone fruit species and grape**. Budapest: Akadémia Kiadó, 2003. p. 237-316.

- SOSTER, M. T. B.; LATORRE, A. N. Avaliação da fenologia das cultivares de macieira Imperatriz, Imperatriz Gala e Fuji em pomar em Bom Retiro – SC. **Revista Biotemas**, v. 20, n. 4, p. 35-40, 2007.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005.
- STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; TSCHARNTKE, Teja. Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. **Oecologia**, v. 122, p. 288-296, 2000.
- SUN, P. P. C. Policy issues in managing irrigation and drainage. **Extension Bulletin**, n. 490, 2000.
- UNIVERSIDADE CASTELO BRANCO. **Sistemática de angiospermas**. Rio de Janeiro, 2007.
- VALENTINI, N. et al. Use of bioclimatic indexes to characterize: phenological phases of apple varieties in Northern Italy. **International Journal of Biometeorology**, v. 45, p. 191-195, 2001.
- VAN DER PIJL, L. Xylocopa and flowers in the tropics I, III. **Proc. Sec. Sc.**, v. 57, p. 413-423, 1954.
- VAVILOV, N. I. Wild progenitors of the fruit trees of Turkistan and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees. **International Horticultural Congress Group B**, p. 271-286, 1930.
- VIANA, B. F.; SILVA, F. O. **Limitação e Causas do Declínio de Polinizadores do Maracujá-Amarelo (Passiflora edulis Sims) no Vale do São Francisco, Juazeiro, BA**. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2006, 7., Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto, 2006
- VON FRISCH, K. **The dance language and orientation of bees**. Cambridge: Harvard University, 1967.
- WALTHER-HELLWIGA, Kerstin et al. (2006). Increased density of honeybee colonies affects foraging bumblebees. **Apidologie**, v. 37, n. 5, p. 517-532, September/October 2006.
- WASER, N. M.; OLLERTON, J. (Ed.). **Plant-Pollinator Interactions: from specialization to generalization**. Chicago, IL: University of Chicago, 2006
- WATSON, J.C.; WOLF, A.T.; ASCHER, J. S. Forested Landscapes promote richness and abundance of native bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) in Wisconsin Apple Orchards. **Environmental Entomology**, v. 40, p. 621-632, 2011.

WEBSTER, A.D. (2005) - Sites and soils for temperate tree-fruit production: their selection and amelioration. In: Tromp, J.; Webster, A.D.; Wertheim, S.J.(Eds.) - **Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production**. Leiden, Backhuys Publishers BV, p.12-25.

WERTHEIM, S. J.; SCHMIDT, H. Flowering, pollination and fruit set. In: TROMP, J.; WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J. (Ed.). **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys Publishers, 2005. p. 216-239.

WESTWOOD, M. N. **Temperate-zone pomology**. São Francisco: W.H. Free-man and Company, 1978. p. 427.

WIESE, H. **Apicultura: novos tempos**. 2 ed. Guaíba: Agrolivros, 2005 378p.

WILLMER, P. **Pollination and floral biology**. Princeton: Princeton University Press, 2011.
WOSIACKI, G.; POHLMAN, B.; NOGUEIRA, A. Características de qualidade de cultivares de maçã: avaliação físico-química e sensorial de quinze cultivares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, p. 347-352, 2004.

WINSTON, M. L. 2003. **A Biologia da Abelha**, Porto Alegre, Magister, 276 p.

WITTMANN, D., HAMM, A. MACHADO, I. C., SCHIFFLER, D. SCHLINDWEIN, C. 2000. **Artenvielfalt von Euglossinen in einem Regenwald-Fragment und angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen** in Pernambuco, Brasilien. In: Beiträge der Hymenopteren-Tagung in Stuttgart 2000, p. 67-70

ZOHARY, D.; HOPF, M. **Domestication of plants in the old world**. [S. l.]: Oxford University Press, 2000.