

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE DOUTORADO**

**BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *Coffea arabica* L. E EFICIÊNCIA  
POLINIZADORA DE DUAS ESPÉCIES DE ABELHAS SOCIAIS**

**GABRIELA ANDRADE DE OLIVEIRA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**JULHO - 2015**

**BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *Coffea arabica* L. E EFICIÊNCIA  
POLINIZADORA DE DUAS ESPÉCIES DE ABELHAS SOCIAIS**

**GABRIELA ANDRADE DE OLIVEIRA**

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008.

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Geni da Silva Sodré**

**Coorientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2015

**FICHA CATALOGRÁFICA**

N511

Neves, Gabriela Andrade de Oliveira

Biologia da polinização de *Coffea arabica* L. e eficiência polinizadora de duas espécies de abelhas sociais / Gabriela Andrade de Oliveira Neves.\_Cruz das Almas, BA, 2015.

117 f.: il.

Orientador: Geni da Silva Sodré.

Coorientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1. Polinização - abelha - cafeicultura 2. *Coffea arabica*. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Ciências. Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 638.1



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE  
Gabriela Andrade de Oliveira

Membro Presidente: Prof. Dra. Geni da Silva Sodré  
Instituição: UFRB

Membro Interno ao Programa: Profa. Dra. Cândida Maria Lima Aguiar  
Instituição: UEFS

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Luis Carlos Marchini  
Instituição: USP

Membro Externo ao Programa: Prof. Dra. Lidyane Yuriko Saleme Aona  
Instituição: UFRB

Membro Externo ao Programa: Prof. Dra. Daniela Almeida Anacleto  
Instituição: IF Baiano

Homologada em     /     /

“... e ali, logo em frente, a esperar pela gente, o futuro está. E o futuro é uma astronave que tentamos pilotar, não tem tempo, nem piedade, nem tem hora de chegar. Sem pedir licença, muda nossa vida e depois convida a rir ou chorar. Nessa estrada não nos cabe conhecer ou ver o que virá, o fim dela ninguém sabe bem ao certo onde vai dar. Vamos todos numa linda passarela de uma aquarela que um dia enfim descolorirá...”

## **DEDICO**

Ao anjinho que Deus me deu, minha filha *Amanda*,  
por me ensinar que quando queremos,  
“um dia pode ter mais de 24 horas”.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela sua presença constante em minha vida, guiando meus passos, dando-me coragem e perseverança para continuar seguindo em frente mesmo quando os obstáculos para mim pareciam intransponíveis. “Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém”. (Rm.11.36).

Às duas pessoas que me acompanharam há muitos anos no mundo da pesquisa, Profa. Dra. Geni da Silva Sodré e Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, pela orientação, carinho, amizade e ensinamentos valiosos. Meu muito obrigada e sincero carinho, respeito e admiração.

Aos meus pais pelo apoio, generosidade e por viverem todos os dias com dignidade e simplicidade. Mas principalmente agradeço a minha mãe que sempre esteve ao meu lado incondicionalmente não medindo esforços para a minha educação pessoal e formação profissional. Uma verdadeira guerreira e anjo da guarda que Deus colocou em minha vida.

À minha filha, Amanda de Oliveira, por mudar minha visão sobre o mundo, por tornar meus dias mais felizes, por ser a luz da minha vida, por um sorriso seu valer qualquer esforço. Te amo, meu anjinho.

Ao meu esposo Adnailton Neves, pelo amor, apoio, paciência e compreensão nos momentos em que precisei.

Aos meus irmãos Fabiana de Oliveira e Fabricio de Oliveira, aos sobrinhos (Rafael Marques, Rafael Neto e Cristal de Oliveira) e familiares que com amor, paciência e tolerância souberam compreender a minha distância durante esses anos de formação acadêmica. Com vocês aprendi que não existem fronteiras que separam aqueles que vivenciam o amor.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, por me receber e apoiar em minha formação; aos funcionários da UFRB, em especial a Deyse Gonçalves, secretária do colegiado de Ciências Agrárias, que sempre me atenderam com toda atenção e carinho; e a Dona Maria das Graças da Silva, pelo seu sorriso e alegria contagiante e por manter o nosso ambiente de estudo e trabalho no Insecta sempre limpo e organizado.

Ao Grupo de pesquisa INSECTA, pelo apoio e momentos de descontração, em especial aos meus AMIGOS e companheiros de campo, autores da grande Novela “O Cafezal de Emoções”: Generosa Souza Ribeiro, Cátia Ionara Santos Lucas, Adailton Freitas Ferreira e Wellington Carlos de Andrade, nunca me esquecerei de vocês. Obrigada pelo apoio, ajuda constante em campo e amizade sincera. Meus dias no campo não seriam tão maravilhosos sem a presença de vocês.

Ao Laboratório de Análise de Água e Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela análise dos frutos do cafeeiro.

À Emerson Chambó e Grênivel Costa pelas análises estatísticas.

À Profa. Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona Pinheiro, pelo apoio, amizade e contribuição desde o Mestrado.

À Karena Mendes pela ilustração das flores do cafeeiro.

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

Às minhas Amigas de todas as horas, que mesmo distantes estão sempre comigo, Mayana Matos e Emanoela Aragão. Vocês sempre farão parte de minhas conquistas.

À minha amiga-irmã Margareth Marques (Baby), que com sua amizade sincera e verdadeira, mostrou que a vida é muito mais do que sonhar.

À minha Amiga Suely Magalhães, pelos momentos de descontração e apoio durante esses anos.

À Dona Rita Moraes, Neide Moraes e aos funcionários da Fazenda Três Cantos pelo apoio no campo.

À todos que de alguma forma contribuíram para o êxito deste trabalho tão especial, gostaria de externar a minha gratidão. Que o Senhor Deus abençoe a cada um de vocês. MUITO OBRIGADA.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO GERAL	11
<b>Capítulo 1</b>	
Biologia floral e sistema reprodutivo do <i>Coffea arabica</i> L. no Planalto Baiano .....	22
<b>Capítulo 2</b>	
Abelhas visitantes florais do cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> L.) no Planalto Baiano .....	62
<b>Capítulo 3</b>	
Eficiência polinizadora das abelhas sociais <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona scutellaris</i> na cultura do cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> L.) .....	84
<b>Capítulo 4</b>	
Influência da polinização na qualidade dos frutos do cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> L.) .....	99
<b>Considerações Finais</b> .....	116

## BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *Coffea arabica* L. E EFICIÊNCIA POLINIZADORA DE DUAS ESPÉCIES DE ABELHAS SOCIAIS

Autora: Gabriela Andrade de Oliveira

Orientadora: Geni da Silva Sodré

Coorientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

**RESUMO:** A polinização é um dos mecanismos mais importantes para a manutenção da vida no planeta, e as abelhas estão entre os principais agentes polinizadores. A polinização além de promover o aumento na produtividade de diversas culturas agrícolas de interesse econômico, ajuda na manutenção da variabilidade genética. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de abelhas sociais como agentes polinizadores de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae). As avaliações foram realizadas nos meses de novembro e maio dos anos de 2012, 2013, 2014 e maio de 2015. Foram realizados estudos de biologia floral, abelhas visitantes das flores do cafeeiro e eficiência polinizadora de duas espécies de abelhas sociais. Para verificar a influência da polinização foram avaliados os frutos provenientes de flores visitadas por *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris*, estes foram medidos e pesados para a observação do polinizador mais eficiente no que diz respeito a produção de grãos. O efeito da polinização na qualidade dos grãos foi observado por meio da análise físico-química dos frutos. Os resultados das avaliações demonstraram que as plantas de *C. arabica* são alógamas e autocompatíveis, estão associadas à síndrome da melitofilia, contribuindo para o aumento da produção dos frutos quando as flores são visitadas livremente. As abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris* são potenciais polinizadoras da cultura do cafeeiro e contribuem com o incremento na qualidade do fruto e produtividade.

**Palavras chave:** cafeicultura, meliponicultura, polinizadores.

## POLLINATION BIOLOGY OF *Coffea arabica* L. AND POLLINATION EFFICIENCY OF TWO SOCIAL BEE SPECIES

Author: Gabriela Andrade de Oliveira

Advisor: Geni da Silva Sodré

Co-advisor: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

**ABSTRACT:** Pollination is one of the most important mechanisms of maintenance of life on this planet, and bees are among the main pollinators. Besides increasing the productivity of several economically important crops, pollination helps in maintaining genetic variability. The objective of this study was to evaluate the potential of social bees as pollinators of *Coffea arabica* L. (Rubiaceae). The evaluations were conducted in November and May in years 2012, 2013, 2014, and in May 2015. Studies of floral biology, flower-visiting bees and pollination efficiency of two social bee species were carried out. To determine the influence of pollination on coffee quality and productivity the coffee cherries originated from flowers visited by *Apis mellifera* and *Melipona scutellaris* were evaluated. Such cherries were measured and weighed to determine the most efficient pollinator with regard to the production of coffee beans. The effect of pollination on the coffee bean quality was measured by a physical-chemical analysis of the coffee cherries. The results showed that plants of *C. arabica* are both allogamous and self-compatible, and are associated with the melittophily syndrome, which contributes to increase the yield of cherries when flowers are freely visited. The bee species, *A. mellifera* and *M. scutellaris*, are potential pollinators of the coffee crop, and both contribute to improve the coffee cherry quality and its yield.

**Key words:** Coffee growing, meliponiculture, pollinators.

## INTRODUÇÃO

A polinização é um fator de produção fundamental na condução de muitas culturas agrícolas, é considerada a atividade mais importante das abelhas “em benefício da humanidade”, garantindo bons rendimentos, aumento no número de sementes por vagem, melhoria na qualidade dos frutos e redução nos índices de malformação, aumento do teor de óleos e outras substâncias extraídas dos frutos, encurta o ciclo de certas culturas agrícolas além de uniformizar o amadurecimento dos principais produtos agrícolas como frutas, grãos, sementes, nozes, amêndoas, vagens, folhagens, essências, corantes naturais, etc., utilizados em larga escala (WILLIAMS et al., 1991; FREE, 1993; FREITAS, 1998; MICHENER, 2000; FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005; FAO, 2007).

Cerca de 87% das angiospermas são dependentes em algum grau da polinização realizada por animais (OLLERTON et al., 2011). Tal dependência vai além da formação de frutos ou sementes, uma vez que a qualidade nutricional de tais alimentos é maior quando originados de plantas devidamente polinizadas (AIZEN et al., 2009). Estima-se que um terço de toda a alimentação humana tem como origem espécies vegetais que dependem da polinização por insetos para produzirem frutos e sementes (VERGARA et al., 2014).

No Brasil, de 141 culturas, 85 delas dependem dos serviços de polinizadores e um terço do total apresenta dependência grande ou essencial de polinizadores, dentre elas estão o café, maçã, maracujá, girassol, trigo, algodão arbóreo e cana-de-açúcar (GIANNINI et al., 2015). Segundo os mesmos pesquisadores, a proteção da diversidade biológica em ecossistemas agrícolas é crucial para manter as culturas que dependem dos polinizadores, principalmente abelhas.

Em termos globais, os serviços de polinização têm sido avaliados em €153 bilhões (R\$ 476 bilhões), representando cerca de 9,5% de toda a produção agrícola mundial (VERGARA et al., 2014). No Brasil a contribuição econômica dos

polinizadores totaliza quase 30% (aproximadamente US\$12 bilhões) do valor total da produção agrícola nacional anual das culturas dependentes de polinizadores (totalizando quase US\$45 bilhões). Metade deste valor está relacionado à soja, US\$ 5,7 bilhões de contribuição dos polinizadores e US\$22 bilhões de produção anual (GIANNINI et al., 2015).

Visto o papel fundamental da polinização, informações acerca deste assunto podem trazer benefícios à agricultura, melhorando os níveis de produtividade, muitas vezes baixos devido à polinização ineficiente, como consequência da redução, inadequação e/ou ausência de polinizadores eficientes nas áreas agrícolas (OLLERTON et al., 2011).

Estudos apontam declínio de polinizadores em escala mundial e relacionam esse fato aos impactos ambientais causados pela ação antrópica, como as modificações nas paisagens naturais, extinção do local de nidificação das espécies, expansão da agricultura, tratos culturais indevidos nas lavouras, destacando-se o uso abusivo de pesticidas (FREITAS e PINHEIRO, 2010; BREEZE et al., 2011; 2012; GAZZONI, 2014). Nesse contexto, os referidos fatores têm afetado as comunidades de abelhas, principais polinizadores existentes, comprometendo a frutificação de muitas plantas nativas e cultivadas (FERREIRA, 2008).

As abelhas são responsáveis por 70% da polinização das culturas agrícolas utilizadas no mundo, com destaque para as plantações de amêndoas onde são responsáveis por 100% da polinização, e as culturas de maçãs, cebolas, cenouras, brócolis e mirtilo em que são responsáveis por 90% da polinização, pêssego (48%), laranja (27%), algodão (16%) e soja (5%) (MORSE; CALDERONE, 2000; JOHNSON, 2010).

A abelha *Apis mellifera* é o visitante floral mais abundante nos ambientes tropicais, são forrageadoras generalistas, apresentando rápida mudança no padrão de forrageamento, longo período de atividade, alta eficiência na coleta de recursos e, sempre que possível, exploram as fontes mais produtivas de alimento (RAMALHO et al., 1990; ROUBIK, 2002). Estudos têm mostrado grande importância desta espécie para a polinização de culturas, resultando em ganhos na produção: Marco e Coelho (2004) mostraram um ganho de 14% para a cultura do café arábica; Venturieri et. al. (2005) afirmou que o açazeiro é completamente dependente da ação de abelhas polinizadoras para a produção dos frutos, não apenas por *Apis*, mas por outras abelhas solitárias e por meliponíneos; Rizzardo et al. (2007) relataram o aumento de

5% para a mamona e Duran et al. (2010) encontraram o valor de 53% de aumento na produção de canola.

Em países desenvolvidos e grandes produtores de frutos como Estados Unidos (EUA), Chile, França, Espanha e Israel, a utilização de abelhas para polinização é uma prática muito comum e de grande importância econômica (COUTO; COUTO, 2002; FREITAS, 2010;). Geralmente, para a polinização em culturas agrícolas, as abelhas do gênero *Apis* são amplamente utilizadas, pois sua criação é difundida mundialmente, embora o foco principal de sua utilização seja a produção de mel. Os Estados Unidos e o Canadá foram os pioneiros na ampla utilização desses polinizadores na expansão da agricultura e, posteriormente utilizaram também espécies de abelhas solitárias em culturas específicas como a alfafa, a amêndoa e a maçã (BOSCH; KEMP, 2001; PITTS-SINGER; CANE, 2011).

Segundo Velthuis e Van Doorn (2006), nos Estados Unidos e na Europa, a comercialização por meio da venda ou aluguel de colônias visando à utilização de *Apis* na agricultura, rendeu mais de 1 milhão de dólares somente no ano de 2005, tornando-se uma indústria bilionária.

No Canadá, o valor da polinização para a indústria de sementes de alfafa (*Medicago sativa*) chega a 6 milhões de dólares por ano, enquanto que nos EUA apenas as abelhas melíferas são responsáveis por 14,6 milhões de dólares relativos ao aumento de produtividade e qualidade dos frutos produzidos (MORSE; CALDERONE, 2000; KEVAN; PHILLIPS, 2001).

Deste modo, é notória a importância desse serviço prestado pelos insetos polinizadores e o quanto o mundo pode perder economicamente com o declínio destes, como mostram Freitas e Imperatriz-Fonseca (2004; 2005) ao relatarem a significativa movimentação financeira na ordem de US\$ 9,3 bilhões em exportação considerando apenas oito culturas cultivadas no Brasil.

Dentre as abelhas sociais sem ferrão, a uruçu (*Melipona scutellaris*) destaca-se como uma das espécies mais conhecidas e criadas no Nordeste do Brasil, devido ao fácil manejo, comportamento pouco agressivo, alta qualidade do mel e pólen, pela quantidade de abelhas presentes na colônia e sua higiene, além de serem potenciais polinizadores em áreas nativas e agrícolas, porém informações sobre as fontes de alimento utilizadas por essas abelhas para a coleta de néctar e pólen são escassas (KEER, 1996; CARVALHO et al., 2001; FONSECA et al., 2011; TAVARES et al., 2013). As características desta espécie demonstram qualidades importantes

que permitem o desenvolvimento de técnicas na criação racional e adensamento das populações próximo as áreas agrícolas visando a polinização (RIBEIRO, 2014).

Diversos estudos foram realizados utilizando abelhas sociais sem ferrão em diferentes culturas em campo ou em casa de vegetação, dentre as quais: *Trigona spinipes* na cultura da cebola híbrida (LORENZON et al., 1993); *Melipona seminigra* e *Scaptotrigona* sp., na cultura do guaraná (FERREIRA, 2003); *Tetragonisca angustula* na cultura do morango (MALAGODI-BRAGA e KLEINERT, 2004); *Melipona subnitida* na cultura do pimentão (CRUZ et al., 2005; ANTUNES et al., 2007); *Melipona quadrifasciata* na cultura do tomate (DEL-SARTO et al., 2005; HIKAWA; MIYANAGA, 2009; BARTELLI et. al., 2014); *Scaptotrigona* sp. e *Nannotrigona testaceicornis* na cultura do melão (SANTOS et al., 2008).

Dentre às culturas que podem se beneficiar dos serviços de polinização das abelhas encontra-se o cafeeiro. Apesar da espécie *Coffea arabica* ser uma planta autofértil, ou seja, possuir flores hermafroditas, ela apresenta polinização cruzada na faixa de 5% a 15%, realizada pelo ventos, e principalmente por insetos (MATIELLO et al., 2002).

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma planta perene de clima tropical de alto valor socioeconômico nos diversos países produtores de café, inclusive no Brasil, destacando-o como maior produtor e exportador do mundo (FIGUEIREDO, 2011; CONAB 2015). O café arábica representa 74,3% da produção total de café do país. Para a safra de 2015 estima-se que sejam colhidas 44.283,5 mil sacas beneficiadas, em uma área total utilizada para a produção de 1.942,4 mil hectares (ALCANTRA, 2012; CONAB, 2015).

Estudos têm mostrado que a polinização em flores de cafeeiro por abelhas (sociais e solitárias) permite uma melhor produtividade, variando de 5% até 90% de incremento, além de redução da frequência de grãos deformados, peso adicional dos frutos e qualidade superior da bebida, principalmente em plantios sombreados e próximos ou inclusos em áreas nativas (ROUBIK, 2002; KLEIN et. al., 2003; RICKETTS et al., 2004; OLSCHEWKI et al., 2006; COELHO, 2008; VEDDELER et al., 2008).

Considerando a importância da polinização para o sistema de abastecimento de alimentos, manutenção da biodiversidade e ganhos econômicos com a utilização de abelhas como agentes polinizadores, são necessárias mais informações sobre a dependência de várias culturas em relação aos seus polinizadores efetivos,

eficiência de polinização e resposta econômica à polinização, bem como métodos de conservação, manejo e/ou introdução de polinizadores em áreas agrícolas e silvestres também devem ser priorizados (SERRA, 2007).

Levando-se em conta a importância econômica do cafeeiro e a oportunidade de aumentar a produção deste, o trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de abelhas sociais como agentes polinizadores de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEN, M.A.; HARDER, L.D. The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. **Current Biology**, London, v.19, n.11, p.915-918, 2009.

ALCANTRA, C. B. Desenvolvimento vegetativo de linhagens de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado em Patrocínio, MG. 2012. 40f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. 2012.

ANTUNES, O. T. et al. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha-jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.1, n.25, p. 94-99, 2007.

BARTELLI, B. F., SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v.61, n.1, p.60-67, 2014.

BOCH, J.; KEMP, W. **How to Manage the Blue Orchard Bee as na Orchard Pollinator**. Sustainable Agriculture Network. Beltsville, Maryland, 2001. 88p.

BREEZE, T.D. et al. Pollination Services in the UK: How Important are honeybees? **Agriculture Ecosystems and Environment**. San Diego, v.142, n.3-4, p.137-143, 2011.

CARVALHO, C.A.L. et al. Pollen spectrum of honey of “Uruçu” bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.61, n.1, p 63-67, 2001.

COELHO, M.S. et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.1, p.1-9, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Central de informações agropecuárias. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

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

CRUZ, D.O.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1197-1201, 2005.

DE MARCO, P.J.; COELHO, F.M. Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures Pollination and Production. **Biodiversity and Conservation**, Victoria Island, v.13, p.1245-1255, 2004.

DEL SARTO, M.C.L.; PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L.A.O. Evaluation of the Neotropical Stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 98, n.2, p.260-266, 2005.

DURAN, X.A. et al. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, Santiago de Chile, v.70, n.2, p.309-314, 2010.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Dados agrícolas de FAOSTAT 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> . Acesso em: 20 jan. 2011.

FERREIRA, M. N. Polinização dirigida em guaranazal cultivado utilizando-se abelhas *Apis mellifera*, *Melipona seminigra abunensis* e *Scaptotrigona* sp. – Mato Grosso - Brasil. 2003. 107 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.

FIGUEIREDO, S. A. Caracterização bioquímica e molecular da  $\beta$ - galactosidase durante a maturação de frutos de *Coffea arabica*. 2011. 244 f. Tese (Doutorado em Ciências Genômicas e Biotecnologia) - Universidade Católica de Brasília, Brasília. 2011.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2ª ed. Londres. Academic Press, 1993. 684p.

FREITAS, B. M. Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. **Mensagem Doce**, São Paulo, n.46, p.1-6, 1998.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Economic value of Brazilian cash crops and estimates of their pollination constrains. In: Food and Agriculture Organization (FAO) report 02, Agreement. **Economic value of pollination and pollinators**. São Paulo: Fundação da Universidade de São Paulo (FUSP), 2004. 64p.

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

FREITAS, J.N.; PINHEIRO, J.N. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectiva de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p.266-281, 2010.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p.282-298. 2010.

FONSECA, V. L. I. et al. A distribuição geográfica da abelha urucu (*Melipona scutellaris*, Latreille, 1881) (Apidae - Meliponinae). Disponível em: <http://www.webbee.org.br>, acesso em: 17.04. 2011.

GAZZONI, D. L. **Polinizadores e o impacto dos processos agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Ministério da Agricultura Agropecuária e abastecimento, 2014. Acesso em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003625/polinizadores-e-o-impacto-dos-processos-agricolas>.

GIANNINI, T. C., et al. Crop pollinators in Brazil, a review of reported interactions. **Apidologie**, Paris, v.46, p.209-223, 2015.

HIKAWA, M.; MIYANAGA, R. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v.44, n.2, p.301-307, 2009.

JOHNSON, R. M.; ELLIS, M. D.; MULLIN, C. A.; FRAZIER, M. Pesticides and honey bee toxicity—USA. **Apidologie**, Paris, v.41, n.3, p.312-331, 2010.

KERR, W.E.; CARVALHO, G. A; NASCIMENTO, V.A. **Abelha urucu: biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte: Fundação Aguangaú, 1996. 144p.

KEVAN, P.G.; PHILLIPS, T.P. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. **Conservation Ecology**, Nova Scotia, v.5, n.1, p.8, 2001. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss1/art8/>

KLEIN, A.-M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffee arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v.90, n.1, p.153-157, 2003.

LORENZON, M.C.A. Efeito da polinização por abelhas na produção de sementes híbridas da cebola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.229-235, 1993.

MALAGODI-BRAGA, K.S.; KLEINERT, A.M.P.; IMPERATRIZFONSECA, V.L. Abelhas sem ferrão e polinização. **Revista Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v.10, p.59-70, 2004.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. MAPA/PROCAFÉ e Fundação Procafé, 2002. 387p.

MICHENER, C.D. **The bees of the world**. The John Hopkins University Press. Baltimore, 2000. 878p.

MORSE, R.A.; CALDERONE, N.W. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. **Bee Culture**, Medina, v.132, n.3, p.1-15, 2000.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Lund, v.120, n.3, p.321-326, 2011.

OLSCHEWSKI, R. et al. Economic evaluation of pollination services: comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. **Ecology Society**. v.11, n.1. p.7. 2006. Disponível em: [www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/](http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/).

SANTOS, S.A.B.; ROSELINO, A.C.; BEGO, L.R. Pollination of Cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae), by the Stingless Bees *Scaptotrigona* aff. *depilis* Moure and *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37, n.5, p.506-512, 2008.

PITTS-SINGER, T.L.; CANE, J.H. The Alfafa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata*: The World's Most Intensively Managed Solitary Bee. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v.56, p.221-37, 2011.

RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. **Apidologie**, Paris. v.21, n. 5, p.469-488, 1990.

RIBEIRO, G.S. Polinização da laranja (*Citrus sinensis*) pela abelha urucu (*Melipona scutellaris*) Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em área restrita no Recôncavo da Bahia. 2013. 108f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2013.

RICKETTS, T.H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **PNAS**. Washington, v.101, n.34, p.12579-12582, 2004.

RIZZARDO, R. A. G. O papel de *Apis mellifera* L. como polinizador da mamoneira (*Ricinus communis* L.): avaliação da eficiência de polinização das abelhas e incremento de produtividade da cultura. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.

ROUBIK, D. W. The Value of Bees to the Coffee Harvest. *Nature*, v.417, n.6890, p. 708-708, 2002. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/232781977\\_Tropical\\_agriculture\\_The\\_value\\_of\\_bees\\_to\\_the\\_coffee\\_harvest](http://www.researchgate.net/publication/232781977_Tropical_agriculture_The_value_of_bees_to_the_coffee_harvest)

SERRA, B.D.V. Polinização Entomófila de *Curcubita moschata* Poir em áreas agrícolas nos municípios de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais, Brasil. 2007. 58p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2007.

TAVARES et al. Genetic variability and population structure in *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Apidae) from Bahia, Brazil, based on molecular markers. **Apidologie**. France. v.44. p. 720–728. 2013.

VEDDELER, D. et al. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, Columbia, v.73, p.109-114. 2008.

VELTHUIS, H.H.W.; VAN DOORN, A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. **Apidologie**, Paris, v.37, n.4. p.421-451. 2006.

VENTURIERI, G.C., RODRIGUES, S.T.; PEREIRA, C.A.B. As abelhas e as flores do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart. - Arecaceae). **Mensagem Doce**. São Paulo. v.80, p.32-33. 2005.

VERGARA, C H.; KEVAN, P. G.; FREITAS, B. M. Combined pollination and crop protection could increase yields. **Coffee and Cocoa International**, v. 41, n. 2, p. 34-35, 2014.

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

## CAPÍTULO 1

### **BIOLOGIA FLORAL E SISTEMA REPRODUTIVO DO *Coffea arabica* L. NO PLANALTO BAIANO**

## **BIOLOGIA FLORAL E SISTEMA REPRODDUTIVO DO *Coffea arabica* L. NO PLANALTO BAIANO**

**RESUMO:** A morfologia e biologia floral podem interferir diretamente no mecanismo de polinização, esse, por sua vez, é considerado um fator de produção fundamental para diversas culturas. O objetivo deste trabalho foi estudar aspectos da biologia floral de *Coffea arabica* visando contribuir com informações acerca da biologia da polinização desta cultura no Planalto Baiano. Foram realizadas avaliações como: descrição da morfologia floral; determinação da antese; receptividade do estigma; morfometria do grão de pólen, viabilidade e germinabilidade *in vitro* dos grãos de pólen; disponibilidade de néctar, sistema reprodutivo e polinização pelo vento. As flores do *C. arabica* apresentam antese por volta das 6 horas. Quanto ao estudo do pólen, foi verificada viabilidade polínica elevada ao longo do período de antese, com média de 81%, apresentando diferença significativa nos horários avaliados. A produção de néctar potencial diária por flor foi em média de 2,91  $\mu$ L, sendo que nos primeiros horários de antese a produção foi maior, diminuindo ao longo do dia. A concentração de açúcares (Brix°) apresentou diferença significativa para o néctar instantaneamente disponível, com média de 16,17%, observando-se que este aumenta com o passar do tempo, ou seja, quanto maior o período de antese maior a concentração do Brix°. Conclui-se que o *C. arabica* possui sistema reprodutivo misto e responde positivamente à polinização aberta, havendo 100% de frutificação efetiva, caracterizando que a presença de agentes polinizadores contribui para o incremento da produtividade.

**Palavras chave:** café arábica; meliponicultura; frutificação efetiva.

## FLORAL BIOLOGY AND MATING SYSTEM OF *Coffea arabica* L. IN THE BAHIANIAN PLATEAU, BRAZIL

**ABSTRACT:** Floral morphology and biology can interfere directly on the pollination mechanism, which in turn is considered a key factor for the production of different crops. The objective of this work was to study aspects of the floral biology of *Coffea arabica* in order to generate information about the pollination biology of such crop in the Bahianian Plateau, Brazil. Studies such as description of the floral morphology; determination of anthesis; stigma receptivity; morphology, viability and *in vitro* germinability of pollen grains; availability of nectar, reproductive system, and wind pollination. The onset of anthesis for the *C. arabica* flowers was around 6am. Regarding the pollen study, it was verified high pollen viability throughout the anthesis period, which averaged 81% but showed significant differences among the evaluated hours. The mean daily potential nectar production per flower was 2.91  $\mu$ L, wherein the first hours of anthesis led to a higher production, which decreased throughout the day. The sugar concentration (Brix degree) showed significant differences for the instantly available nectar, with a mean of 16.17%. It was observed that the Brix degree increases over time, i.e., the higher the anthesis the higher the sugar concentration. It was concluded that *C. arabica* shows a mixed mating system and that plants positively respond to open pollination, reaching 100% effective fructification, and suggesting that the presence of pollinators contributes to increasing the coffee yield.

**Keywords:** Arabica coffee; meliponiculture; effective fructification.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca da biologia floral e polinizadores do cafeeiro é muito importante para auxiliar no melhor manejo da cultura visando melhoria na produtividade, levando-se em conta a importância econômica e social desta espécie. Nesse sentido, informações sobre as características morfológicas da flor e do sistema reprodutivo são fundamentais para o entendimento do sucesso reprodutivo das espécies vegetais, além de subsidiar trabalhos de manejo e melhoramento genético, domesticação de espécies nativas, além de proporcionar a interpretação de mecanismos pertinentes à polinização. (OLIVEIRA et al., 2003; LENZI; ORTH, 2004).

Estudos relacionados à viabilidade polínica são de extrema relevância para programas de melhoramento genético, sendo utilizados no diagnóstico de fatores envolvidos na formação de flores e embriões, bem como para elaboração de planejamento do manejo de polinização em culturas agrícolas oferecendo perspectivas de aumento da produção de várias culturas, por meio da obtenção do índice máximo de fertilização (OLIVEIRA JÚNIOR, 1999; BUENO e CALCANTE, 2001).

Cada espécie apresenta suas particularidades em relação à biologia floral, (MELO et al., 2011). E entre as espécies de maior importância econômica, a espécie *Coffea arabica* L. apresenta as seguintes características: é autofértil, portanto autocompatível, reproduzindo-se predominantemente por autofecundação, com uma taxa de alogamia de aproximadamente 10% (FAZUOLI et al.; 1991).

A polinização é essencial para a reprodução e manutenção da diversidade de espécies de plantas e provê alimentos para humanos e animais, influenciando, também, o aspecto qualitativo da produção (BUCHMANN e NABHAN, 1996). De acordo com Imperatriz-Fonseca et al. (2012), os polinizadores estão diretamente associados às espécies das plantas locais de determinado bioma e a ação destes é tida como elemento chave da produção agrícola e da conservação do ambiente.

Considerando o serviço de polinização prestado pelos insetos um processo vital para espécies que dele depende, para o sistema de abastecimento de alimentos e manutenção da biodiversidade, são necessárias mais informações sobre a dependência de várias culturas em relação aos seus polinizadores, inclusive o *C.*

*arabica*, levando-se em conta o seu valor no comércio internacional e as rendas geradas as nações (THOMAS e KEVAN, 2012).

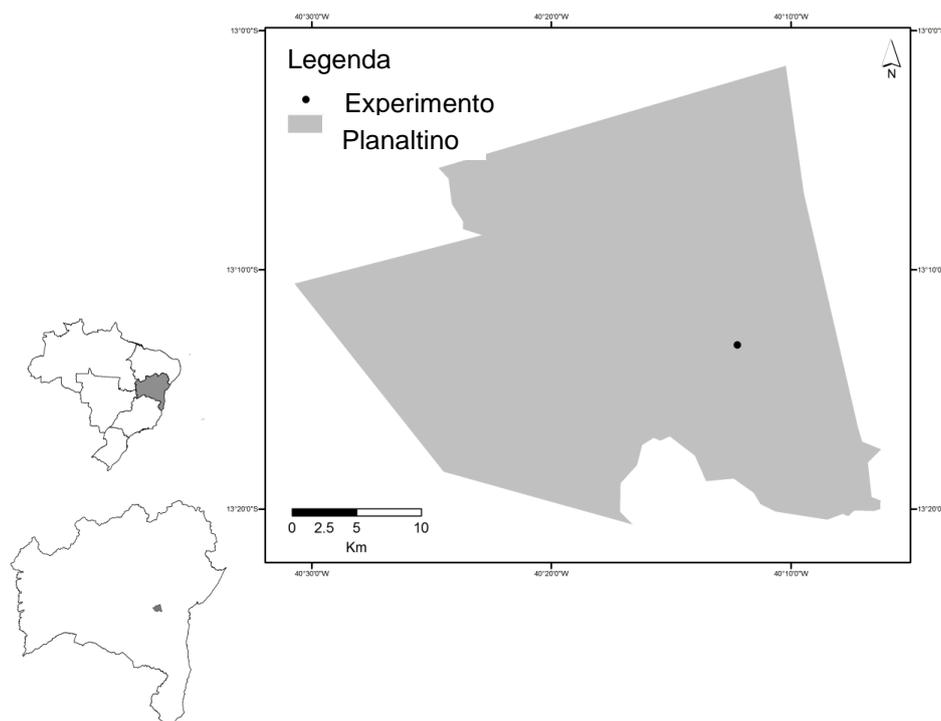
Segundo DE MARCO JR e COELHO (2004), serviços de polinizadores aumentam a produção em cafezais próximas a fragmentos florestais em 14,6%. Ricketts (2004) também apontou a importância de fragmentos florestais tropicais para aumentar a atividade do polinizador em culturas de café. Ambos estudos demonstraram a importância das abelhas sem ferrão e das *Apis mellifera*, como polinizadores.

O cafeeiro pode se beneficiar com a polinização das abelhas, no entanto, se faz necessário estudo acerca do assunto, levando-se em conta a importância mundial desta cultura. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estudar aspectos da biologia floral de *C. arabica* visando contribuir com informações acerca da biologia da polinização desta cultura no Planalto Baiano.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e instalação do experimento:**

Os estudos foram desenvolvidos na Fazenda Três Cantos, no município de Planaltino, Bahia (13° 15' 32" S, 40° 22' 08 " W, altitude de 691 m), Planalto Baiano (Figura 1), no período de novembro dos anos de 2012 (nos dias 16, 17, 18 e 19), 2013 (nos dias 13, 14, 15 e 16) e 2014 (nos dias 25, 26, 27 e 28) em um plantio de cafeeiro com 10 anos de idade. A área estudada tem 10 hectares, com espaçamento de 2,5 entre ruas e 1,5 entre plantas.



**Figura 1.** Localização do município de Planaltino, Bahia, Brasil, com destaque para a área experimental (LUCAS, 2014).

O clima do município de Planaltino é semiárido variando de sub úmido a seco com índice pluviométrico irregular variando de 500 a 1500 mm ao longo do ano e a fitogeografia de domínios de Caatinga Arbórea Densa e Floresta Estacional (SEI, 2002; IBGE, 2010). Na área, além de café arábica (variedade Mundo Novo), encontram-se fruteiras e árvores nativas. Próximo ao cafezal existem áreas de remanescente de floresta, jardins e áreas de reflorestamento.

Os dados meteorológicos de temperatura média e precipitação foram coletados pela estação meteorológica de Marcionílio Souza-BA a 63 km de Planaltino - BA e fornecido por meio do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO, 2013).

Durante o período experimental foram avaliados:

**Morfologia floral, antese e deiscência das flores e frutos:** para a morfologia floral foram marcadas 10 plantas, utilizando 5 flores ao acaso por planta (n=50), para avaliação de suas partes morfológicas. Para análise das partes constituintes dos frutos foram avaliados com auxílio de uma lupa 5 frutos de 5

plantas diferentes, totalizando 25 frutos. As observações relacionadas à antese e deiscência foram acompanhadas a cada hora das 04:00 às 18:00 horas em 5 flores de 5 plantas distintas (n=25) (DAFNI et al., 2005).

**Receptividade estigmática:** este parâmetro foi testado de acordo com o método de atividade peroxidásica descrita por Dafni et al. (2005). Foi observada a duração da receptividade ao longo do seu período de antese, das 04:00 às 18:00 horas a cada duas horas e as 04:00 horas do dia seguinte (24 horas após a antese). Assim, foram selecionadas 5 flores por horário em 10 plantas distintas avaliando-se 50 flores por horário, totalizando 450 flores. Para avaliar a receptividade estigmática foi aplicado duas gotas de peróxido de hidrogênio sobre o estigma e observando com lupa de bolso a formação de bolhas pela ação da peroxidase.

**Número de glomérulos por planta, flor por glomérulo, ramos por planta e de flores abertas por glomérulos:** Foram selecionadas 50 plantas (n=50) escolhidas ao acaso, sendo contabilizado o número de glomérulos por planta, a quantidade de flores por glomérulos, de ramos por planta e o número de flores abertas por glomérulos (CARVALHO NETO, 2010).

**Presença de osmóforos (glândulas de emissão de odor):** Um total de 10 flores de 5 plantas (n= 50) foram previamente ensacadas para verificação das glândulas de emissão de odor. Estas foram mergulhadas em solução de vermelho neutro a 1% e observadas após quatro horas, as partes florais coradas (DAFNI, 1992).

**Viabilidade polínica:** foi verificada utilizando-se a técnica de coloração com carmim acético 1% segundo a metodologia de Dafni et al. (2005). Para o teste foram marcadas 15 flores (cinco flores em três plantas distintas) e protegidas em saco de voil em estágio de pré-antese. As avaliações foram realizadas antes, durante e após a antese (a cada duas horas, das 04:00 as 18:00 horas e após 24 horas da antese) totalizando 135 flores. Foram realizadas observações das lâminas por horário para a determinação da porcentagem de pólen com e sem a presença de conteúdo citoplasmático, sendo contados 100 grãos de pólen escolhidos ao acaso por lâmina

perfazendo um total de 1.500 grãos contados e avaliados por horário (DAFNI et al., 2005).

**Germinação *in vitro* do grão de pólen:** a germinabilidade dos grãos de pólen foi estudada em 15 botões florais (cinco botões em três plantas distintas) previamente ensacados em pré-antese com sacos de voil e coletados no momento das avaliações (pré-antese, antese e pós antese), das 04:00 às 18:00 horas a cada duas horas e as 04:00 horas do dia seguinte, ou seja, 24 horas após a antese, totalizando 135 flores. Os grãos de pólen foram retirados das anteras e distribuídos em placas de Petri (uma para cada indivíduo coletado) preparadas com meio de cultura MS padrão, acrescido de sacarose a 10%. As placas com o material foram deixadas em condições de temperatura ambiente por um período de 24 horas. Após esse período, foram preparadas lâminas para visualização dos grãos de pólen germinado e pólen não germinado. Foram realizadas leituras das lâminas por horário, sendo contados 100 grãos de pólen escolhidos ao acaso por lâmina perfazendo um total de 1.500 grãos contados e avaliados por horário (DAFNI et al., 2005; RIBEIRO, 2006).

**Morfometria dos grãos de pólen:** foram coletados botões florais para a retirada dos grãos de pólen das anteras e posteriormente a montagem das lâminas utilizando o método padrão de acetólise de Erdtman (1960). Após a montagem das lâminas para microscopia, os grãos de pólen foram fotomicrografados em vista equatorial e polar, utilizando-se um microscópio Olympus (CH30) com uma câmera digital (Moticam 2300) acoplada. Todas as fotomicrografias foram retiradas com a objetiva de 1000x. Para as características morfológicas foram medidos 25 grãos de pólen em vista equatorial para o cálculo da média aritmética, desvio padrão da média e intervalo de confiança a 95%. As descrições morfológicas foram baseadas em Barth e Melhem (1988), Barth (1989) e Melhem et al. (2003).

**Volume e concentração de néctar:** Para medir o volume de néctar produzido ao longo do dia e a concentração de açúcares, foram ensacadas em pré-antese 5 flores por indivíduo (n=30), no dia seguinte o néctar foi retirado com o auxílio de tubo microcapilar e a porcentagem de açúcar foi medida com o auxílio de um refratômetro portátil (modelo RTA-50). Essas avaliações foram realizadas antes, durante e após a

antese (a cada duas horas), nas mesmas flores, as quais foram novamente protegidas com o saco de *voil* após a coleta do néctar (Figura 2). O equivalente de sacarose foi calculado a partir do volume e a concentração do néctar de acordo com Bolten et al. (1979) e Wolf et al. (1979). Também foram calculados os mg totais de açúcar por flor, conforme Galetto, 2002.



**Figura 2.** Coleta e análise do néctar de cafeeiro (*Coffea arabica*) - A: Flor envolvida por saco de *voil*; B: Detalhe da flor de café após antese e C: Coleta do néctar por capilaridade. Planaltino-BA, 2012. Acervo INSECTA

**Requerimentos de polinização:** O estudo dos requerimentos de polinização foram avaliados utilizando a metodologia proposta por Dafni et al. (2005), sendo composto por cinco tratamento: (T1- polinização livre, T2- polinização restrita com saco de papel, T3- polinização restrita com saco de *voil*, T4- polinização manual cruzada e T5- geitonogamia). Para avaliar o requerimento de polinização, os tratamentos T1, T3, T4 e T5 foram realizados no mesmo ramo, o tratamento T2 foi realizado em ramo diferente devido a posição do saco de papel. Foram marcadas 10 plantas distintas, utilizando-se dez flores por planta para cada tratamento (100 flores/tratamento) totalizando 500 flores. Os sacos de papel e de *voil* foram retirados logo após o término da florada. Os frutos foram contabilizados a cada 15 dias para

observação de perdas ou permanência dos mesmos até o momento da colheita (maturação com coloração tipo cereja).

**Polinização pelo vento:** foram instalados cinco armadilhas do tipo “megaestigmas”, conforme metodologia de Dafni et al. (2005) consistindo na coleta de grãos de pólen dispersos pelo vento por meio de lâminas adesivas fixadas (“traplets”). As armadilhas foram montadas aleatoriamente no cafezal com distância mínima de 15 m umas das outras (Figura 3).



**Figura 3.** Armadilhas do tipo “megaestigmas”, detalhe dos “traplets” (lâminas adesivas fixadas) para coleta dos grãos de pólen da flor do cafeeiro (*Coffea arabica*). Planaltino-BA, 2012.

Em cada armadilha foram amostrados 12 “traplets” com três furos cada, com a parte autocolante exposta ao vento. As armadilhas permaneceram no cafezal por 24 horas durante a florada e as lâminas foram removidas e repostas em três horários (06:00; 12:00 e 18:00 horas). As lâminas foram encaminhadas para o Núcleo de Estudo dos Insetos - INSECTA /UFRB, para identificação e contagem dos grãos de pólen.

Durante todas as avaliações foram realizadas observações visuais dos visitantes florais do café arábica, para conhecimento da fauna local e anotações foram feitas acerca do recurso coletado por estes visitantes.

## Análise dos dados

A morfologia floral (medidas das partes florais), receptividade estigmática, morfometria dos grãos de pólen, número de glomérulos por planta, número de flores por glomérulo, ramos por planta de flores abertas por glomérulos, viabilidade e germinabilidade dos grãos de pólen, peso, diâmetro e altura dos frutos são dados paramétricos e foram estudados por análise de variância e suas médias foram comparadas pelo Teste de Tukey considerando nível de significância de 5% de probabilidade ( $p \leq 0.05$ ). O delineamento utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Os dados relacionados ao vingamento dos frutos em função do tipo de polinização foram analisados por meio do teste não paramétrico de Qui-quadrado.

Os dados das variáveis do percentual de Brix° (%), volume de néctar ( $\mu\text{L}$ ), açúcares ( $\text{mg. } \mu\text{L}^{-1}$ ), açúcares totais (mg) e calorias (kcal) foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos por meio do teste de Ryan-Joiner ao nível de 5% de probabilidade. Os dados das variáveis brix (%) e açúcares ( $\text{mg. } \mu\text{L}^{-1}$ ) apresentaram resíduos normalizados quando transformados pelo método de Box-Cox (transformação ótima), dada pela seguinte expressão:  $\text{Brix} = Y_i^{\lambda-1}/(\lambda \times g^{(\lambda-1)})$ , com  $\lambda = 4$ .

Equações de regressão foram estimadas para brix (%) e açúcares ( $\text{mg. } \mu\text{L}^{-1}$ ) em função do período de antese, utilizando-se do método dos mínimos quadrados. A seleção da equação que melhor se ajustou aos dados de brix (%) e açúcares ( $\text{mg. } \mu\text{L}^{-1}$ ) foi realizada com base na significância dos parâmetros da regressão, pelo teste F, incluso na análise de variância da regressão. A aderência dos modelos selecionados aos dados de brix (%) e açúcares ( $\text{mg. } \mu\text{L}^{-1}$ ) foi avaliada pelo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e pelo valor de probabilidade da falta de ajuste, na ANOVA da regressão.

Os modelos de regressão polinomiais para volume de néctar ( $\mu\text{L}$ ), açúcares totais (mg) e calorias (kcal) em função do período de antese não tiveram bom ajuste ( $P < 0,05$ ) e, por isso, optou-se pelos modelos de regressão não-lineares. Para a estimativa dos parâmetros dos modelos utilizou-se o método iterativo de Gauss-Newton. A aderência dos modelos aos dados de volume de néctar ( $\mu\text{L}$ ), açúcares totais (mg) e calorias (kcal) em função do período de antese baseou-se no número

de interações para o melhor ajuste das estimativas dos parâmetros, do erro padrão da regressão e do quadrado médio do erro.

As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR e GENES.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Morfologia floral, antese e deiscência das flores

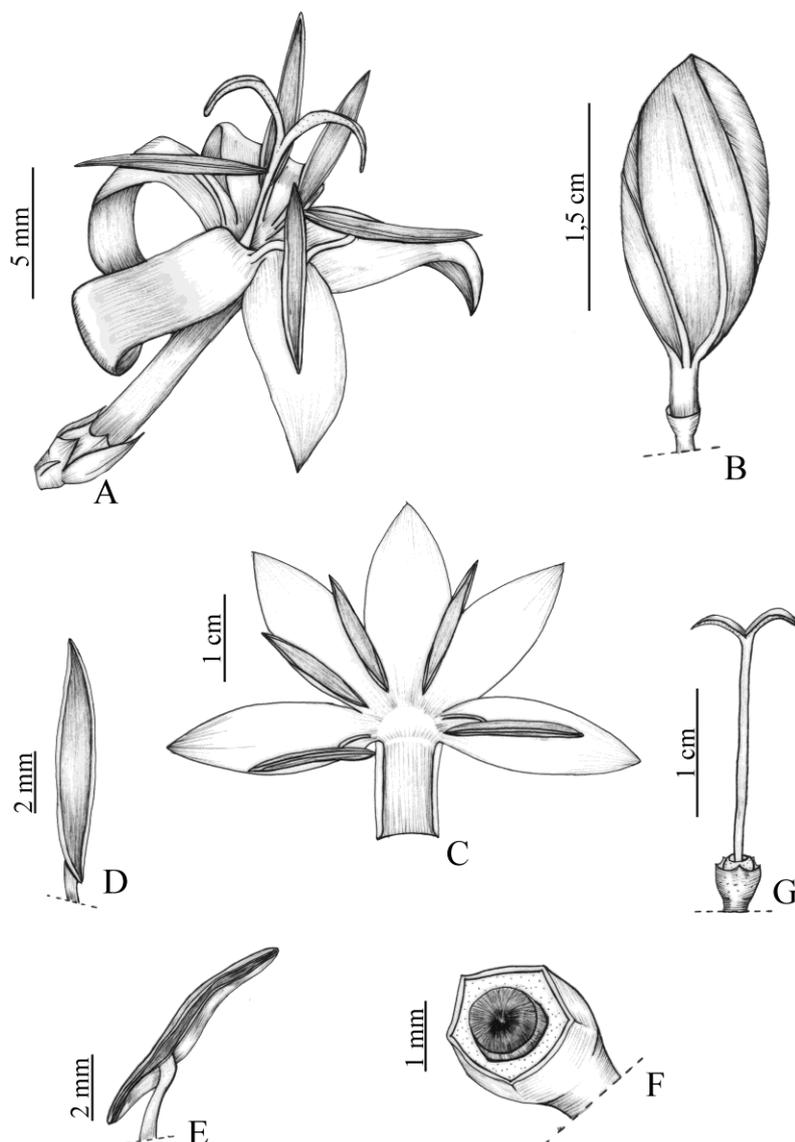
De acordo com a análise da morfologia floral, na área de estudo o *C. arabica*, possui flores com cerca de  $2,57 \text{ cm} \pm 0,03$  de diâmetro por  $2,57 \text{ cm} \pm 0,03$  de altura. Os botões florais eram ovais, inicialmente apresentaram uma coloração verde clara e na fase de pré-antese encontraram-se entumecidos e com coloração branca. As flores possuíam coloração branca, eram simétricas, tubulares, hermafroditas, diclamídeas. O cálice era dialissépalo, composto por cinco pétalas ( $9 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ ), com pedúnculo curto que se formavam a partir de dois pares de brácteas, cinco filetes filiformes curtos que surgiam a partir de cada pétala, cinco anteras ( $7,3 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$ ) e um estilete ( $14,01 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ ) com dois lóbulos estigmáticos na extremidade e eram nectaríferas (Figura 4). O ovário é ínfero, com dois óvulos, um em cada lóculo. As flores estavam reunidas em média de  $15,05 \pm 3,68$  formando os glomérulos. O pedicelo mede cerca de  $1,89 \text{ mm} \pm 0,03$  de comprimento e as folhas eram ovais e de cor verde escura.

Os frutos do cafeeiro apresentavam-se pequenos, ovais com pedúnculo curto, esverdeado quando imaturo, vermelho quando maduro e preto depois de seco, com apenas um caroço.

O cafeeiro apresentou características que são relacionadas as plantas associadas à síndrome da melitofilia, isto é, quando as abelhas são os principais polinizadores da planta.

A antese teve início por volta de 06:00 horas. Neste momento, a corola encontrava-se parcialmente aberta, as anteras também encontravam-se abertas e o pólen acessível aos visitantes. Entre 06:30 e 07:00 horas a corola estava totalmente aberta. Foi observado que em dias nublados algumas flores abriam mais tarde e outras nem chegam a abrir, semelhante aos dados encontrados por McGregor (1976) e Klein et al. (2003). Logo após a liberação dos grãos de pólen, as

anteras começaram a escurecer e no fim do primeiro dia elas se apresentaram murchas e com as tecas espiraladas, semelhante aos dados encontrados por Carvalho Neto (2010), em um trabalho sobre as abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras do café (*Coffea arabica*). Após 24 horas da antese iniciou o processo de senescência com o escurecimento e desprendimento do tubo da corola de algumas flores e após 72 horas as flores caíram.

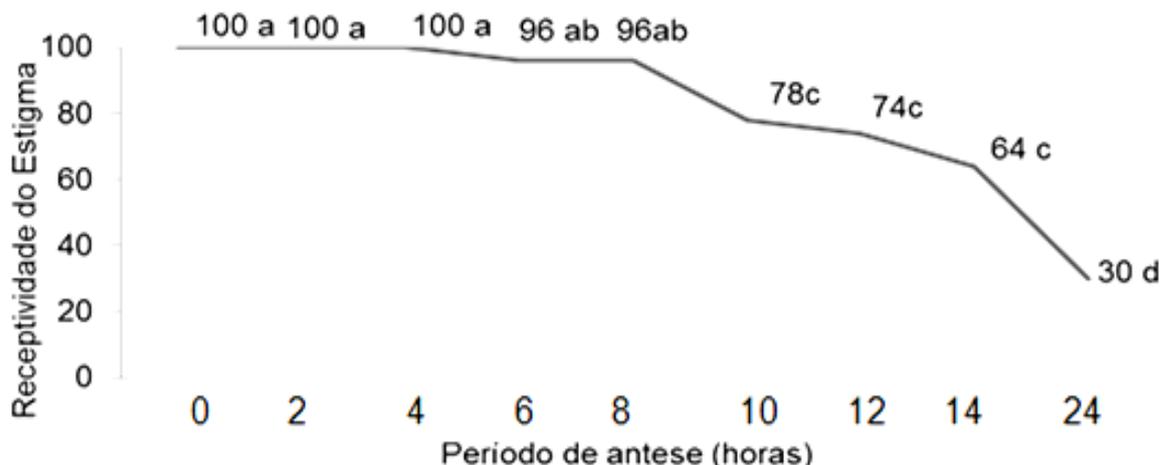


**Figura 4.** Partes constituintes da flor de *Coffea arabica* L. var Mundo Novo: A. Flor em antese; B. Botão em pré-antese; C. Corola; D. Antera em vista frontal; E. Antera em vista lateral com Filete; F. Câmara nectarífera e G. Estigma e estilete. Planaltino-BA, 2012.

Foram observadas no campo, muitas flores anormais, conhecidas como “estrelinha”, quer dizer, flores que não tiveram bom desenvolvimento, com exposição de estigma e anteras antes de sua antese, ficando pequenas e de coloração amarelada, além de botões com exposição do estigma e anteras. Isso pode ser explicado devido às altas temperaturas e o grande período de seca ocorrido na região no período de estudo. De acordo Rena e Maestri (1985), essas anomalias são consideradas severas, levando à redução do vingamento das flores em até 80%.

### **Receptividade estigmática**

O estigma do café arábica permaneceu aberto por todo o período que se encontrava receptivo o que aconteceu durante todos os horários de coleta, ou seja, na pré-antese, antese e pós-antese (04:00 às 18 horas e após 24 horas da antese da flor). Houve diferença significativa nos horários avaliados ao nível de 5% de probabilidade. Até quatro horas de antese foi observado o maior índice de receptividade, com 100% dos estigmas receptivos, não havendo diferença significativa nesses horários. Após dez horas do período de antese, ou seja, às 14:00 horas, houve uma redução de 22% na receptividade e após 14 horas do período de antese (18:00 horas) 64% dos estigmas ainda encontravam-se receptivos. Após 24 horas da antese ainda foram encontrados 30% dos estigmas receptivos (Figura 5). Esses resultados diferem de Carvalho Neto (2010), o qual constatou uma tendência decrescente da receptividade em café arábica do momento da antese até por volta de 09:00 e às 11:00 horas não haviam mais estigmas receptivos, o que pode estar relacionado as altas temperaturas e deficiência hídrica.



**Figura 5.** Receptividade estigmática (%) de flores de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes horários, no município de Planaltino - Ba, 2012. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

A receptividade dos estigmas é um fator fundamental para se determinar o melhor período de deposição do pólen na flor para que ocorra a fecundação. Segundo Maués e Couturier (2002), o estigma receptivo produz substâncias viscosas que facilita a aderência do pólen, garantindo, provavelmente, a fertilização com a formação de frutos e sementes.

#### **Número de glomérulos por planta, flor por glomérulo, ramos por planta e número de flores abertas por glomérulos:**

A floração do cafeeiro iniciou-se no dia 15 de novembro de 2012 e estendeu até o dia 19 de novembro, tendo uma duração de cinco dias. Mendes et al. (1996) relata que o cafeeiro apresenta floração sincrônica, ou seja, todas as plantas em uma dada extensão geográfica florescem simultaneamente, o que favorece a visita das abelhas.

Nas 50 plantas avaliadas foi obtida uma média de 720,30 glomérulos por planta,  $10,29 \pm 2,00$  glomérulos por ramo, com média de  $15,05 \pm 3,68$  flores por glomérulos, sendo a média de ramos por planta de  $69,98 \pm 14,97$  e média de  $13,08 \pm$

3,5 flores abertas por glomérulos. A quantidade de flores produzidas pelo cafeeiro var. Mundo Novo possibilita boa produção de frutos por ramo. Os resultados encontrados estão de acordo com Mendes et al. (1997); Rena e Guimarães (2000) e Carvalho Neto (2010). Segundo Fazuoli et al. (2008), esta é uma das cultivares mais produtivas de café arábico do mundo.

Segundo De Marco e Coelho (2004), a diferença no número de flores por planta pode ser de extrema importância para o sistema produtivo. Como as flores do café são agrupadas em glomérulos em dezenas de flores abertas no mesmo ramo, aumenta, portanto a atração dos polinizadores (principalmente as abelhas) e também as chances de ocorrerem autopolinização.

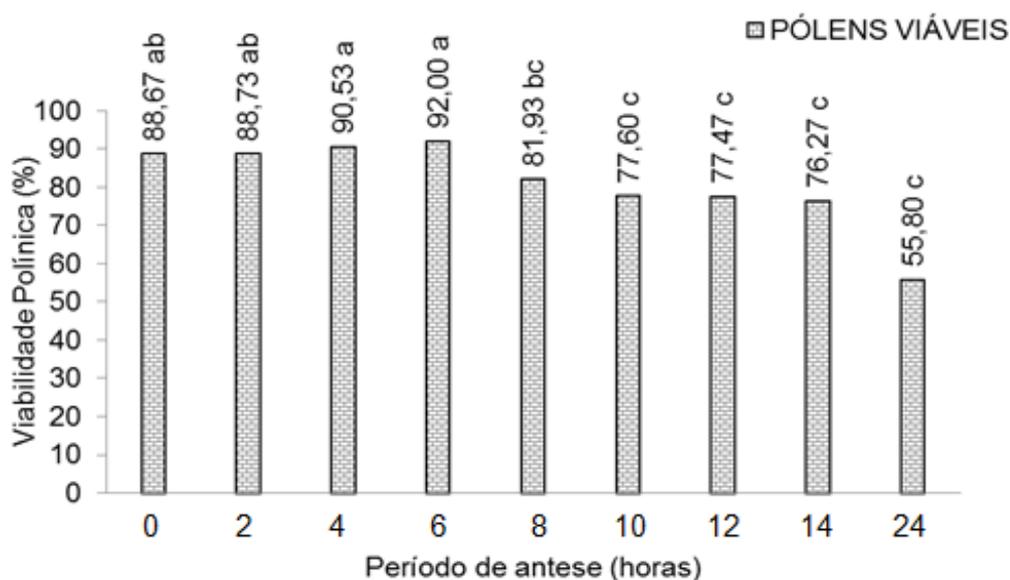
Durante as coletas de dados foram observados diversos animais visitando as flores de café arábica em busca de alimento, como abelhas, vespas, formigas, borboletas, besouros e beija-flores.

### **Viabilidade Polínica**

A média da viabilidade polínica foi de 81%, apresentando diferença significativa nos horários em estudo ( $p < 0,05$ ). Durante a avaliação, a viabilidade polínica mostrou-se elevada ao longo do dia (Figura 6), com valores superiores a 70%, e após 24 horas da antese das flores ainda foram encontrados 55% dos grãos de pólen viáveis. Foi observado estatisticamente que no intervalo de 4 horas e 6 horas após o período de antese os valores foram iguais entre si e superiores aos demais, apresentando 90% e 92% dos pólenes viáveis, respectivamente.

Os resultados obtidos, quando submetidos ao teste da ANOVA a 5% de probabilidade, demonstraram que houve diferenças significativas na viabilidade dos grãos de pólen em função do período de antese ( $F > 0,05$ ), sugerindo que a viabilidade polínica é variável ( $CV = 8,63\%$ ).

Granato (2010) estudando o comportamento meiótico em híbridos de café arabusta (*C. arabica* cv Bourbon Vermelho X *C. canephora* cv Robusta), encontrou resultados próximos ao do presente trabalho para *C. arabica*. Por meio de testes por coloração, o mesmo autor obteve porcentagens de viabilidade máxima iguais a 84,21% para *C. arabica* e em relação aos grãos de pólen de *C. canephora* obteve 62,86%.



**Figura 6.** Viabilidade polínica do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Planaltino-BA, 2012. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Owuor e Van Der Vossen (1981) ao estudar a fertilidade do híbrido arabusta F1 e das espécies parentais por meio de testes de viabilidade polínica por coloração com carmim acético 1% e por germinação em meio com 10% de sacarose, encontraram viabilidade polínica de  $97,4 \pm 0,3$  para *C. arabica*,  $94,4 \pm 1,8$  para *C. canephora* tetraplóide e  $62,4 \pm 1,5$  para o híbrido arabusta F1.

Quanto mais alta a viabilidade polínica, maior o índice de fertilização. Segundo Souza et al. (2002) e Domingues et al. (1999), valores acima de 70% são considerados de alta viabilidade, valores de 31 a 69% considerados de média viabilidade e até 30% baixa viabilidade.

A elevada taxa de viabilidade dos grãos de pólen durante todo o dia evidencia o alto índice de fertilidade masculino da espécie. Segundo Bueno e Cavalcante (2001), a relação entre o pólen e o estigma depende da viabilidade dos grãos, da receptividade do estigma e das alterações genéticas entre as partes. Deste modo, os resultados obtidos demonstram que em todos os horários avaliados houve estimativa de fertilidade masculina, apresentando estigmas receptivos e polens viáveis para o sucesso da fertilização.

### **Germinação *in vitro* dos grãos de pólen**

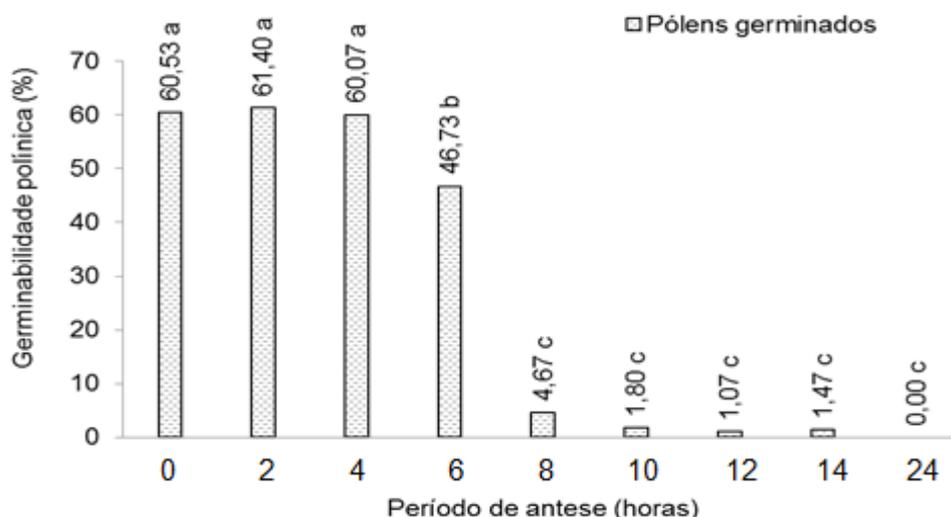
A análise dos dados revelou que houve diferença significativa da germinabilidade *in vitro* dos grãos de pólen nos horários avaliados ( $p < 0,05$ ). Das zero horas do período de antese, ou seja, na pré-antese (04:00 horas) até quatro horas do período da antese (08:00 horas) foram encontrados maior número de pólenes germinados, sendo esses horários iguais entre si e superiores aos demais horários, mantendo-se em torno de 60% de grãos de pólen germinados. As 8 horas (4,67), 10 horas (1,80), 12 horas (1,07), 14 horas (1,47) e 24 horas (0,0) após o período de antese houve uma perda na germinação dos grãos de pólen, sendo que esses não diferiram estatisticamente entre si (Figura 7).

O resultado encontrado no presente trabalho diferente de alguns autores. Melo e Souza (2011) que relatam em um estudo sobre a biologia da reprodução de *C. arabica* e *C. canephora* que por ocasião da deiscência da antera, a germinação do pólen foi de 83%; Krug e Mendes (1940) que conseguiram fazer com que 90% dos grãos de pólen do tetraplóide *C. arabica* germinassem; Owuor e Van Der Vossen (1981) obtiveram 72,0% de pólenes viáveis por meio do teste de germinação em *C. arabica*; e Granato (2010) registrou porcentagens de germinação máxima iguais a 38,6% em *C. arabica* Co667. Segundo esse autor, quando a capacidade de germinação do pólen é testada, é possível acompanhar de forma realista o estado dos gametas masculinos quanto à quantidade de grãos de pólen potencialmente viáveis.

As diferenças encontradas neste trabalho e nos trabalhos relacionados podem ser atribuídas às condições ambientais, como a elevada umidade do ar (Figura 8). Segundo Souza (1994), quando a abertura da antera coincide com elevada umidade do ar, a alta pressão osmótica do conteúdo celular do grão de pólen, aliada à baixa resistência de sua parede, diminuem a viabilidade polínica. Como também podem ser atribuídas aos diferentes métodos utilizados nos testes, como o tipo de meio utilizado para germinação e condições de acondicionamento do material para germinação, no momento da coleta, ou até mesmo o estágio da flor utilizada no momento da avaliação.

Para Almeida et al. (2011), a germinação *in vitro* de grãos de pólen apresenta alta correlação com a fertilização no campo. No entanto, a fertilização tende a ser menor que a germinação *in vitro*, devido à influência de vários fatores, como

receptividade do estigma, barreiras genéticas e influências ambientais como temperatura e umidade relativa (BARNABÁS et al., 1988).



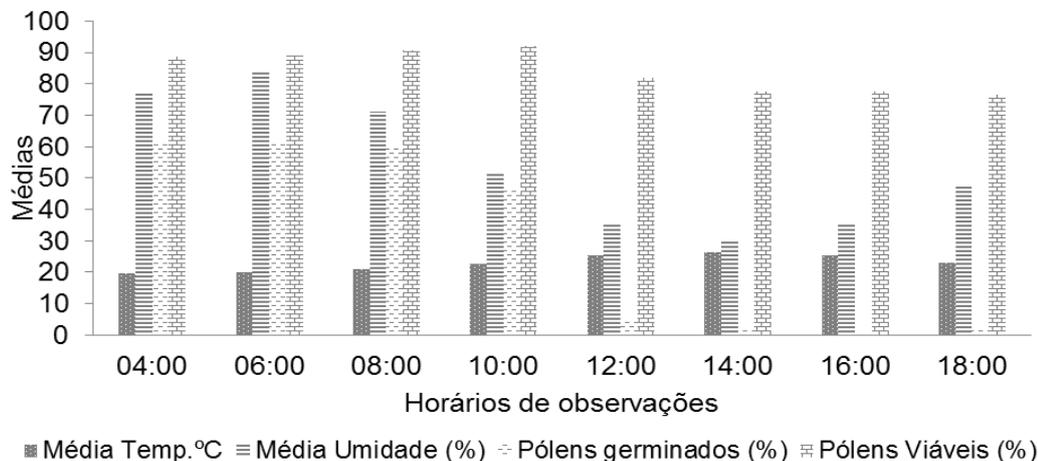
**Figura 7.** Porcentagem de germinação *in vitro* dos grãos de pólen do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função do período de antese. Planaltino-BA, 2012. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

De acordo com Scorza e Sherman (1995), para um pólen ser considerado bom, ele deve apresentar de 50 a 80% de grãos germinados com tubos bem desenvolvidos. Segundo os mesmos autores, à medida que o pólen envelhece, a porcentagem de germinação e o comprimento dos tubos polínicos decrescem, mesmo que o pólen pareça fraco, a presença de alguns tubos polínicos vigorosos indica que o mesmo ainda é suficientemente bom para assegurar, pelo menos, uma moderada frutificação efetiva, apesar da baixa porcentagem de germinação. Sendo assim, as taxas encontradas neste experimento, são consideradas boas para a germinação polínica do cafeeiro.

O teste de comparação de média entre a viabilidade e germinação dos grãos de pólen demonstrou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade. Observou-se que às quatro e seis horas após a antese foram os melhores horários em relação à viabilidade dos grãos de pólen, não havendo diferença estatística entre eles. Porém, quando comparado conjuntamente com os resultados de germinação foi observado que o melhor horário de viabilidade dos grãos de pólen foi às quatro

horas após a antese. Isso significa que a fertilidade do pólen em cafeeiros nas condições do presente trabalho, está relacionado com o período de antese, sendo que até seis horas após a antese são os melhores horários para ocorrer a polinização do cafeeiro em Planaltino, Bahia, uma vez que os grãos de pólen, nesses horários se encontram propensos a germinabilidade.

Ao relacionar a viabilidade polínica e a germinação dos grãos de pólen com a temperatura e umidade relativa do ar no momento das avaliações, notou-se que com o passar do tempo, a umidade relativa e germinabilidade foram diminuindo, a viabilidade aumentou até 10 horas, a partir desse horário também houve uma redução, no entanto, a temperatura aumentou com o passar do tempo, voltando a diminuir a partir das 16:00 horas. Com base nesses resultados, pode-se concluir que o melhor horário para que ocorra a polinização do *C. arabica* está entre seis horas, que é o momento do início da antese das flores do café arábica, até as 10:00 horas, período em que ocorre maiores porcentagens de viabilidade e germinabilidade do grãos de pólen (Figura 8).



**Figura 8.** Correlação das médias da temperatura, umidade relativa do ar, germinabilidade dos grãos de pólen e viabilidade polínica de *Coffea arabica* L., em diferentes horários, Planaltino-BA, 2012.

Pio et al. (2004) relatam que a temperatura e a alta umidade podem ocasionar aumento na pressão osmótica e baixa resistência na parede celular, causando assim o rompimento ou eclosão dos grãos dos grãos, impedindo-os de germinar. De

acordo com Zinn et al. (2010) um único dia quente ou noite fria, próximo da fertilização pode ser fatal para o sucesso reprodutivo de muitas plantas.

### Morfometria dos grãos de pólen

A espécie *C. arabica* apresenta grãos de pólen de tamanhos variados e não são pegajosos (Figura 9). Uma planta adulta é capaz de produzir aproximadamente 2,5 milhões de grãos de pólen, suficiente para fertilizar até 30.000 flores (WINTGENS, 2009). Em um trabalho com várias cultivares de *C. arabica*, Quiros (1962) observou que a variação no tamanho dos grãos de pólen é devido a fatores do meio ambiente, nutrição das plantas e genética da cultivar. O referido autor obteve uma média de 31,23 micras nos grãos de pólen avaliados.

De acordo com os dados obtidos, os grãos de pólen de *C. arabica* apresentaram uma média de 62,90  $\mu\text{m}$  para os eixos polares e 59,12  $\mu\text{m}$  para os eixos equatoriais. Assim, conforme a classificação de Barth (1989) e Erdtman (1952) com relação à dimensão, os grãos de pólen de *C. arabica* encontrados no presente estudo são classificados como grandes e apresentaram forma prolata esferoidal (Tabela 1).



**Figura 9.** Fotomicrografia do grão pólen de *Coffea arabica* L. (1000x): A-C vista equatorial e D-F vista polar. Escala: 10  $\mu\text{m}$ . Planaltino-BA, 2012.

**Tabela 1.** Dimensões do grão de pólen de *Coffea arabica*, sendo: EP= Eixo polar, EE= Eixo equatorial, P/E= relação entre eixo polar e eixo equatorial, DP= desvio padrão e I.C. intervalo de confiança a 95%. Planaltino-BA, 2012.

Tamanho	Dimensões dos grãos de pólen		Forma	Relação P/E (µm)
	EP (µm) Média (n=25) ± DP	EE (µm) Média (n=25) ± DP		
Grande	62,90 ± 0,24	59,12 ± 0,33	Prolata esferoidal	1,06
I.C. (95%)(µm)	62,89 - 62,81	59,25 - 58,99		

### Presença de Osmóforos

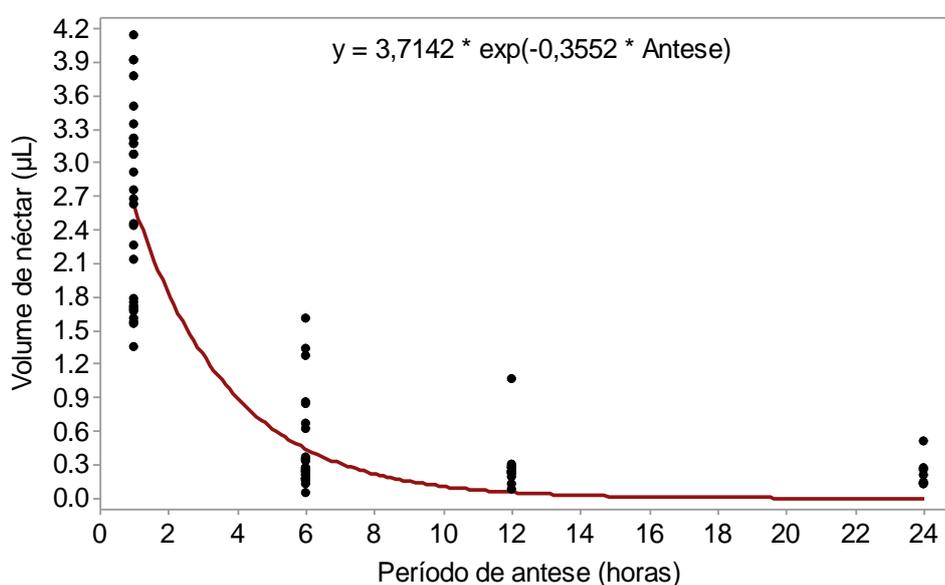
A presença de osmóforos em café arábica foi constatada por toda corola, principalmente nas anteras e estigma, devido à pigmentação pelo corante vermelho neutro. Lenzi e Orth (2004) constataram ao estudar *Schinus terebinthifolius* Raddi em área de restinga da Ilha de Santa Catarina, que a presença de osmóforos promove um mecanismo para atrair visitantes florais e possíveis polinizadores, principalmente abelhas, apesar da fragrância ser pouco perceptível pelo homem nessa espécie. Segundo Vogel (1990), os odores produzidos são compostos majoritariamente por óleos voláteis - terpenos e compostos fenólicos de baixo peso molecular. Wiemer et al. (2009) relatam que os osmóforos, ou glândulas de odores, produzem e liberam compostos voláteis associados ou não à atração de polinizadores.

As diferentes fragrâncias produzidas pelos osmóforos podem ser discriminadas pelas abelhas, que apresentam acuidade olfativa semelhante à dos humanos, embora possam detectar odores florais mais diluídos (PIRES et al., 2004).

### Volume e concentração de néctar

O néctar potencial diário por flor foi em média de 2,91 µL. A equação de regressão em função do período de antese da flor demonstrou que nos primeiros horários de antese, que aconteceu por volta de seis horas, a produção de néctar foi maior, diminuindo ao longo do período da antese (Figura 10). Houve diferença na produção de néctar em relação ao período de antese ( $p < 0,05$ ). As flores que tiveram

o néctar coletado no momento da antese produziram uma média de 2,61  $\mu\text{L}$  e seis horas após a antese, estas apresentavam apenas 0,41  $\mu\text{L}$  em média. Semelhante ao encontrado por Teixeira (2004), em um estudo relacionado à biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC (Rubiaceae), onde o autor relata que o maior período de produção de néctar nas flores foi na primeira parte da manhã. Baixo volume de néctar induz a repetidas procura pelos visitantes florais, em busca de alimento, e conseqüentemente, promove a polinização cruzadas (FEAGRI e PIJL, 1979; PROCTOR et al., 1996).



**Figura 10.** Secreção de néctar ( $\mu\text{L}$ ) em flores de café arábica (*Coffea arabica* L.) em diferentes períodos de antese. Planaltino-BA, 2012.

O maior volume de néctar durante o período de pré-antese e antese estão relacionados com as baixas temperaturas e umidade elevada nesses horários (04:00 horas e 06:00 horas), também pode ser uma estratégia da planta para atrair polinizadores, deste modo, há um benefício mútuo, onde a planta se beneficia com a polinização e os agentes polinizadores se beneficiam com o recurso floral.

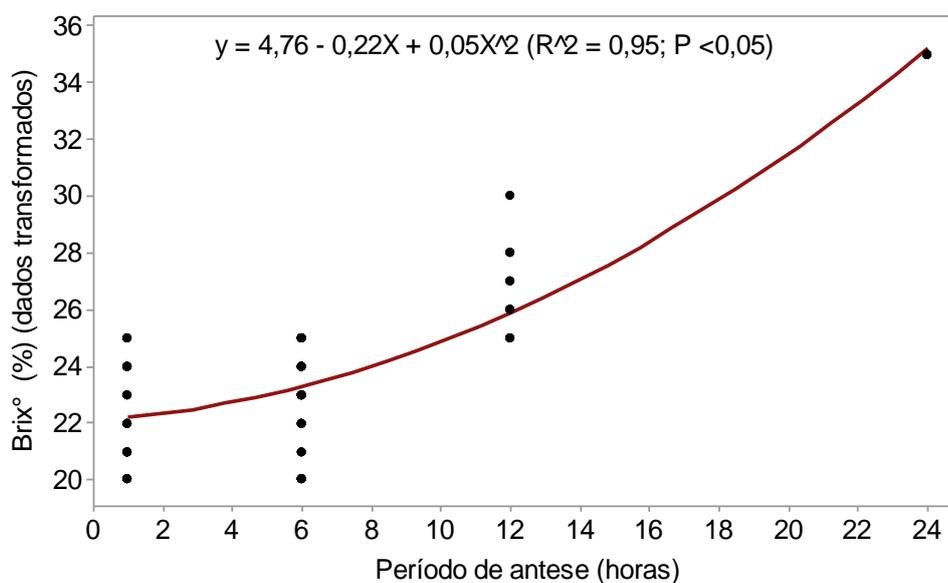
Foi constatada presença de néctar dois dias após sua antese, ou seja, em flores senescentes, no entanto, não foi possível mensurar a quantidade de néctar nesse período devido à pequena quantidade secretada pela flor. Também foi observado que 72 horas após a antese ainda havia visitantes florais, como, abelhas,

borboletas, vespas, beija-flor, formigas e besouros, coletando néctar nas flores senescentes, mesmo com a corola pendurada apenas pelo pistilo, confirmando que apesar de senescentes, as flores ainda secretam néctar. Esses dados corroboram observações de Nogueira-Neto (1959), em estudo com café Bourbon (*C. arabica*) onde constatou que dois dias após a abertura das flores, pela manhã o nível do néctar ainda estava alto no interior do tubo da corola e à tarde algumas flores ainda apresentavam néctar, mas em menor quantidade e em outras, este não era mais visível.

Com a reposição contínua de néctar, há uma tendência que a abelha volte à flor para forragear (THOMSON et al., 1989), assegurando a deposição de grãos de pólen no estigma e conseqüentemente, a polinização e posterior fertilização da planta. No entanto, muitas plantas não repõem o néctar após o meio dia e quando repõem a quantidade é pequena, pois não existem estímulos por parte dos visitantes após as coletas iniciais de pólen e néctar, portanto, verifica-se uma relação de dependência recíproca entre a disponibilidade de néctar e o comportamento de forrageio dos visitantes florais (ASHWORTH e GALETTO 2002; PACINI e NEPI, 2007).

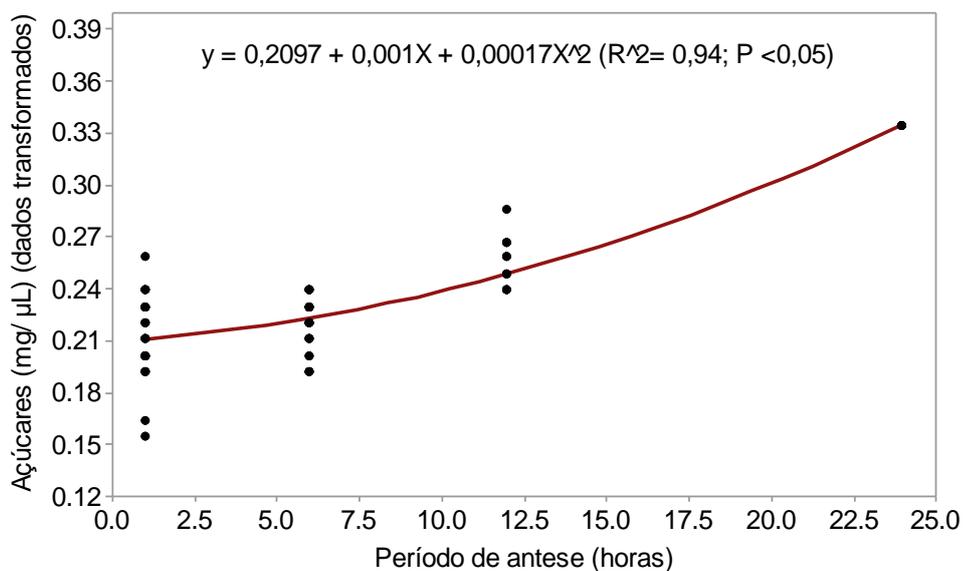
A importância dos polinizadores nativos na produção agrícola pode ser influenciada tanto pela disponibilidade das populações dos animais envolvidos na interação quanto pela oferta de recursos pela planta (SILVA et al., 1999). Flores que produzem mais néctar são mais visitadas (RATHCKE, 1992, STOUT e GOULSON, 2002), levando ao aumento do sucesso reprodutivo dos indivíduos (REAL e RATHCKE, 1991).

Os sólidos solúveis totais (Brix°) encontrados nos nectários florais do cafeeiro apresentaram uma média de 16,17%. A concentração de açúcares (Brix°) apresentou diferença significativa para o néctar instantaneamente disponível, observando-se que este aumenta com o passar do tempo, ou seja, quanto maior o período de antese maior a concentração do Brix°, isso pode ser atribuído a evaporação da água presente no néctar no decorrer do dia, deste modo deixando-o mais concentrado (Figura 11). Esses dados diferem de Nogueira-Neto (1959), o qual obteve maiores valores de Brix° para o néctar de café arábica no período da manhã, no entanto, obteve um valor médio de Brix° de 38%, isso pode ser explicado pelas diferenças climáticas ou pelo fato do autor ter feito à avaliação de néctar regurgitado pelas abelhas e não coletado diretamente das flores, como é o caso desse estudo.



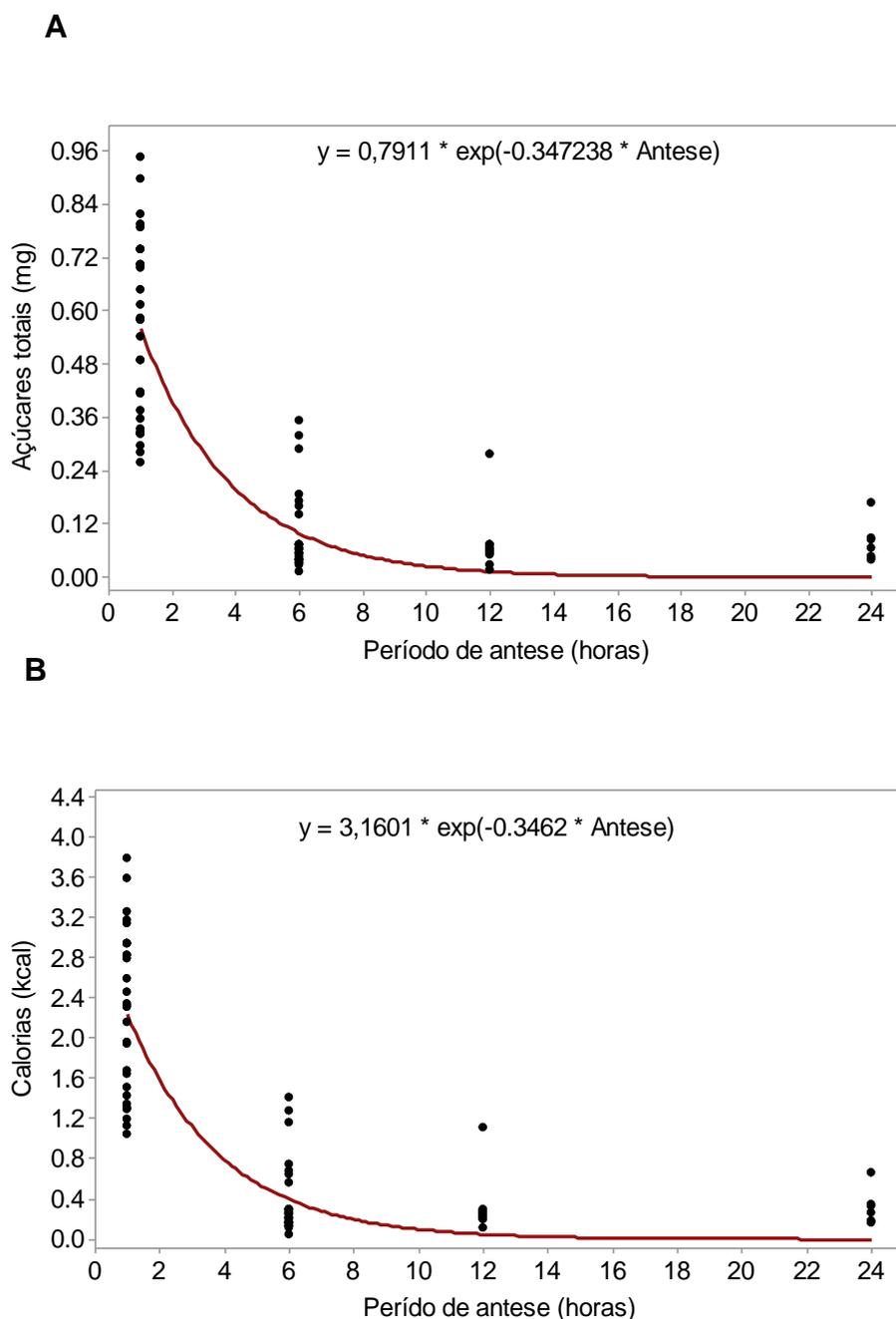
**Figura 11.** Média de Brix° encontrados em néctar de flores de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Planaltino-BA, 2012.

Semelhante ao Brix°, os açúcares (sacarose), apresentaram diferença significativa para os horários avaliados ( $P < 0,05$ ) e também aumentaram com o passar do tempo. No entanto, não houve diferença significativa entre o momento da antese (06:00 horas) e seis horas após a antese (12:00 h) sendo encontrado uma média de  $0,21 \text{ mg}/\mu\text{L}$  e  $0,22 \text{ mg}/\mu\text{L}$  de açúcares, respectivamente (Figura 12).



**Figura 12.** Teores de açúcares (mg/μL) encontrados em flores de *Coffea arabica* L. Planaltino-BA, 2012.

Os açúcares totais (mg) e calorias foram inversamente proporcionais ao Brix° e açúcares (mg/μL). Com base na significância dos parâmetros da regressão, pelo teste F, incluso na análise de variância da regressão observa-se que tanto açúcares totais ( $p < 0,05$ ), quanto calorias ( $p < 0,05$ ) apresentaram maiores valores nas primeiras horas de antese das flores de café arábica. No momento da antese, foi encontrado uma médias de 0,56 mg de açúcares totais e 2,23 cal (Figura 13, A e B).



**Figura 13.** Médias de açúcares totais (mg) - A e Calorias (Kcal) - B, em função do período de antese encontrados em néctar de flores de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Planaltino-BA, 2012.

Em estudo realizado com *Passiflora*, observou-se que a produção de néctar durante o período diurno da antese ocorre em várias espécies e que o maior número de visitas de *Bombus morio* ocorre no início da manhã em *P. alata*. Esta relação pode está associada com uma maior quantidade de néctar disponível nas flores durante este período (VARASSIN et al., 2001, FISCHER e LEAL, 2006, LONGO; FISCHER, 2006). Stout e Goulson (2002) notaram que, *Bombus* visita com mais

frequência quando há mais néctar. Chalcoff et al. (2006) sugeriram que a polinização entomófila é determinada pelo quantitativo de açúcares presentes no néctar produzido pelas flores.

A relação planta polinizador está associada com as variações do volume e concentrações de açúcares (SST) no néctar das flores de determinada planta, o que promove fidelidade de forrageio (GALETTO; BERNARDELO, 2004). Carrillo e Ríos (2014) relatam que os polinizadores são atraídos inicialmente às flores pelo odor, cor e quantidade e qualidade de néctar e pólen disponibilizados pelas flores. Assim, o estudo do néctar é de fundamental importância por fazer parte da dieta que proporciona a fonte energética para as abelhas durante todas as fases da vida.

### **Requerimento de Polinização**

O café arábica pode produzir frutos sob qualquer teste de polinização avaliado no presente trabalho, sendo suas flores capazes de se autopolinizar, independente de agentes polinizadores, o que foi confirmado nos tratamentos de polinização restrita com saco de papel e polinização restrita com saco de *voil* quando conseguiram produzir frutos. Porém, ao analisar as variáveis peso, diâmetro e comprimento, foi observado diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ).

O peso médio dos frutos oriundos da polinização livre diferiu estatisticamente de todos os tratamentos ( $p < 0,05$ ), apresentando maior peso (Tabela 2). Para a polinização cruzada manual também foi observada diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). A polinização restrita com saco de papel, restrita com saco de *voil* e geitonogamia não diferiram estatisticamente entre si e os frutos apresentaram o menor peso no entanto, esses tratamentos diferiram estatisticamente dos demais ao nível de 5% de probabilidade. Apesar do café arábica se tratar de uma espécie autocompatível, os dados demonstram que a produção tende a ser maior quando ocorre polinização cruzada.

O peso médio dos grãos de café provenientes da polinização livre foi 1,228g, significativamente maior que o peso médio dos demais tratamentos do presente estudo. Outros autores observaram que os frutos do cafeeiro apresentaram maior peso quando visitados livremente por polinizadores (RICKETTS, 2004; KLEIN et al., 2008; CARVALHO-NETO, 2010; MALERBO-SOUZA et al., 2012 e SILVA, 2013). Apesar do vento e da gravidade, favorecerem a polinização do cafeeiro, no presente

estudo estes não foram primordiais, o que foi demonstrado nos resultados obtidos no experimento, onde os tratamentos de polinização restrita com saco de papel e polinização restrita com saco de *voil* apresentaram menor peso médio corroborando os dados de Roubik (2002). O baixo peso na geitonogamia, pode estar relacionado a emasculação das flores, assim a ausência da corola pode ter contribuído para uma menor deposição de grãos de pólen sobre o estigma das flores, a planta possui mecanismos que asseguram uma deposição mínima de grãos de pólen suficiente para a fertilização dos óvulos e vingamento dos frutos (SILVA, 2004).

Esses dados se assemelham ao encontrado por Nogueira-Neto et al. (1959), quando também notaram, em um estudo sobre o efeito da exclusão de insetos polinizadores na produção de café Bourbon, que há uma tendência de maior frutificação em plantas descobertas, ou seja, plantas expostas a polinização livre. Malerbo-Souza et al. (2003) ao estudar a biologia floral, a frequência e o comportamento dos insetos na flor, testando o produto Bee-Here®, quanto à sua atratividade para as abelhas *A. mellifera* e verificando a produção de frutos, na presença e na ausência de insetos na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. Mundo Novo), chegaram à conclusão que a polinização realizada por elas promoveu aumento quantitativo na produção de grãos de café (var. Mundo Novo). Outros autores, como o Amaral (1960), Klein et al. (2003), Ricketts et al. (2004), De Marco e Coelho (2004), Carvalho-Neto (2010) e Silva (2013) também comprovaram o significativo aumento da produção do cafeeiro na presença de polinizadores.

Quanto ao diâmetro dos frutos, os resultados mostraram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). No entanto, os frutos oriundos da polinização livre apresentaram maior diâmetro, com média de 11,027 mm, apesar de não diferir da polinização manual cruzada e geitonogamia (Tabela 2). Alguns autores também comprovaram aumento no diâmetro de frutos de algumas culturas quando polinizados por abelhas: em pimentão (*Capsicum annuum* L.), Faria-Júnior et al. (2008) verificaram que os frutos oriundos de plantas visitadas livremente por insetos e plantas isoladas com uma colmeia de *A. mellifera*, apresentaram maior massa e maior diâmetro que frutos de plantas isoladas em gaiolas sem abelhas; na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.), Gingras et al. (1997), ao estudar a eficiência polinizadora de *A. mellifera* observaram que o diâmetro máximo dos frutos resultantes do tratamento de polinização aberta foi maior que o tratamento controle.

Com relação ao comprimento dos frutos de café arábica, foi observada diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), de modo que os frutos resultantes da polinização aberta apresentaram maior comprimento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias de peso, diâmetro e comprimento em frutos de cafeeiro oriundos de polinização aberta, polinização restrita com saco de papel, polinização restrita com saco de *voil*, polinização manual cruzada e geitonogamia em Planaltino-BA, 2012.

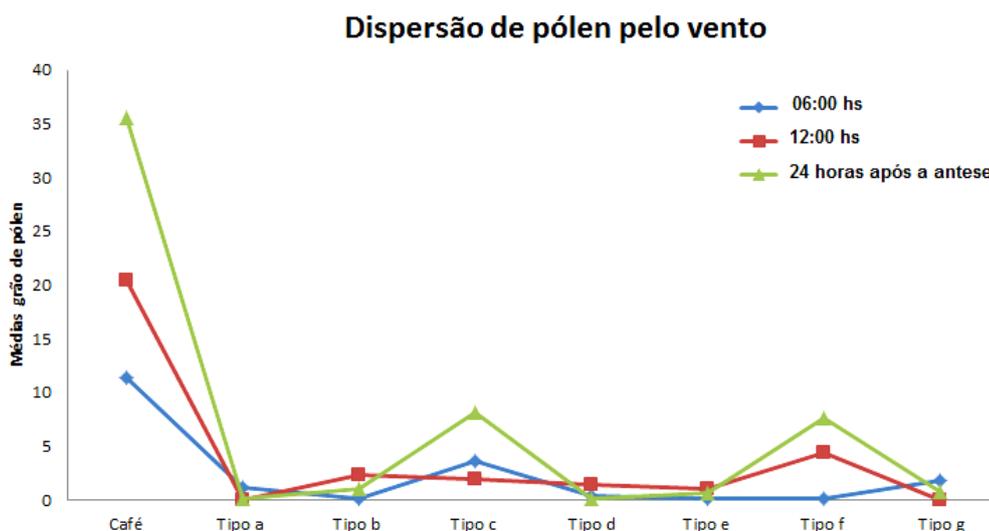
Requerimento de Polinização	Peso (g)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
Polinização Livre	1,228 a	11,027 a	14,111 a
Polinização Restrita com Saco de Papel	0,646 c	10,069 b	12,161 c
Polinização Restrita com Saco de Voil	0,708 c	9,952 b	12,139 c
Polinização Manual Cruzada	0,995 b	10,532 ab	13,219 b
Geitonogamia	0,680 c	10,326 ab	11,991 c

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente, pelo Teukey, ao nível de 5%.

De acordo aos dados obtidos nesse experimento, pode-se inferir que apesar do *C. arabica* produzir frutos sob qualquer teste de polinização, com a polinização cruzada o peso, diâmetro e comprimento dos frutos tendem a serem maiores, beneficiando o produtor. Marlebo-Souza (2012) avaliando produção de grãos no café arábica, conclui que na ausência de insetos diminuiu em 55,25% a produção de grãos, além de diminuir o peso desses grãos.

### Polinização pelo vento

O número total de grãos de pólen capturados pelos “traplets” dos megaestigmas foi de 533 grãos nos três horários de avaliação, dentre os quais o tipo polínico do cafeeiro foi de maior ocorrência (63 %  $\pm$  10,33) os outros tipos encontrados foram respectivamente: pólen tipo a (1,3 %  $\pm$  3,2); tipo b (3,4 %  $\pm$  1,4); tipo c (13 %  $\pm$  4,8); tipo d (1,9 %  $\pm$  1,7); tipo e ( 1,7 %  $\pm$  0,48); tipo f (11,4 %  $\pm$  4,1) e tipo g (4,3 %  $\pm$  2,7), conforme Figura 14.



**Figura 14.** Médias de tipos polínicos capturados pelos “traplets” dos megaestigmas em cafezal localizado em Planaltino-BA, 2013.

Os resultados obtidos sugerem que o vento pode transportar os grãos de pólen do cafeeiro, possibilitando a ocorrência de autofecundação espontânea em flores de um mesmo indivíduo, corroborando as afirmações de Roubik (2002) e Klein et al. (2003).

## CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, a antese de *C. arabica* ocorre a partir das 06:00 horas e a morfologia floral permite associá-la à síndrome da melitofilia.

As características relacionadas à viabilidade e germinação polínica, a receptividade estigmática e a produção de néctar indicam que *C. arabica* possui sistema reprodutivo misto, assim, a planta do cafeeiro (*C. arabica*) é classificada como autocompatível e alógama.

A polinização livre em geral proporciona aumento na produção e peso dos frutos, mostrando a importância de polinizadores na área de produção de *C. arabica*.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível: [www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br). Acesso em: agosto de 2013.

ALMEIDA, C., et al. Conservação e germinação *in vitro* de pólen de milho (*Zea mays* subsp. *mays*). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.34, n.4, p.493-497, 2011.

AMARAL, E. Ação dos insetos na polinização do cafeeiro “Caturram”. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.35, p.139-147, 1960.

ASHWORTH, L.; GALETTO, L. Differential nectar production between male and female flowers in a wild Cucurbit; *Cucurbita maxima* ssp. *andreana* (Cucurbitaceae). **Canadian Journal of Botany**, v.80, p.1203-1208, 2002.

BARNABÁS, B., et al. Effect of pollen storage by drying and deep-freezing on the expression of different agronomic traits in maize (*Zea mays* L.). **Euphytica**, v.39, n.3, p.221-226, 1988.

BARTH, O.M.; MELHEM, T.S. **Glossário Ilustrado de palinologia**. Editora da Unicamp, Campinas. 1988. 226p.

BARTH, O.M. **O pólen no mel brasileiro**. Gráfica Luxor: Rio de Janeiro, 1989. 226p.

BOLTEN, A.B., et al. On the calculation of sugar concentration in flower nectar. **Oecologia**, Rio de Janeiro, v.41, n.3, p.301-304, 1979.

BUCHMANN, S.L., NABHAN, G.P. **The Forgotten Pollinators**. Ed. Island Press, Covello, CA and Washington, D.C. 1996, 292p.

BUENO, D.M.; CAVALCANTE, K.L. Estudo da viabilidade dos grãos de pólen de flores de melão (*Cucumis melo* L.). Fortaleza-CE. 2001. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br>. Acesso em: agosto/ 2012.

CARRILLO, J.; L.; R.; RÍOS, P.; C. Manual de polinización apícola. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Saltillo. México. s/d. 52 p. Disponível em: . Acesso em: 10 mar. 2014.

CARVALHO NETO, F.H. de. Abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras do café (*Coffea arabica* L.) ecológico e sombreado no Maçico de Baturité - Ceará. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2010.

CHALCOFF, V. R.; AIZEN, M. A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the Temperate Forest of South America. **Annals of Botany**, London, v.97, n.3, p.413-421, 2006.

DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. IRL, Oxford. 1992. 250p.

DAFNI A., KEVAN, P.G., HUSBAND, B.C. **Practical Pollination Biology**. Cambridge, Enviroquest, 2005. 590p.

DE MARCO, P.J.; COELHO, F.M. Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures Pollination and Production. **Biodiversity and Conservation**. Victoria Island, v.13, p.1245-1255, 2004.

DOMINGUES, E.T.; TULMANN NETO, A.; TEÓFILO SOBRINHO, J. Viabilidade do pólen em cultivares de laranja doce. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.2, p. 265-272, 1999.

ERDTMAN, G. The acetolysis method: revised description. **Sevensk Botanisk Tidskrift**. Norbyvagen. v.54, p.561-564, 1960.

FARIA-JÚNIOR, L. R. R.; BENDINI, J. N. L.; BARRETO, M. R. C. Eficiência polinizadora de *Apis mellifera* L. e polinização entomófila em pimentão variedade cascadura ikeda. **Bragantia**, v.67, n.2, p.261-266, 2008.

FAZUOLI, L. C. Metodologia, critérios e resultados da seleção em progênies do café Icatu com resistência a *Hemileia vastatrix*. 1991. 322p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas. 1991.

FAZUOLI, L.C., et al. **Cultivares de café arábica de porte alto**. IN:CARVALHO,C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, p.249-250. 2008.

FAEGRI, K.; VAN, D.P.L. **The principles of pollination Ecology**. New York: Pergamon Press, 1979. 249p.

FISCHER, E.; LEAL, I.R. Effect of nectar secretion rate on pollination success of *Passiflora coccinea* (Passifloraceae) in the Central Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos-SP, v.66, n.2, p.747-754, 2006.

GALETTO, L.; BERNARDELLO, G. Floral nectaries, nectar production dynamics and chemical composition in six *Ipomoea species* (Convolvulaceae) in relation to pollinators. **Annals of Botany**, London, v.94, n.2, p.269-280, 2004.

GALETTO, L.; FIONI, A.; CALVINO, A. Exito Reprodutivo y Calidad de los Frutos en Poblaciones del Extremo Sur de la Distribucion de *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae). **Darwiniana**, Córdoba, v.40, n.1-4, p.25-32, 2002.

GINGRAS, D.; GINGRAS, J.; OLIVEIRA, D. Honey bees and the production of cucumbers in Quebec (Canada). **Acta Horticulturae**, Leuven, v.437, p.395-399, 1997.

GRANATO, L.M. Comportamento meiótico em híbridos de café arabusta (*C. arabica* cv. Bourbon Vermelho × *C. canephora* cv. Robusta). 2010. 91f. (Dissertação) - Instituto Agrônômico de Campinas, Brasil. 2010.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=292490> Acesso em: agosto de 2013.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., et al. (Org.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. 2012. 488p.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v.90, n.1, p.153-157, 2003.

KLEIN, A. M.; CUNNINGHAM, S. A.; BOS, M.; STEFFAN-DEWENTER, I. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. **Ecology**, Washington, v.89, n.4, p.935-943, 2008.

KRUG, C.A.; MENDES, A.I.T. Observações citológicas em *Coffea* - IV. **Bragantia**, Campinas, v.1, n.6, p.467-487, 1940.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v.17, n. 2, p.67-89, 2004.

LONGO, J.M.; FISCHER, E. Efeito da taxa de secreção de néctar sobre a polinização e a produção de sementes em flores de *Passiflora speciosa* Gardn. (Passifloraceae) no Pantanal. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n. 3, p.481-488, 2006.

LUCAS, C.I.S. Fontes polínicas para *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em uma área de cultivo do cafeeiro na região semiárida da Bahia. 2014. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2014.

MALERBO-SOUZA, D. T., et al. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, n.4, p.272-278, 2003.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. "Catuaí Vermelho". **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.1-11, 2012.

MAUÉS, M.M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n.4, p.441-448, 2002.

MC-GREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: USDA, (Agriculture Handbook, 496). By S.E. McGregor, USDA. p.411,1976. Disponível em: <<http://gears.tucson.ars.ag.gov/book/>>. Acesso em: 14.10.2011.

MELO; B. de; SOUSA, L. B. de. Biologia da reprodução de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. **Revista Verde**, Pombal-PB, v.6, n.2, p.1-7, 2011.

MELHEM, T.S., et al. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo. 2003. p.104.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. Economia cafeeira: o agribusiness. Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade. Lavras: UFLA-FAEPE. p. 59, 1997.

MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. **Fisiologia do Cafeeiro**. Lavras. UFLA, 1996. 38p.

NOGUEIRA-NETO, P.N.; CARVALHO, A.; ANTUNES-FILHO, H. A. Efeito da Exclusão dos Insetos Polinizadores na Produção do Café Bourbon. **Bragantia**, Campinas, v.18, p.441- 418. 1959.

OLIVEIRA, M. S. P.; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.17, n. 3, p.343-353, 2003.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.F. Ação do iprodione e cálcio sobre alguns aspectos fisiológicos da germinação de grãos de pólen do pessegueiro diamante (*Prunus persicae* L. Bastch). 1999. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 1999.

OWUOR, J.B.O.; VAN DER VOSSEN, H.A.M. Interspecific hybridization between *Coffea arabica* L. and tetraploid *C. canephora* P. ex Fr. I. Fertility in F1 hybrids and backcrosses to *C. arabica*. **Euphytica**, Wageningen, v.30, n.3, p.861-866, 1981.

PACINI, E.; NEPI, M. Nectar production and presentation. p.167-214. 2007 In SW Nicolson, Nepi and Pacini (eds.) **Nectaries and nectar**. Springer, Dordrecht, Netherlands.

PIO, L.A.S. et al. Receptiveness of the stigma and *in vitro* germination of orange pollen, submitted to different temperatures. **Ciência e Agrotecnologia**, v.5, n.5, p.1087-1091, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n5/v28n5a16.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

PIRES, M.M.Y, SOUZA, L.A. de; TERADA, Y. Biologia floral de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) ocorrente em vegetação ripária da ilha Porto Rico, Porto Rico, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v.26, n.2, p.209-15, 2004.

PROCTOR, M., YEO, P., LACK, A. **The natural history of pollination**. London, Harper Collins Publishers. 1996. 479p.

QUIROS, W.C. Estudios en Polen y Polinizacion en *Coffea arabica* L. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de La OEA. 1962. 117f. Tesis Magister Agriculturae - Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados. Turrialba, Costa Rica. 1962.

RATHC KE, B.J. Nectar distribution, pollinator behavior, and plants reproductive success. In: **Effects of resource distribution on animal-plant interactions** (M.D.

Hunter, M.D.; Ohgushi, T.; Price, P.W. Effects of resource distribution on animal-plant interactions. San Diego: Academic Press. 1992. 138p.

REAL, L.; RATHCKE, B.J. Individual variation in nectar production and its effect on fitness in *Kalmia latifolia*. **Ecology**, Washington, v.72, n.1, p.149-155,1991.

RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, p.80, 2000 (Documentos, 37).

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.26-40, 1985.

RIBEIRO, G.S. Aspectos da biologia floral relacionados à produção de frutos e sementes da pinha (*Annona squamosa* L.). 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. 2006.

RIBEIRO, G.S. Polinização da laranja (*Citrus sinensis*) pela abelha uruçú (*Melipona scutellaris*) Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em área restrita no Recôncavo da Bahia. 2013. 108f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2013.

RICKETTS, T.H. Tropical Forest fragments enhance pollinator activity in Nearby coffee crops. **Conservation Biology**, Cambridge, v.18, n.5, p.1262-1271, 2004.

ROUBIK, D. W. The Value of Bees to the Coffee Harvest. *Nature*, v.417, n.6890, p. 708-708, 2002. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/232781977\\_Tropical\\_agriculture\\_The\\_value\\_of\\_bees\\_to\\_the\\_coffee\\_harvest](http://www.researchgate.net/publication/232781977_Tropical_agriculture_The_value_of_bees_to_the_coffee_harvest)

SCORZA, R.; SHERMAN, W. B. Peaches. In: JANIK J.; MOORE, J.N.(Ed.). **Fruit breeding**. New York: John e Sons, p.325-440, 1995.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Dinâmica sociodemográfica da Bahia: 1980-2000. Salvador: SEI, 2002. Disponível em: [http://www.sei.ba.gov.br/index.php?searchword=Planaltino&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com\\_search](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?searchword=Planaltino&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search) Acesso em: novembro de 2012.

SILVA, M.F. Abelhas visitantes florais e produção de frutos e sementes em café convencional. 2013. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. 2013.

SILVA, M. M. et al. Número floral, clima, densidad poblacional de *Xilocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Revista de Biología Tropical**, Costa Rica, v.47, n.4, p.711-718, 1999.

SILVA, E.M.S. Efeito do número de visitas da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Duke) na polinização do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação. 2004. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

SOUZA, V.C., et al. Plantas apícolas de São Paulo e arredores. In: PIRANI, J.R.; CORTOPASSI-LAURINO, M. (Eds.). **Flores e abelhas em São Paulo**. 2 ed. São Paulo: EDUSP, p. 43-67. 1994.

SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; MARTINS, E. R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa degener*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.6, p.1209-1217, 2002.

STOUT, J.C.; GOULSON, D. The influence of nectar secretion rates on the responses of bumblebees (*Bombus* spp.) to previously visited flowers. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.52, n.3, p.239-246, 2002.

TEIXEIRA, L.A.G.; MACHADO, I.C. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.4, p.853-862, 2004.

THOMAS, V.G.; KEVAN, P.G. Insect pollination: commodity values, trade and policy considerations using coffee as an example. **Journal of Pollination Ecology**, v.7, n. 2, p.5-15, 2012.

THOMSON, J.D.; MCKENNA, M.A.; CRUZAN, M.C. Temporal patterns of nectar and pollen production in *Aralia hispida*: implications for reproductive success. **Ecology**. Washington, v.70, n.4. p.1061-1068, 1989.

VARASSIN, I.G., TRIGO, J.R.; SAZIMA, M. The role of production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.136, n.2, p.138-152, 2001.

VOGEL, S. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. Memoirs of the New York. **Botanical Garden**, San Tiago, v.55, p.130-142, 1990.

WIEMER, A.P., et al. A simple floral fragrance and unusual osmophore structure in *Cuclopogon elatus* (Orchidaceae). **Plant Biology**, v.11, n.4, p.506-514, 2009.

WINTGENS, J.N. **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production**. 2nd Edn., Wiley, Weinheim. 2009. 1040p.

WOLF, A.V.; BROWN, M.G.; PRENTISS, P.G. Concentratives properties of aqueous solutions: conversion tables. In: WEAST, R.C.; ASTLE, M.J. (Eds). **Handbook of chemistry and physics**. 60 ed. Florida: CRC Press, p.27-270, 1979.

ZINN, K.E., M. TUNC-OZDEMIR, e J.F. HARPER. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.61, n.7, p.1959-68, 2010.

## CAPÍTULO 2

### ABELHAS VISITANTES FLORAIS DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) NO PLANALTO BAIANO

## ABELHAS VISITANTES FLORAIS DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) NO PLANALTO BAIANO

**RESUMO:** O café é um dos produtos mais importantes para a economia brasileira e apesar da espécie ser considerada compatível, é beneficiado com a presença de polinizadores. A polinização representa um fator de produção fundamental para a maioria das espécies cultivadas, sendo as abelhas um dos principais fornecedores desse serviço. Desse modo, o objetivo deste estudo, foi identificar as abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras, das flores de café arábica em Planaltino, Bahia. O levantamento das espécies de abelhas visitantes florais do cafezal ocorreu entre os meses de novembro e dezembro dos anos de 2012, 2013 e 2014 com 4 repetições, perfazendo um total de 12 dias de amostragem. Foram avaliados a frequência, constância e o tipo de recurso coletado. Paralelamente, foi verificada a ocorrência ou não de contato com as anteras e com o estigma da flor, duração das visitas; número de flores visitadas por ramo. Foram encontrados um total de 19 espécies de abelhas visitantes florais do cafeeiro (*C. arabica*). Considerando as condições fenológicas das plantas e edafoclimáticas no local estudado, as abelhas *Apis mellifera* (45,7%) e *Melipona scutellaris* (31%) foram as mais frequentes, demonstrando-se como potenciais polinizadoras da cultura. Também foi constatado que no período da manhã ocorreu uma maior visitação destas espécies, com pico as 9:00 horas, com um total de 22,80% e 22,48% de indivíduos de *A. mellifera* e *M. scutellaris*, respectivamente. Assim, as espécies *M. scutellaris* e *A. mellifera* podem contribuir para o aumento da produção de grãos de café em Planaltino, Bahia. Considerando a facilidade de manejo e a baixa agressividade da *M. scutellaris* sugere-se o adensamento desta espécie no cafezal.

**Palavra chave:** cafeeiro, polinização, *Apis mellifera*, *Melipona scutellaris*

## **BEE VISITORS OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) FLOWERS IN THE BAHIANIAN PLATEAU, BRAZIL**

**ABSTRACT:** Coffee is one of the most important produce for the Brazilian economy, and despite being considered an autogamous species, it benefits from the presence of pollinators. Pollination is a key factor for the production of most cultivated species, and the bees are amongst the main providers of such service. Thus, the aim of this study was to identify the bee visitors and potential pollinating bees of flowers of the Arabica coffee in Planaltino, Bahia, Brazil. The bee visitors of coffee flowers were surveyed in November and December in years 2012, 2013 and 2014, with 4 replicates, totaling 12 days of surveying, when the frequency, constancy and type of collected resource were evaluated. At the same time, it was observed if the bee contacted the anthers and stigma of the flower; the duration of each visit; and the number of flowers visited per branch. It was found a total of 19 bee species visiting the flowers of coffee (*C. arabica*). Considering the plant phenology, and the soil and climate conditions of the study site, *Apis mellifera* (45.7%) and *M. scutellaris* (31%) were the most frequent bee species, which demonstrates their potential as pollinators of the coffee crop. It was also found a higher visitation by these species during the morning, peaking at 9 am, with a total of 22.80% and 22.48% individuals of *A. mellifera* and *M. scutellaris*, respectively. Thus, both *M. scutellaris* and *A. mellifera* can contribute to increase the production of coffee beans in Planaltino. Considering the ease of handling and low aggressiveness of *M. scutellaris*, it is suggested to increase the density of such species in the coffee-growing areas.

**Keywords:** Coffee plant, pollination, *Apis mellifera*, *Melipona scutellaris*

## INTRODUÇÃO

O *Coffea arabica* L. é uma das espécies mais conhecida e cultivada no mundo e apresenta algumas variedades (COSTE, 1969), dentre as quais a variedade 'Mundo Novo'. As plantas do café arábica são autoférteis, entretanto, a polinização cruzada por meio da atuação de abelhas (sociais e solitárias) resulta em incremento na produção, além de redução da frequência de grãos deformados, peso adicional dos frutos e qualidade superior da bebida (ROUBIK, 2002; KLEIN et al., 2003; RICKETTS et al., 2004; OLSCHEWKI et al., 2006; COELHO, 2008; VEDDELER et al., 2008; MARLEBO-SOUZA, 2012).

A cafeicultura brasileira apresenta uma grande e crescente participação na economia do país e atribui ao Brasil o título de maior produtor e exportador mundial e segundo maior consumidor. O crescimento da produção de café tem sido proporcional ao crescimento da população mundial, mas com alterações geográficas bem significativas (MALERBO-SOUZA, 2012).

No cenário agroindustrial, o Brasil, vem sendo responsável por 30% da produção mundial (FAO, 2013). O Estado da Bahia é o quarto estado produtor de grãos de café e possui um parque cafeeiro com uma área total plantada de 155.752,4 hectares de café em formação e em produção. Na Bahia são 167 municípios produtores de café, dos quais 80 têm grande importância no cenário cafeeiro do Estado gerando cerca de 250 mil empregos (BRASIL, 2014). Nos cultivos do cafeeiro, a agricultura familiar é extremamente representativa, os investimentos em tecnologias nesse segmento implicam melhorias sociais na vida do pequeno produtor como: geração de emprego e renda, fixação do homem no meio rural e mais qualidade de vida no campo (GUERRA, 2012).

Diversos autores demonstraram os benefícios da polinização cruzada para o cafeeiro, entre eles: Klein et al. (2003a) constataram um aumento na frutificação de *C. arabica* de 60% para 90% ao relacionar frutificação de café com a diversidade de abelhas polinizadoras. Neste mesmo ano, este autor obteve um aumento de 27% em ramos de café com livre acesso às abelhas polinizadoras (Klein et al., 2003b); Malerbo-Souza et al. (2003) obtiveram um aumento de 38% na produção de grãos de café por meio da polinização por abelhas. De acordo com Ricketts et al. (2004) a manutenção de polinizadores nativos leva a significativa melhora na produtividade (20%) e qualidade do café; De Marco e Coelho (2004), também constataram que

ramos com livre acesso aos polinizadores, obtiveram um incremento médio de 14,6% na produção em relação aos ramos ensacados.

O município de Planaltino está relacionado ao destaque da produção de grãos de café do Estado da Bahia, pois possui características climáticas favoráveis para a ampliação da produção. No município a cafeicultura é uma atividade tradicional para pequenos agricultores familiares e vem se expandindo, tendo o clima favorável ao bom desenvolvimento desta cultura.

É de extrema importância à realização de pesquisas referentes às abelhas visitantes das flores do cafeeiro nessa região, sua utilização, criação e manutenção para a polinização, visando tanto o aumento da produtividade quanto a preservação dessas espécies de abelhas. Assim, o objetivo deste estudo, foi identificar as abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras, das flores do cafeeiro em Planaltino, Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Coleta**

O levantamento das espécies de abelhas visitantes florais foi realizado na Fazenda Três Cantos, no município de Planaltino, Bahia (13° 15' 32" S, 40° 22' 08" W, altitude de 691 m), Planalto Baiano. A área estudada tinha 10 hectares de cafeeiro com 10 anos de idade, além de outras fruteiras. Próximo ao cafezal encontra-se áreas de remanescente de floresta, jardins e áreas de reflorestamento.

As coletas ocorreram no mês de novembro dos anos de 2012 (nos dias 16, 17, 18 e 19), 2013 (nos dias 13, 14, 15 e 16) e 2014 (nos dias 25, 26, 27 e 28) com 4 repetições por ano (coletas), perfazendo um total de 12 coletas. Foram traçados dois transectos de 50 metros cada, os quais foram percorridos em passos lentos com paradas de cinco minutos em plantas com mais de 90% de florescimento de seus ramos, totalizando 30 minutos por transecto/coletor com intervalos de duas em duas horas.

As abelhas visitantes florais foram determinadas por meio de observação direta em campo, realizadas durante o período de floração, das 5:00 às 17:00h. Ressalta-se que não foi registrado apiário no dentro ou no entorno do cafezal, mas um meliponário com a 40 colônias de *Melipona scutellaris* foi instalado no centro da área.

Todas as abelhas visitantes foram coletadas com auxílio de uma rede entomológica, sacrificadas em câmara mortífera (frasco com acetato de etila), transferidas para recipientes individuais numerados, registrado a hora, data da coleta e posteriormente enviadas para identificação por comparação com exemplares da Coleção Entomológica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

### **Análise faunística**

A análise faunística foi determinada para cada espécie de abelha coletada, por meio das equações:

Constância (SILVEIRA NETO et al., 1976)

$$C = (p \times 100) / N$$

Onde, C= constância em percentual; p= número de coletas contendo a espécie e N= número total de coletas efetuadas.

As espécies foram classificadas em constantes (quando ocorreram em mais de 50% das coletas); acessórias (entre 25% e 50% das coletas) e acidentais (em menos de 25% das coletas).

Dominância (SAKAGAMI e LAROCCA, 1971)

$$LD = (1/S) \times 100$$

Onde LD= limite de dominância e S= número total de espécies. Este parâmetro classifica as espécies em dominantes quando os valores do limite inferior de cada espécie apresentam-se superiores ao limite de dominância e não dominantes quando os valores encontrados foram menores (SILVA, 2005).

Limite inferior (ZAR, 1999);

$$Li = [1 - (k'1 \times F0) / (k'2 + (k'1 \times F0))] \times 100$$

Onde, Li= limite inferior para cada espécie; F0= valor obtido da tabela de distribuição de F ao nível de 5% de significância para graus de liberdade obtidos em k'1 e k'2

$$k'1 = 2(N - n_i + 1); k'2 = 2(n_i + 1);$$

Onde, N= número total de indivíduos;  $n_i$ = número total de indivíduos da espécie i.

Foi realizado o cálculo de Frequência (F), a qual foi determinada pela participação percentual do número de indivíduos de cada espécie de abelhas, em relação ao total contado, utilizando a seguinte equação:

$$F = n/N \times 100$$

Onde, F = porcentagem de frequência, n = número de indivíduos de cada espécie, N= número total de indivíduos coletados.

### **Comportamento e preferência alimentar das abelhas**

A avaliação do comportamento dos visitantes foi realizada de acordo com Inouye (1980), classificando-os como: 1- polinizadores efetivos (visita legítima e contato com as estruturas reprodutivas (estigma e/ou antera das flores); 2 - polinizadores ocasionais (visita legítima, mas nem sempre ocorrendo o contato com os órgãos reprodutivos); 3 - pilhadores (coleta de recurso floral sem ocorrer o contato com os órgãos reprodutivos). Para isso foram selecionadas algumas espécies mais frequentes de abelhas visitantes das flores do *C. arabica*, sendo registrado a categoria do visitante e o recurso floral coletado por esses indivíduos (néctar, pólen ou ambos). Paralelamente, foi verificada a ocorrência ou não de contato com as anteras e com o estigma da flor, duração das visitas; número de flores visitadas por ramo. Exemplos de cada espécie foram coletados para posterior identificação.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram identificadas um total de 8.531 abelhas, distribuídas em duas famílias (Andrenidae e Apidae), 11 gêneros e 19 espécies de visitantes florais do cafeeiro (*Coffea arabica*). As espécies encontradas foram: *Apis mellifera*, *Bombus* sp., *Diadasina* sp.; *Eulaema nigrita*, *Exomalopsis* sp. 1, *Exomalopsis* sp. 2, *Exomalopsis*

sp. 3, *Frieseomelitta doederleini*, *Melipona scutellaris*, *Melipona quadrifasciata anthidioides*, *Nannotrigona* sp., *Schwarziana* sp., *Paratrigona* sp., *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes*, *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa* sp. (Tabela 1). Quanto a ocorrência, as espécies *A. mellifera* e *M. scutellaris* foram consideradas muito frequentes e constantes e a *Trigona* foi frequente, sendo que não ocorreu dominância entre elas, pois o cálculo do Limite de Dominância (LD) foi menor que o Limite inferior (Li). Em se tratando de frequência por espécie, os indivíduos foram classificados em sua maioria como pouco frequente (PF) e muito frequente (MF).

As espécies *A. mellifera* e *M. scutellaris* destacaram-se como MF no período de estudo, representando um percentual de 45,7% e 31% de indivíduos, respectivamente sendo que *A. mellifera* apresentou maior número de indivíduos (3873). Silva (2013) também encontrou maior abundância relativa de *A. mellifera* em um levantamento de visitantes florais do cafeeiro localizado em Barra do Choça, Bahia.

Pesquisas apontam a espécie *A. mellifera* como agente principal na polinização do cafeeiro (ROUBIK, 2002). Vergara et al. (2008), encontraram forte domínio da *A. mellifera* em sistema a pleno sol. Outros autores como Ramalho et al. (1990); Carvalho e Krug (1996); Malerbo-Souza et al. (2003); e Malerbo-Souza e Halak (2012) também destacam a *A. mellifera* como espécie mais abundante e importante para polinização do cafeeiro.

O habito generalista de *A. mellifera* pode representar uma importante estratégia para a manutenção e conservação desse polinizador de culturas agrícolas.

Além das culturas agrícolas, existe também fragmento de mata nativa nas proximidades do cafeeiro em Planaltino. A conservação da vegetação próxima aos cultivos pode contribuir com os serviços dos polinizadores. Existe ainda, uma relação positiva relacionada aos serviços de polinização de culturas agrícolas e a proximidade de fragmentos florestais (KREMEN et al., 2004; KLEIN et al., 2007). De acordo com Chacoff et al. (2006), mesmo *A. mellifera* sendo um polinizador generalista, é fundamental a existência de fragmentos florestais, ou de determinada população de árvores a fim de obterem recursos florais, local para nidificação e outros necessários para a construção dos ninhos.

A espécie *M. scutellaris* foi a segunda mais frequente visitando as flores de café, representando uma abundancia relativa de 31% (MF) em relação ao número

total de abelhas. Embora tenha ocorrência natural na região (Alves et al., 2012), esse número pode ser devido ao adensamento de colônias desta espécie no cafezal em função da instalação do meliponário. Neste sentido, o adensamento de colônias provavelmente aumentou a frequência de indivíduos nas flores do cafeeiro.

Ribeiro (2013) encontrou dados semelhantes quando promoveu o adensamento de colônias de *M. scutellaris* em pomar de citros. No trabalho dessa autora, esta espécie também representou a segunda maior abundância relativa, concluindo que *M. scutellaris* é um polinizador em potencial para a cultura de citros proporcionando incremento na produção agrícola.

Nogueira-Neto et al. (1959) consideraram que as abelhas sociais são os polinizadores primários da cultura do cafeeiro. Nesse sentido, a cultura do cafeeiro no município de Planaltino, Bahia torna-se uma cultura importante para fornecer uma fonte energética (néctar) para as abelhas *M. scutellaris*, que também são nativas na região.

Em Planaltino, Bahia a florada plena do cafeeiro ocorreu entre os meses de novembro e dezembro durante os três anos de estudo (2012, 2013 e 2014), por isso é importante que outros recursos estejam próximos para que nos períodos em que o cafeeiro não esteja em floração não ocorra dispersão das abelhas para outros locais distantes, em busca de alimento, conforme o apontamento de KLEIN et al. (2003a).

Outras abelhas sociais sem ferrão (ASF) também foram encontradas em números consideráveis, tais como *T. spinipes* (6,8%); *M. quadrifasciata anthidioides* (3%). Confirmando a importância do cafeeiro para a região e para as espécies de abelhas encontradas, as quais se beneficiam com os recursos florais oferecidos pela cultura e em contra partida podem colaborar com a polinização. O trabalho desenvolvido por Silva (2013) mostrou a presença constante de *T. spinipes* em cafeeiro em Barra do Choça, Bahia corroborando dados do presente trabalho.

Outra presença importante foi a da espécie *S. quadripunctata*, sendo este o primeiro registro em Planaltino, Bahia. Esta espécie também foi relatada por Silva (2013) em cafeeiro, correspondendo a 5% da frequência e constância.

**Tabela 1.** Espécie de abelhas visitantes das flores do cafeeiro. Número de indivíduos (Ni), classes de frequência relativa - FR% (MF- muito frequente; F- frequente e PF- pouco frequente); constância (W - constante; Y - acessória e Z - acidental) e dominância (D= dominante e ND= Não dominante) durante o período de estudo em novembro de 2012, 2013 e 2014, em Planaltino - Bahia.

Família	Espécie	Ni	Classes		FR	C	Dominância*
			Frequência (%)	Constância (%)			
Andrenidae							
	<i>Oxaea</i> sp.	26	0,31	75	PF	W	ND
Apidae							
	<i>Apis mellifera</i> L.	3873	45,7	100	MF	W	ND
	<i>Bombus</i> sp.	61	0,72	100	PF	W	ND
	<i>Diadasina</i> sp.	32	0,38	91,7	PF	W	ND
	<i>Epicharis</i> cf. <i>flava</i>	61	0,72	100	PF	W	ND
	<i>Eulaema nigrita</i>	90	1,06	91,7	PF	W	ND
	<i>Exomalopsis</i> sp.1	31	0,37	83	PF	W	ND
	<i>Exomalopsis</i> sp.2	37	0,45	75	PF	W	ND
	<i>Exomalopsis</i> sp.3	53	0,58	158	PF	W	ND
	<i>Frieseomelitta</i> sp.	122	1,44	83	PF	W	ND
	<i>Melipona scutellaris</i>	2626	31,0	100	MF	W	ND
	<i>Nannotrigona</i> sp.	174	2,1	100	PF	W	ND
	<i>Schwarziana</i> sp.	37	0,44	91,7	PF	W	ND
	<i>Melipona quadrifasciata</i> <i>anthidioides</i>	252	3,0	100	PF	W	ND
	<i>Tetragonisca angustula</i>	190	2,24	100	PF	W	ND
	<i>Paratrigona</i> sp.	137	1,62	91,0	PF	W	ND
	<i>Trigona spinipes</i>	577	6,8	100	F	W	ND
	<i>Xylocopa frontalis</i>	79	0,93	100	PF	W	ND
	<i>Xylocopa</i> sp.	73	0,86	91,7	PF	W	ND

\* LD= 5,26 < Li

Foi constatado que não houve declínio de polinizadores durante o período de estudo, já que as espécies foram encontradas nos três anos de estudo com médias semelhantes (Tabela 2). Isto pode ter ocorrido pela presença de fragmento de mata na propriedade, o que pode ter motivado essas espécies, proporcionando locais de nidificação e materiais para a construção do ninho, além de alimento.

**Tabela 2.** Abundância relativa (%) de abelhas visitantes das flores do cafeeiro (*Coffea arabica*) em Planaltino, Planalto Baiano (novembro de 2012, 2013 e 2014).

<b>Espécie</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<i>Apis mellifera</i>	42,69a	45,43a	47,46a
<i>Bombus</i> sp.	0,79c	0,82c	0,51c
<i>Epicharis</i> cf. <i>flava</i>	0,27c	0,24c	0,18c
<i>Eulaema nigrita</i>	1,67c	0,93c	0,51c
<i>Exomalopsis</i> sp.1	0,48c	0,34c	0,26c
<i>Exomalopsis</i> sp.2	0,27c	0,48c	0,55c
<i>Diadasina</i> sp.	0,38c	0,55c	0,18c
<i>Exomalopsis</i> sp.3	0,55c	0,54c	0,62c
<i>Frieseomelitta doederleini</i>	1,44c	1,72c	1,09c
<i>Melipona scutellaris</i>	29,84a	30,53a	31,52a
<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	3,21b	3,42b	2,15b
<i>Nannotrigona</i> sp.	2,32b	1,85c	1,90c
<i>Oxaea</i> sp.	0,51c	0,27c	0,11c
<i>Paratrigona</i> sp.	2,19b	1,75c	0,80c
<i>Schwarziana</i> sp.	0,48c	0,55c	0,26c
<i>Tetragonisca angustula</i>	2,15b	2,13b	2,37b
<i>Trigona spinipes</i>	7,33b	5,92b	7,82b
<i>Xylocopa</i> sp.1	1,33b	1,35c	0,92c
<i>Xylocopa frontalis</i>	2,10c	1,18c	0,78c

\* Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se assim a diversidade de visitantes na área, revelando que o cafeeiro é uma importante cultura agrícola que contribui com a manutenção das populações e conservação das espécies de abelhas na área. Esse dado é muito

importante do ponto de vista da manutenção de polinizadores em suas áreas de ocorrência natural, como afirma Kearns; Inouye (1998). Santos e Nascimento (2011) relatam que a crescente tecnologia para produção de insumos agrícolas para a aplicação fitossanitária tem influenciado diretamente na ecologia da polinização. Riedl et al. (2006) alertam para a necessidade da adoção de boas práticas agrônômicas que beneficiem os visitantes florais, utilizando produtos fitossanitários específicos e que não afetem os polinizadores. Na verdade, a pulverização com herbicida deverá ser evitada totalmente em época de floradas, principalmente nos horários de preferência de visitação ou nos horários em que as flores oferecem as recompensas em maior quantidade aos seus visitantes.

### **Comportamento e preferência alimentar das abelhas**

As atividades das abelhas foram iniciadas por volta das 5:00 horas, intensificando ao longo da manhã, tendo seu período de maior atividade entre 5:00 e 9:00 horas. A partir das 12:00 horas as visitas diminuíram, embora tenham sido observado abelhas visitantes nas flores até o entardecer (Figura 1). Semelhante ao presente trabalho, Silva (2013) considerou que a partir das 12:00 horas as flores murcharam e tornaram-se pouco atrativas para as abelhas, sendo que o pico de visitação ocorreu nos primeiros horários da manhã. Malerbo-Souza et al. (2003), também observaram que a atividade dos visitantes foi crescente somente até às 12:00 horas, diminuindo após esse horário.

As médias de temperatura encontrada durante o período de avaliações foram: ano 2012 (média: 25,02°C; mínima: 19,30°C e máxima: 28,60°C), 2013 (média: 26,2°C; mínima: 19,40°C e máxima: 31,90°C) e 2014 (média: 25,9°C; mínima: 17,60°C e máxima: 32,30°C). De acordo com Melo e Sousa (2011), a abertura da flor do cafeeiro ocorre geralmente no período da manhã, entre 7:00 e 11:00 horas e temperaturas muito elevadas nessa fase provocam o abortamento dos botões florais. Também a luminosidade é de grande relevância para que ocorra a abertura das flores, em dias nublados ou chuvosos a abertura das flores é muito prejudicada, corroborando com o atual trabalho.

Analisando os dados de horários de forrageamento entre *A. mellifera* e *M. scutellaris* foram encontrados resultados semelhantes para início da manhã (05:00) e no fim da tarde (17:00). Também foi constatado que o período da manhã ocorreu

uma maior visitação destas espécies, com pico às 9:00 horas, com um total de 22,80% e 22,48% indivíduos, respectivamente (Figura 1). Esses resultados indicam que estes são os melhores horários para visitação das flores do cafeeiro por essas abelhas. A visitação nesse horário está relacionada à maior oferta de recurso (pólen e néctar) pelas flores do cafeeiro. Esse dado colabora para o planejamento dos tratos culturais e manejo de polinização da cultura, sem causar prejuízos e mortandade dos polinizadores, bem como estabelecer as melhores estratégias para o manejo dessas abelhas polinizadoras da cultura.

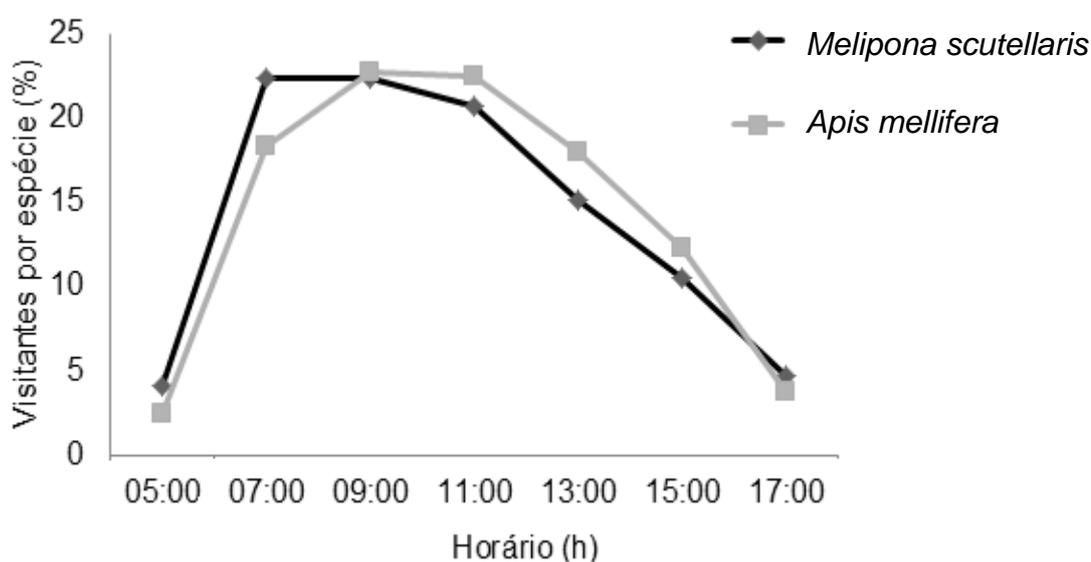


Figura 1. Porcentagem (%) por horário de *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* em flores de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Planaltino-BA (floração 2012, 2013 e 2014).

A abordagem das abelhas *A. mellifera* (Figura 2) nas flores do cafeeiro ocorreu de forma frontal, na maioria das vezes pousavam nas pétalas e inseria o aparelho bucal no tubo da corola em busca do néctar secretado pela câmara nectarífera, a parte ventral do tórax e abdômen tocava o estame e estigma, na maioria das vezes. Posteriormente com o auxílio das pernas anteriores coletavam o pólen das anteras por meio de movimentações constantes e rapidamente seguia para outra flor com a parte ventral do corpo repleto de pólen.

Na maioria das visitas as flores do cafeeiro as abelhas *A. mellifera*, esta tocavam as estruturas reprodutivas (anteras e estigmas), o que sugere que esta espécie pode ser um polinizador potencial do cafeeiro. Esta espécie visitou em

média sete flores ( $7 \pm 1$ , 5; N=90) por ramo e a visita durava em média seis segundos (Tabela 03).

As abelhas *M. scutellaris* (Figura 2), abordavam as flores de forma semelhante *A. mellifera* e seguiam o tubo da corola para coletar o néctar, muitas vezes empurrava o estame com a parte dorsal do tórax, mas nem sempre tocavam o estigma neste momento. Em seguida, caminhava sobre a corola e coletava o grão de pólen, muitas vezes, nesse momento tocavam o estigma. Ao caminhar para outras flores do mesmo ramo ou de outra planta transportavam os grãos de pólen que se encontravam aderidos principalmente na parte ventral de seu corpo e nas corbículas. Visitavam em média quatro flores ( $4 \pm 0,8$ ; N=90) por ramo, com duração em média de sete segundos na flor. Foi constatado que 50% das visitas desta espécie coletavam ambos os recursos (Tabela 03).

Tanto *A. mellifera*, quanto *M. scutellaris* foram considerados como polinizadores efetivos, devido ao seu comportamento de coleta, as corbículas presentes nas pernas posteriores facilitando a aderência dos grãos de pólen, o tamanho da flor e a disposição da corola do cafeeiro indicam compatibilidade em relação ao tamanho dessas abelhas, colaborando na eficiência do processo de polinização.

A visita em busca de pólen favorece mais a polinização, pois os visitantes florais carregam quantidades maiores de pólen em seu corpo do que a visita a procura de néctar (FREITAS, 2005).

As abelhas *X. frontalis* e *Xylocopa* sp. coletaram em sua maioria néctar e, sempre que visitavam as flores tocavam no estigma, o tamanho corporal colabora para tal ação, sendo observadas visitando em média uma flor por ramo, com duração em média de três segundos (Tabela 03).

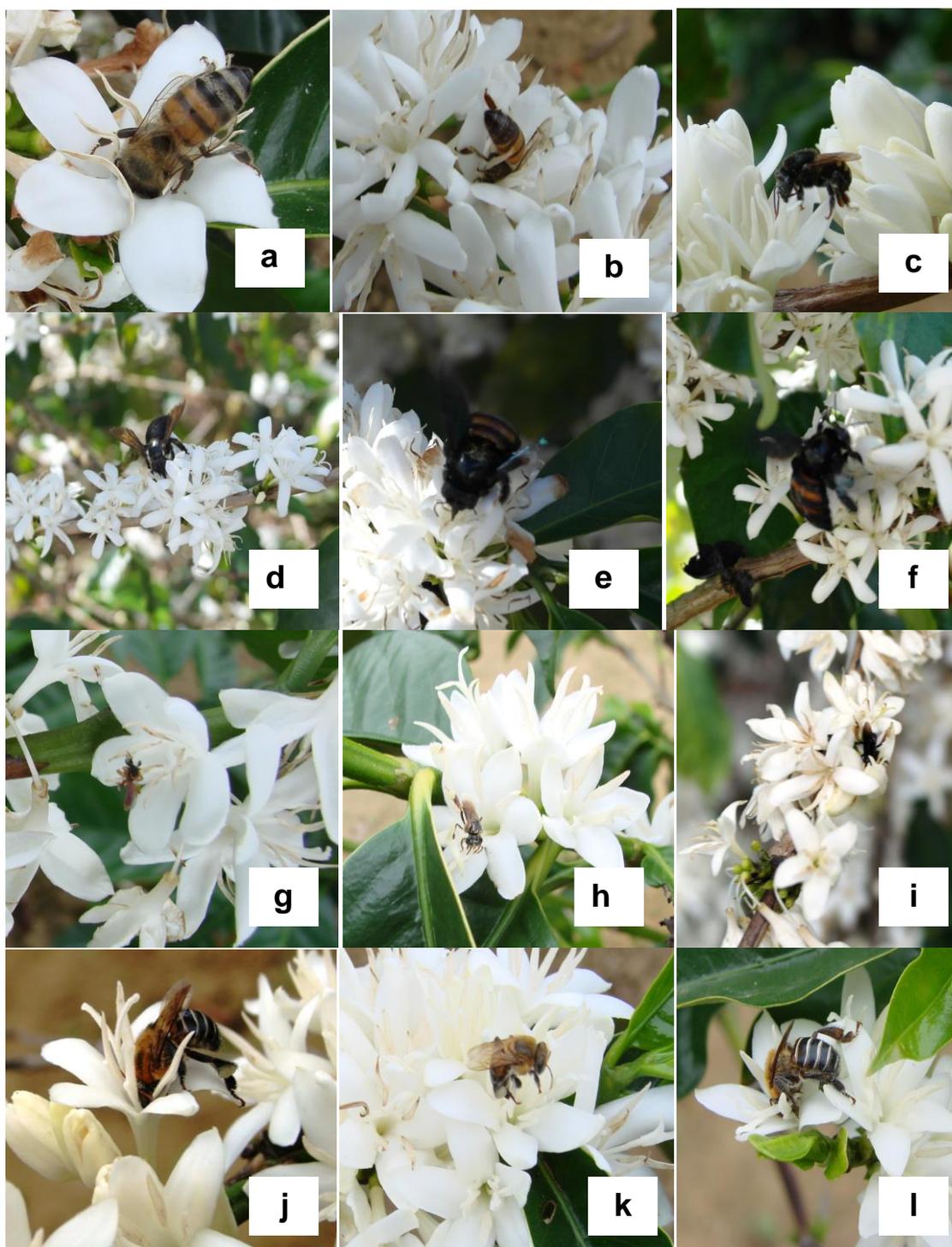
O atual estudo corrobora vários trabalhos realizados na América Latina, os quais confirmam a presença da espécie *A. mellifera* como sendo a mais frequente e dominante na floração do cafeeiro (*C. arabica*). Klein et al. (2003) também relatam, algumas espécies solitárias que também foram eficientes para polinização do cafeeiro no continente Asiático.

As abelhas menores (*Trigona* sp., *M. quadrifasciata*, *T. angustula*, *Nannotrigona* sp., *F. doederleini*, *E. nigrita* e as espécies de *Exomalopsis*), que foram registradas no presente estudo apresentavam basicamente o mesmo comportamento, pousavam lateralmente nas flores e caminhavam sobre a corola

para coleta dos recursos, na maioria néctar. No entanto, tocavam ocasionalmente o estigma, desse modo foram consideradas como polinizadoras ocasionais ou como furtadoras, quando não tocavam os órgãos reprodutores. Essas abelhas de menor porte, visitaram em média 3 flores por ramo e a duração da visita variou de acordo com a espécie, de 16 a 23 segundos (Tabela 03). Outros autores também constataram a presença da *Nannotrigona* sp. em cafezais, tanto no Brasil, quanto na Costa Rica e Panamá (NOGUEIRA-NETO et al., 1959; RICKETTS, 2004; VEDDELER et al., 2008).

*Trigona* sp. visitou em média três flores por ramo ( $4 \pm 0,54$ ,  $n=206$ ) com média de 18 segundos de duração (Tabela 03). Ao pousar na flor tocavam muitas vezes nas anteras ou estigma e seguia passavam para o tubo da corola em busca do néctar, recurso coletado na maioria das visitas. Em relação ao comportamento de coleta do néctar, é considerada como polinizadora pela sua frequência e por apresentar muitas vezes pólen aderido ao seu corpo e pilhadora devido a tocar ocasionalmente as partes do corpo nos órgãos reprodutivos das flores do cafeeiro. Não foi observada esta espécie perfurando botões e/ou flores, apesar de existirem relatos em vários trabalhos mencionando esse hábito. *Trigona* sp. é considerada como polinizadora em várias culturas (CARDOSO et al., 2007; MALAGODI-BRAGA e KLEINERT, 2007; OLIVEIRA et al., 2008). E também foi encontrada em cafezais na Costa Rica (RICKETTS, 2004), Panamá (ROUBIK, 2002) e no Brasil com os trabalhos de MALERBOR-SOUZA et al. (2003), podendo contribuir com a polinização.

Durante o experimento pode-se observar que abelhas maiores, como as *A. mellifera*, *M. scutellaris*, *Xylocopa* sp., *X. frontalis* e *M. quadrifascita* são mais eficientes para polinização do cafeeiro que as abelhas menores encontradas no presente trabalho. Isso pode ser explicado pelo tamanho das abelhas serem mais compatíveis com o tamanho da flor, facilitando deste modo o contato com as estruturas reprodutivas.



**Figura 2.** Abelhas visitantes das flores de cafeeiro em Planaltino- Bahia. a, b) *Apis mellifera*; c) *Melipona quadrifasciata anthidioides*; d) *Xylocopa* sp.; e, f) *Xylocopa frontalis*; g) *Tetragonisca angustula*; h) *Nannotrigona* sp.; i) *Trigona* sp.; j, k, l) *Melipona scutellaris*.

**Tabela 3.** Abelhas visitantes das flores do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), suas características de recursos florais (%) procurado, contato com as estruturas reprodutivas (%), média de tempo gasto para coleta da recompensa (s), número médio de flores visitadas em um ramo (unidade) e categoria do visitante. Planaltino - Ba, 2013.

Espécie	N	Recurso Coletado (%)			Contato (%)		Duração das visitas	N. flores p/ ramo	Categoria do Visitante*
		Pólen	Néctar	Ambos	Estigma	Antera			
<i>Apis mellifera</i>	90	15,6	41,1	43,3	93,3	58,9	6,2	7	P
<i>Frieseomelitta doederleini</i>	75	0,0	16,0	84,0	18,7	84,0	24,3	3	F
<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	90	25,6	32,2	42,2	10,9	51,8	6,1	3	P; F
<i>Melipona scutellaris</i>	90	18,9	31,1	50,0	87,8	68,9	7,4	4	P
<i>Nannotrigona</i> sp.	75	25,4	37,3	37,3	20,0	25,4	16,5	3	F
<i>Tetragonisca angustula</i>	75	10,7	42,3	30,6	14,7	41,3	23,3	3	F
<i>Trigona</i> sp.	90	18,9	65,6	15,6	8,9	34,5	18,5	3	P; F
<i>Xylocopa frontalis</i>	75	22,7	56,0	21,3	100,0	44,0	3,7	1	P
<i>Xylocopa</i> sp.	75	14,7	72,0	13,33	100,0	28,0	3,8	1	P

\*P: polinizador; F: furtador; Pi: pilhador

## CONCLUSÃO

Ocorreu maior visitação de abelhas na flores do cafeeiro pela manhã, tendo período de maior atividade entre 5:00 e 9:00 horas.

Nas condições fenológicas e edafoclimáticas da área do presente estudo, as abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* foram as mais frequentes na plantação de cafeeiro.

As características de forrageamento, contato com a flor e coleta dos recursos, indicam que as espécies *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris*, são potenciais polinizadoras do cafeeiro.

As abelhas *A. mellifera*, *M. scutellaris*, *Xylocopa* sp., *X. frontalis* e *M. quadrifascita* são eficientes para polinização do cafeeiro, sendo o tamanho destas compatíveis com o tamanho da flor, facilitando deste modo o contato com as estruturas reprodutivas.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, R. M. de O.; CARVALHO, C. A. L. de; SOUZA, B. de A.; SANTOS, W. da S.. Areas of natural occurrence of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) in the state of Bahia, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** (Impresso), v.84, n.3, p.679-688, 2012.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Bahia: a vanguarda da produção de cafés especiais no Brasil. 2014.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/12/bahia-a-vanguarda-da-producao-de-cafes-especiais-no-brasil>>. Acesso em: 08 de jan. 2015.

CARDOSO, C.F., et al. **Principais polinizadores de *Gossypium hirsutum latifolium* cv. Delta Opal (Malvaceae)**, em uma localidade do Distrito Federal, Brasil. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 43 p. 2007.

CARVALHO, A.; KRUG, C.A. Coffee. In: **Agriculture Research Service** (ed) Agricultural Handbook. United States Department of Agriculture, Washington, DC. p.162-164. 1996.

CHALCOFF, V. R.; AIZEN, M. A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the Temperate Forest of South America. **Annals of Botany**, London, v.97, n.3, p.413-421, 2006.

COELHO, F.M.P. A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação. 2008. 97f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

COSTE, R. **El Café**. Colección Agricultura Tropical. Barcelona: Editorial Blume, 1969, p. 201-218.

DE MARCO, P.J.; COELHO, F.M. Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures Pollination and Production. **Biodiversity and Conservation**, Victoria Island, v.13, p.1245-255, 2004.

FAO. United Nations food and agriculture. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2013.

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

INOUE, D.W. The terminology of floral larceny. **Ecology**, Washington, v.61, n.5, p. 1251-1253, 1980.

KEARNS, C.A.; INOUE, D. W.; WASER, N.M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**. Palo Alto, v.29, p.83-112, 1998.

KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**. Saint Louis, v.90, n.1, p.153-157, 2003a.

KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 270, n. 1518, p.955-961, 2003b.

KLEIN, A.M., et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v.274, n.1608. p.303-313, 2007.

KREMEN, C. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits? In: Freitas; Pereira (Eds.), **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Imprensa Universitária. UFC. Fortaleza. 2004. 285p.

MALAGODI-BRAGA, K.S.; KLEINERT, A. de M. P. Como o comportamento das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria ananassa duchesne*) influencia a formação dos frutos? **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, p.76-81, 2007.

MALERBO-SOUZA, D.T. et al. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, n. 4, p.272-278, 2003.

MALERBO-SOUZA, D.T.; HALAK, A.L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. "Catuaí Vermelho". **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.1-11, 2012.

MELO, B.; SOUSA, L.B. Biologia da reprodução de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. **Revista Verde**, Pombal, v.6, n.2, p.1-7, 2011.

NOGUEIRA-NETO, P.N.; CARVALHO, A.; ANTUNES-FILHO, H. A. Efeito da Exclusão dos Insetos Polinizadores na Produção do Café Bourbon. **Bragantia**, Campinas, v.18, p.441- 418, 1959.

OLIVEIRA, M.E.C. Análise melissopalínológica e estrutura de ninho de abelhas *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Apidae) encontradas no Campus da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. SE. **Entomobrasilis**, Vassouras, v.1, n.2, p.17-22, 2008.

OLSCHEWKI, R. et al. Economic evaluation of pollination services comparing doffee landscapes in Ecuador and Indonesia. **Ecology and Society**, Canada, v.11, n.1, p.7. 2006. Disponível em: [www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/](http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/).

RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. **Apidologie**, Paris, v.21, n. 5, p.469-488, 1990.

RICKETTS, T.H. Tropical Forest fragments enhance pollinator activity in Nearby coffee crops. **Conservation Biology**, Cambridge, v.18, n.5, p.1262-1271, 2004.

RIEDL, H. et al. **How to reduce bee poisoning from pesticides**. Oregon: A Pacific Northwest Extension, 2006. 28p.

ROUBIK, D. W. The Value of Bees to the Coffee Harvest. *Nature*, v.417, n.6890, p. 708-708, 2002. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/232781977\\_Tropical\\_agriculture\\_The\\_value\\_of\\_bees\\_to\\_the\\_coffee\\_harvest](http://www.researchgate.net/publication/232781977_Tropical_agriculture_The_value_of_bees_to_the_coffee_harvest)

SAKAGAMI, S. F.; S. LAROCCA. Relative abundance, phenology and flower visits of Apidae bees in eastern Paraná, Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae). **Kontyu**, Tokyo, v.39, n.3, p.217-230, 1971.

SANTOS, A. B.; NASCIMENTO, F. S. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (Solanales: Solanaceae) em cultivos orgânicos e convencionais. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n.3, p.162-169, 2011.

SILVA, M.F. Abelhas visitantes florais e produção de frutos e sementes em café convencional. 2013. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. 2013.

SILVEIRA, NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. 1976. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 420p.

VEDDELER, D. et al. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, Columbia, v.73, p.109-114, 2008.

VERGARA, C., et al. Polinización Entomófila. Em: **Agrosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación**. MANSON, R.H.; ORTIZ, V.H.; GALLINA, S.; MEHLTRETER, K. (Eds). Instituto Nacional de Ecología (INE). Ciudad de México. p.247-257. 2008.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4th ed. New Jersey:Prentice Hall Inc., 1999. 938 p.

## CAPÍTULO 3

### **EFICIÊNCIA POLINIZADORA DAS ABELHAS SOCIAIS *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* NA CULTURA DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)**

## **EFICIÊNCIA POLINIZADORA DAS ABELHAS SOCIAIS *Apis mellifera* E *Melipona scutellaris* NA CULTURA DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)**

**RESUMO:** A cafeicultura é uma atividade de grande expressão no cenário agroindustrial e atribui ao Brasil o título de maior produtor e exportador mundial. As plantas do cafeeiro são autoférteis, entretanto, a polinização cruzada por meio da atuação de abelhas resulta em incremento na produção. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da polinização das abelhas sociais *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* na cultura do cafeeiro no Planalto Baiano, Brasil. Para verificar a eficiência de polinização foram realizados testes de polinização com as abelhas *A. mellifera* (1, 2 e 3 visitas) e *M. scutellaris* (1, 2 e 3 visitas). Os frutos oriundos das flores visitadas pelas abelhas foram colhidos em estágio de maturação tipo cereja, medidos, pesados e registrados a presença de grãos chochos. Houve diferença significativa nos tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos de polinização livre, três visitas de *A. mellifera* e três visitas de *M. scutellaris* foram os melhores para todos os parâmetros avaliados (altura, diâmetro e peso), apresentando maior peso dos frutos com 0,96g, 0,89g e 0,92g, respectivamente. Assim, as abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris* são potenciais polinizadoras da cultura do café arábica. O vento não influenciou no ganho de peso dos frutos de café, em relação aos outros tratamentos desenvolvidos neste trabalho. O cafeeiro é uma planta autocompatível, no entanto, se beneficia com a polinização cruzada, colaborando com incremento no peso e produtividade.

**Palavra chave:** polinização, cafeeiro, Rubiaceae.

**POLLINATION EFFICIENCY OF THE SOCIAL BEES, *Apis mellifera* AND *Melipona scutellaris*, IN THE COFFEE CROP (*Coffea arabica* L.)**

**ABSTRACT:** Coffee growing is an important agro-industrial activity led by Brazil, which is the world's biggest producer and exporter of coffee. Coffee plants can be autogamous, however, cross-pollination carried out by bees results in higher yield. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of pollination performed by the social bees, *Apis mellifera* and *Melipona scutellaris*, on the coffee crop, in the Bahianian Plateau, Brazil. To verify the pollination efficiency tests were performed with *A. mellifera* (1, 2 and 3 visits) and *M. scutellaris* (1, 2 and 3 visits). The coffee cherries originated from flowers visited by bees were collected when ripe (bright red). Then they were measured, weighed and checked for the absence of seeds ("chocho" cherries). There were significant differences among the treatments at 5% probability level. In the free-pollination treatments, three visits by *A. mellifera* and three visits by *M. scutellaris* yield the best results in all evaluated parameters (height, diameter and weight), generating higher cherry weights such as 0.96, 0.92 and 0.89 g, respectively. Thus, *A. mellifera* and *M. scutellaris* are potential pollinators of the Arabica coffee. Wind did not affect the weight gain of coffee cherries in comparison to other treatments tested in this study. The coffee can be self-fertilized, however, it benefits from outcrossing, which increases the cherry weight and the coffee yield.

**Keywords:** pollination, coffee plant, Rubiaceae.

## INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande expressão no cenário agroindustrial e atribui ao Brasil o título de maior produtor e exportador mundial. Colheu na safra de 2014, mais de 45,3 milhões de sacas beneficiadas, sendo 32,3 milhões de café arábica e é o segundo maior consumidor, superado somente pelos Estados Unidos da América (CONAB, 2015).

As plantas do *Coffea arabica* são autoférteis e podem beneficiar-se da polinização cruzada por insetos, em especial as abelhas melíferas. Segundo Free (1993), as plantas autoférteis podem produzir mais frutos ou sementes de melhor qualidade na ocorrência de polinização cruzada, quando comparadas com o processo de autopolinização. Barth (1991) relata que a polinização apresenta melhores resultados quando é realizada com pólen de flores de outros indivíduos da mesma espécie.

Estudos com polinização por abelhas tem grande importância não só para os ecossistemas, mas para a economia, devido ao serviço ambiental prestado por estas. Sua utilização, racional vem sendo aplicada em muitas culturas agrícolas promovendo um incremento da produção (FREITAS et al., 2012; VENTURIERI et al., 2012). Estima-se um valor anual de US\$ 8 a 12 bilhões nos Estados Unidos, US\$ 22 bilhões na União Européia e US\$ 153 bilhões em todo mundo, para esse serviço prestado pelas abelhas (LIPINSK, 2013).

As abelhas *Apis mellifera* se destacam como um dos polinizadores mais efetivos e foi a espécie com maior número de interações com plantas mostrada por Mouga et al. (2012) em uma área de transição de vegetação no sul do Brasil. No entanto, as abelhas sociais sem ferrão, tem apresentado grande importância em uso para polinização. De acordo Cruz e Campos (2009), os meliponíneos ou abelhas sociais sem ferrão são, provavelmente, os insetos sociais mais promissores para o uso como polinizadores comerciais.

Dentre as abelhas sociais sem ferrão, a uruçú (*Melipona scutellaris*) destaca-se como uma das espécies mais conhecidas e criadas no Nordeste do Brasil devido as características vantajosas para a polinização de determinadas culturas, como: o fácil manejo, sua higiene, a ausência de um ferrão funcional, a sociabilidade, a pouca defensividade, perenidade das colônias, além de serem potenciais polinizadores em áreas nativas e agrícolas. No caso do cafeeiro, a polinização

realizada por abelhas de uma maneira geral (incluindo espécies de hábitos sociais e solitários) colabora para uma melhor frutificação e aumento da produtividade (que pode variar de 5% até 90%), redução da frequência de grãos deformados, peso adicional dos frutos e qualidade superior da bebida, principalmente em plantios sombreados e/ou próximas a áreas nativas (ROUBIK, 2002; KLEIN et al., 2003; RICKETTS et al., 2004a; OLSCHEWKI et al., 2006; COELHO, 2008; VEDDELER et al., 2008; MARLEBO-SOUZA, 2012).

Deste modo, as características desta espécie, demonstram qualidades importantes que permitem o desenvolvimento de técnicas na criação racional e adensamento das populações próximo as áreas agrícolas visando a polinização. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da polinização das abelhas sociais *A. mellifera* e *M. scutellaris* na cultura do cafeeiro (*C. arabica* L.) no Planalto Baiano.

## **MATERIAL E MÉTODO**

Os estudos foram desenvolvidos no período de floração do cafeeiro [*C. arabica* L. (var. Mundo Novo)], no mês de novembro/2014 em um plantio de café com uma área de 10 hectares, 10 anos de idade e espaçamento de 2,5 entre ruas e 1,5 entre plantas, na Fazenda Três Cantos, no município de Planaltino, Bahia (13° 15' 32" S, 40° 22' 08 " W, altitude de 691 m), Planalto Baiano. O clima é semiárido variando de sub úmido a seco com índice pluviométrico irregular variando de 500 a 1500 mm ao longo do ano e a fitogeografia de domínios de Caatinga Arbórea Densa e Floresta Estacional (SEI, 2002; IBGE, 2010). Na área, além do cafeeiro (variedade Mundo Novo), encontram-se fruteiras e árvores nativas. Próximo ao cafezal existe áreas de remanescente de floresta, jardins e áreas de reflorestamento.

### **Tratamentos e delineamento experimental**

Para avaliar a eficiência do serviço de polinização pelas abelhas sociais *A. mellifera* e *M. scutellaris* na cultura do café, foi adaptada a metodologia utilizada por Freitas et al. (2008). No centro do cafezal foram instaladas 40 colônias completas (ninho, sobreninho e melgueira) de *M. scutellaris* (Figura 1), as quais foram manejadas e alimentadas com o objetivo de fortalecê-las para uso na polinização durante a floração de acordo com à metodologia de Nogueira-Neto (1997). Não foi

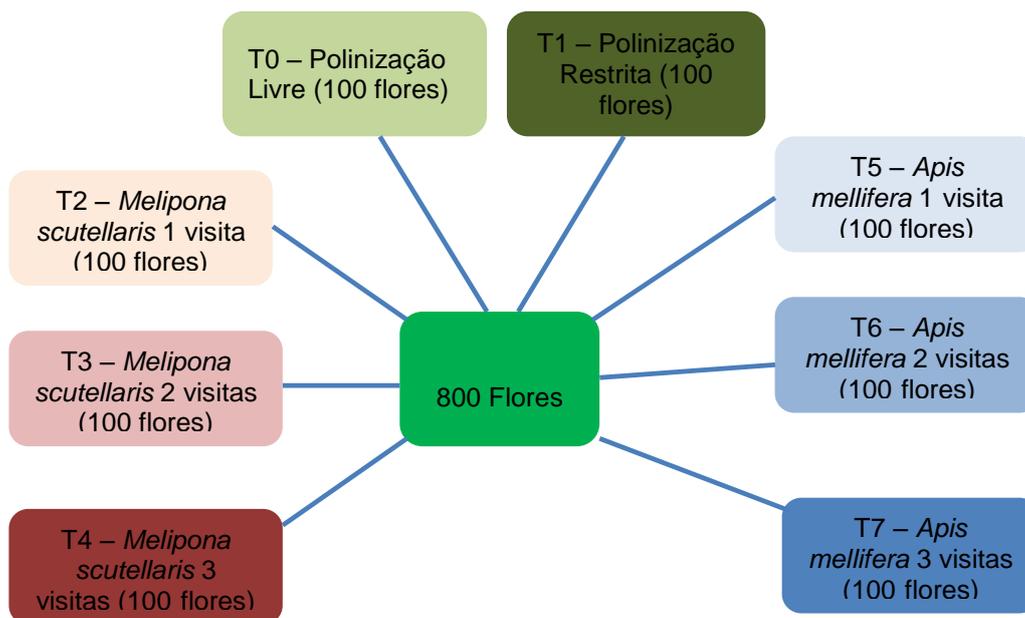
necessário instalar colônias de *A. mellifera*, por existir apiário próximo (700 m aproximadamente do cafezal).



**Figura 1.** Colônias de *Melipona scutellaris* em cafezal. Planaltino-BA, 2014.

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com oito tratamentos, cinco repetições e 20 plantas, totalizando 100 flores analisadas por tratamento. Os tratamentos foram definidos conforme a Figura 2.

Os botões florais foram ensacados em pré-antese e as proteções só foram retiradas no momento do teste, sendo colocados novamente e só retirados após a senescência das flores. Para o tratamento de visitação restrita foram protegidas em pré-antese com saco de *voil*. Para identificar cada tratamento foram utilizadas linhas coloridas (Figura 3). Todos os tratamentos foram realizados nos mesmos ramos das mesmas plantas na parte mediana do cafeeiro, sempre na mesma altura, onde a possibilidade de polinização cruzada natural é maior, segundo Quiros (1962).



**Figura 2.** Fluxograma dos tratamentos de polinização empregado no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Planaltino-BA, 2014.



**Figura 3.** Fotos ilustrativas exemplificando a identificação dos tratamentos de polinização no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Planaltino-BA, 2014.

Os frutos foram colhidos em estágio de maturação tipo cereja, onde foram medidos e pesados. Para observar a existência de grãos chochos (grãos com pequeno acúmulo de reserva, apresentam-se com menor densidade que os grãos normais), utilizou-se a metodologia descrita por Malerbo-Souza e Halak (2012), mergulhando 40 grãos de cada tratamento, em água, para observação da quantidade de grãos que boiaram. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Os dados avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo Teste Scott Knnot a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de frutificação não variaram entre os tipos de polinização, havendo 100% de sucesso na frutificação de todos os tratamentos. Houve diferença significativa em todos os parâmetros avaliados, comprimento (CV=9,10%), diâmetro (CV=8,29%) e peso (CV=11,34%). Os tratamentos de polinização livre (T0), Três visitas de *A. mellifera* (T7) e Três visitas de *M. scutellaris* (T4) foram os melhores para todos os parâmetros avaliados nos frutos do cafeeiro (comprimento, diâmetro e peso), o que pode ser observado na Tabela 1. Isso pode ser explicado pelo fato dos insetos poderem visitar livremente as flores, transportando e depositando maiores quantidade de grão de pólen no estigma das flores e realizando a polinização cruzada, colaborando para melhor qualidade dos frutos. Segundo Free (1993) as plantas autopolinizáveis podem utilizar-se da polinização cruzada, resultando no incremento da produção de frutos e sementes de melhor qualidade, permitindo assim maior variabilidade genética.

No que se refere à comprimento dos frutos, pode-se observar que a polinização livre, duas e três visitas de *A. mellifera* e três visitas de *M. scutellaris*, não diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ). No entanto, os frutos resultantes do teste de três visitas com *M. scutellaris* e *A. mellifera* obtiveram maior peso. Para a variável diâmetro, não houve diferença estatística entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). Os frutos mais pesados foram obtidos a partir dos tratamentos de Polinização Livre (0,96g), Três visitas *A. mellifera* (0,89g) e Três visitas *M. scutellaris* (0,92g), indicando a importância dos agentes polinizadores para o cafeeiro. Ricketts (2004) e Klein et al. (2008) notaram que o peso dos frutos foi 25% maior quando os polinizadores têm

acesso às flores do cafeeiro. Malerbo-Souza e Halak (2012) encontraram diferenças significativas entre o peso médio dos grãos de café resultantes de tratamento livre e tratamento restrito (1,13 e 0,94g, respectivamente), semelhante aos dados encontrados no presente estudo.

Considerando os testes com as abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris* os melhores frutos, em relação a peso, foram os que receberam maior número de visitas (Tabela 1). Esses resultados indicam que as duas espécies avaliadas são polinizadores potenciais do cafeeiro e contribuem com o aumento da produção e qualidade dos frutos na região estudada. Em um estudo com café arábica (var. Mundo Novo), Amaral (1960) obteve um incremento da produção com a polinização por abelhas e devido ao grande número de abelhas *A. mellifera*, o autor sugere que esta espécie seja a mais importante polinizadora na área.

**Tabela 1.** Influência da polinização no comprimento, diâmetro e peso de frutos de café arábica. Planaltino-BA, 2014.

Tratamento	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Peso (g)
Polinização Livre	13,38 a	11,36 a	0,96 a
Polinização Restrita	12,38 b	10,63 a	0,74 c
1 visita <i>Apis mellifera</i>	12,74 c	11,17 a	0,75 c
2 visitas <i>Apis mellifera</i>	13,23 a	11,18 a	0,84 b
3 visitas <i>Apis mellifera</i>	13,67 a	10,93 a	0,89 a
1 visita <i>Melipona scutellaris</i>	12,93 b	10,95 a	0,78 c
2 visitas <i>Melipona scutellaris</i>	12,68 b	11,44 a	0,83 b
3 visitas <i>Melipona scutellaris</i>	13,49 a	11,21 a	0,92 a
CV (%)	9,10	8,29	11,34

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott Knnot a 5% de probabilidade.

Na polinização restrita foram encontrados os menores valores para comprimento, diâmetro e peso dos frutos do cafeeiro, confirmando que na ausência dos insetos visitantes diminuiu a produção de massa dos frutos do cafeeiro, conseqüentemente dos grãos e a qualidade dos mesmos, sendo que o vento foi pouco eficiente para polinização do cafeeiro, além de não colaborar com o aumento do peso neste trabalho. Esses dados são semelhantes aos encontrados por Amaral (1960) e Fávero (2002), os quais relatam que cafezais que não são visitados ou são pouco visitados por insetos, principalmente abelhas, a produção tenderá a ser menor.

O café arábica é uma das principais culturas que apesar de ser considerada uma planta autofértil, inúmeros estudos demonstram a importância da polinização por abelhas na frutificação e aumento da produtividade, corroborando o presente estudo. No Panamá, Roubik (2002a) encontrou, um incremento de 56% na frutificação com as abelhas africanizadas em ramos de polinização livre. Neste mesmo ano, Manrique e Thimann (2002) na Venezuela, encontraram um percentual de 91,6% na formação dos frutos em ramos localizados próximos as colmeias de *A. mellifera* e 86,7% para ramos a 1 Km de distância das colmeias.

No Brasil, Marlebo-Souza et al. (2003), em um trabalho com atrativo para as abelhas *A. mellifera* e polinização em café obtiveram um aumento de 38,79% na produção. Na Indonésia Klein et al. (2003d) concluíram que as flores visitadas por abelhas sociais contribuíram com 74,7% na frutificação, no entanto, descobriram que a eficiência de polinização das abelhas solitárias foi significativamente maior do que qualquer outra espécie de abelhas sociais, em média, as flores visitadas por abelhas solitárias resultaram em 87,3% de frutificação; Klein et al. (2003a) concluíram que o aumento da diversidade de abelhas (3 para 20 espécies) contribui de 60% para 90% no aumento da frutificação. Esses mesmos autores, pesquisando sobre polinização de abelhas e frutificação de *C. arabica*, encontraram uma frutificação 27% maior em ramos com livre acesso às abelhas polinizadoras; em Minas Gerais, Coelho (2008) registrou a eficiência de uma única visita de *A. mellifera* em 43,3% na formação dos frutos do cafeeiro.

Em um estudo no Equador, Veddeler et al. (2008) concluíram que as abelhas nativas e as abelhas exóticas colaboraram com 78% da produção; Carvalho-Neto (2010) observou que o peso dos frutos foi maior no tratamento de polinização aberta e que os efeitos da gravidade e do vento não colaboraram com o incremento de peso final dos frutos.

Recentemente Silva (2013), encontrou maior número de frutos por ramo com a polinização livre. Porém, não foram encontradas diferenças significativas para o peso médio dos frutos entre os diferentes tratamentos.

As análises demonstraram que não houve diferença significativa para grãos chochos entre os tratamentos, sendo encontrado apenas 8% de grãos chochos no tratamento livre; 10% no tratamento restrito; 9% uma visita *A. mellifera*; 8% duas visitas *A. mellifera*; 7% três visitas *A. mellifera*; 10% para o tratamento com uma visita *M. scutellaris*; 7% no tratamento de duas visitas *M. scutellaris* e 7% no

tratamento de três visitas *M. scutellaris*, no entanto, a polinização restrita apresentou uma maior porcentagem de grãos chochos em relação aos outros tratamentos, indicando a importância das abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris*, potenciais polinizadoras do cafeeiro, para obtenção de frutos de melhor qualidade. Segundo Ricketts et al. (2004b), em um estudo na Costa Rica, observaram que a polinização reduziu a frequência de grãos deformados em 27%.

O valor do café é baseado na qualidade apresentada, assim estudos relacionados tanto a produtividade, quanto a qualidade deste produto são de relevante importância. Ao relacionar o manejo da cultura de cafeeiro com a polinização, Boreux et al. (2010), observou que os serviços de polinização prestado pelas abelhas contribuiu mais na produção do cafeeiro, em número de grãos que a prática da calagem.

Considerando os resultados obtidos, nota-se a influência da polinização cruzada para a produção e qualidade dos frutos de café arábica e a importância do uso das abelhas, principalmente as *A. mellifera* e *M. scutellaris* polinizadoras efetivas desta cultura, as quais colaboram para incremento na produção de massa dos frutos. Assim, faz-se necessário o uso e manejo dessas, visando aumento da produção e preservação dessas espécies.

## CONCLUSÃO

Nas condições do presente trabalho, os dados obtidos demonstraram que a polinização pelas abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* influenciaram na qualidade dos frutos e maior produção de massa.

As abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris* são polinizadoras efetivas da cultura do cafeeiro.

O cafeeiro (*C. arabica*) se beneficia com a polinização cruzada, colaborando para o incremento do peso dos frutos e produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, E. Ação dos insetos na polinização do cafeeiro "Caturram". **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.35, p.139-147, 1960.

BARTH, F.G. **Insects and flowers - the biology of partnership**. Princeton: Princeton University Press. 1991. 407p.

CARVALHO NETO, F.H. de. Abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras do café (*Coffea arabica* L.) ecológico e sombreado no Maçico de Baturité - Ceará. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, , Fortaleza. 2010.

COELHO, F.M.P. A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação. 2008. 97f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Central de informações agropecuárias. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

CRUZ, D. de O.; CAMPOS, L.A. de O. Polinização por Abelhas em Cultivos Protegidos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.5-10, 2009.

FÁVERO, A.C. Polinização entomófila em soja (*Glycine max* L. Merrill, var. FT 2000) e café (*Coffea arabica* L., variedades Catuaí Vermelho – IAC 144 e Mundo Novo). 2002. 44f. (Monografia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2002.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. New York: Academic Press, 1993. 544p.

FREITAS, B. M.; ALVES, J. E. Efeito do número de visitas florais da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n.1, p.148-154, 2008.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização Agrícola e sua Importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. et al. (orgs.). **Polinizadores no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, cap.4, p. 103-118. 2012.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=292490> Acesso em: 15 agos. 2013.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, Washington, v.40, p.837-845, 2003a.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v.90, n.1, p.153-157. 2003b.

KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER,I.,TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 270, p.955-961, 2003c.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I. ; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.270, n. 1518, p.955-961, 2003d.

KLEIN, A. M.; CUNNINGHAM, S. A.; BOS, M.; STEFFAN-DEWENTER, I. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. **Ecology**, v.89, n.4, p.935-943, 2008.

LIPINSK, J. Fabricantes de pesticidas propõem plano para salvar abelhas. Disponível em: <http://www.institutocarbonobrasil.org.br/#newsletter>. Acesso em: 01 maio de 2013.

MALERBO-SOUZA, D. T.; COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. São Paulo, v.40, n.4, p.272-278, 2003.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. "Catuaí Vermelho". **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.1-11, 2012.

MANRIQUE A.J.; THIMANN, R.E. Coffee (*Coffea arabica* L.) pollination with africanized honeybees in Venezuela. **Interciencia**, Caracas, v.27, n.8, p.414-416, 2002.

MOUGA, D. M. D. S.; NOGUEIRA NETO, P. A high grassland bee community in southern Brazil: survey and annotated checklist (Insecta: Apidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.85, n.4, p.295-308, 2012.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo, Nogueirapis. 1997. 445p.

OLSCHEWSKI, R., et al. Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia. **Ecology and Society**, Canada, v.11, n.1, p.7, 2006. Disponível em: [www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/](http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/).

QUIROS, W.C. Estudios en Polen y Polinizacion en *Coffea arabica* L. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de La OEA. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados. 117 fs. 1962. Tesis Magister Agriculturae. Turrialba, Costa Rica. 1962.

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. **Conservation biology**, Cambridge, v.18, p.1262-1271, 2004a.

RICKETTS, T.H.; DAILY, G.C.; EHRLICH, P.R.; MICHENER, C.D. Economic value of tropical forest to coffee production. **PNAS**, Washington, v.101, n.34. p.12579-12582. 2004b.

ROUBIK, D.W. **Feral African bees augment neotropical coffee yield**. Em: Kevan P e Imperatriz Fonseca VL (eds) – Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasília. p.255-266. 2002.

ROUBIK, D. W. The Value of Bees to the Coffee Harvest. *Nature*, v.417, n.6890, p. 708-708, 2002a. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/232781977\\_Tropical\\_agriculture\\_The\\_value\\_of\\_bees\\_to\\_the\\_coffee\\_harvest](http://www.researchgate.net/publication/232781977_Tropical_agriculture_The_value_of_bees_to_the_coffee_harvest)

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em: [http://www.sei.ba.gov.br/index.php?searchword=Planaltino&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com\\_search](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?searchword=Planaltino&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search) Acesso em: novembro de 2012.

SILVA, M. Abelhas e plantas melíferas da zona rural dos municípios de Cocal do Sul, Criciúma e Nova Veneza, situados na região carbonífera no sul do estado de Santa Catarina. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2005.

SILVA, M.F. Abelhas visitantes florais e produção de frutos e sementes em café convencional. 2013. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. 2013.

VEDDELER, D., et al. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, Columbia, v.73, p.109-114, 2008.

VENTURIERI, G.C.; ALVES, D.A.; VILLAS-BÔAS, J.K.; CARVALHO, C.A.L.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A.; CONTRERA, F.A.L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola**. In: Polinizadores no Brasil - contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: EDUSP, 2012, p.213-236.

## CAPÍTULO 4

### INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO NA QUALIDADE DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)

## INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO NA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DOS FRUTOS DO CAFEIRO (*Coffea arabica* L.)

**RESUMO:** O café arábica é uma espécie autofértil, que se beneficia da polinização cruzada, havendo um incremento na produção e melhoria na qualidade dos frutos. Este estudo objetivou avaliar a qualidade físico-química nos frutos do cafeeiro oriundos de flores com visitação livre e flores com visitação restrita em Planaltino, Bahia. A observação do total de frutos de café por planta foi obtida a partir da porcentagem de frutificação por meio de autopolinização (visitação restrita) e de polinização natural (visitação livre). Para o desenvolvimento da pesquisa foram marcados 10 pés de café (5 pés permaneceram descobertos, para livre visitação e 5 protegidos com gaiolas feitas com madeira e revestidas com *voil*, para impedir a visitação – polinização restrita). Os frutos obtidos foram pesados, classificados quanto a peneira, obtida a porcentagem de grãos chochos e após beneficiados foi realizada a análise para avaliar o teor de cafeína dos frutos provenientes da polinização livre e restrita. Nas condições edafoclimáticas do presente estudo a ausência de polinizadores (visitação restrita), principalmente as abelhas, na área do cafezal diminui o peso de grãos em 52,84%. Mediante os resultados obtidos, pode-se inferir que a polinização contribui com o aumento da massa, ou seja, no peso do fruto e uniformidade de maturação destes, influenciando também na composição físico-química desses frutos. A classificação por peneira demonstra o grau de homogeneidade em relação ao tamanho dos grãos na produção. O tratamento visitação livre apresentou maior percentual de grãos chato graúdo (60%), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, o que é desejável para comercialização. A composição físico-química define a qualidade final da bebida. No entanto, é influenciada por diversos fatores. Assim, estudos são necessários, a fim de elucidar as interações desses fatores nas características físico-químicas e, conseqüentemente, na qualidade do café para obtenção de um produto de qualidade, além de agregar valor.

**Palavras chave:** abelhas, café arábica, polinizadores.

## **INFLUENCE OF POLLINATION ON THE QUALITY AND PRODUCTIVITY OF COFFEE CHERRIES (*Coffea arabica* L.)**

**ABSTRACT:** The Arabica coffee is an autogamous species that benefits from outcrossing since it causes an increase in the cherry production and an improvement in the cherry quality. This study aimed to evaluate the physicochemical quality of coffee cherries originated from flowers maintained under free or restricted visitation, in Planaltino, Bahia, Brazil. The total amount of coffee cherries per plant was obtained from the fructification percentage that occurred by self-pollination (restricted visitation) and natural pollination (free visitation). They were marked 10 coffee trees (5 of them were not covered, constituting the “free visitation” treatment; and the remaining 5 trees were protected with cages made of wood and covered with *voile* to prevent visitation – constituting the “restricted visitation” treatment). The coffee cherries were weighed, graded according to their size (vibrating screen), and checked for deformity/absence of seeds (“chocho” cherries). Additionally, following the cherry processing, an analysis in order to evaluate the rate of caffeine in cherries originated from both free and restricted visitation was carried out. At the soil and climate conditions observed in the present study, the lack of pollinators (restricted visitation) in the coffee growing area, especially of bees, caused a 52.84% decrease in the coffee bean weight. From the results obtained, it can be inferred that pollination contributes to increase the cherry mass, i.e., the cherry weight and its maturation uniformity, also influencing on the physicochemical composition of the cherries. The coffee grading demonstrates the degree of homogeneity regarding the size of the coffee beans. The free visitation treatment showed higher percentage of large beans (60%), statistically differing from the other treatments, which is desirable for commercialization. The physicochemical composition defines the final quality of the beverage. However, it is influenced by various factors. Thus, studies are needed in order to elucidate the interactions among these factors on the physicochemical characteristics and, hence, on the coffee quality in order to obtain a high-quality coffee, as well as adding value to the product.

**Key words:** bees, Arabic coffee, pollinators.

## INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande expressão no cenário agroindustrial e atribui ao Brasil o título de maior produtor e exportador mundial, sendo responsável por 30% da produção mundial (FAO, 2013; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2015).

A espécie *Coffea arabica* apesar de ser uma planta autofértil, ou seja, possuir flores hermafroditas, apresenta polinização cruzada na faixa de 5% a 15%, devido a ventos, e principalmente aos insetos (MATIELLO et al., 2002).

A polinização pode limitar a produção e conseqüentemente a qualidade de frutos. Muitas pesquisas têm sido realizadas acerca da polinização, como é o caso do café (MALERBO-SOUZA et al., 2003; 2012), goiaba (ALVES; FREITAS, 2007), melão (SOUSA, 2009); mamona (RIZZARDO, 2012); morango (WITTER et al., 2012); laranja (OLIVEIRA et al., 2013; TOLEDO et al., 2013); acerola (MAGALHÃES, 2013) e melancia (BONFIM et al., 2013). No entanto, informações mais detalhadas para elucidar esse assunto ainda são necessárias.

No cafeeiro, diversos estudos vêm sendo realizados e demonstram a importância dos polinizadores para o aumento da produção, redução da frequência de grãos deformados, peso adicional dos frutos e qualidade superior da bebida: Amaral (1960); Ramalho et al. (1990); Carvalho e Krug (1996); Malerbo-Souza e Nogueira-Couto (1997); Roubik (2002); Klein et al. (2003); Malerbo-Souza et al. (2003); DeMarco e Coelho (2004); Ricketts et al. (2004); Olschewki et al. (2006); Coelho (2008); Veddeler et al. (2008); Vergara e Bandano (2008) e Malerbo-Souza e Halak (2012).

A aceitabilidade, comercialização e valorização do café no mercado encontram-se associados a parâmetros qualitativos (SILVA et al., 2009). A qualidade do café é resultado do somatório de atributos físicos dos grãos crus, como: cor, tamanho, densidade, forma e uniformidade e de atributos do grão torrado, como: a homogeneidade na cor, a cor da película prateada e as características organolépticas da bebida, expressas pelo gosto e aroma (ABREU et al., 1996). Assim, a busca por um produto de qualidade resultou em maior interesse nos estudos sobre os fatores que afetam a qualidade final desse produto, tais como a cafeína, devido às suas propriedades estimulantes, os açúcares totais, açúcares redutores, compostos fenólicos, extrato aquoso, acidez, pH, entre outros

(MENEZES, 1990; NOGUEIRA; TRUGO, 2003; PIMENTA, 2003; FARAH et al., 2006).

O teor de cafeína, bem como o seu efeito estimulante, depende da espécie, variedade e condições da cultura (FERRÃO, 2009). É de particular interesse efetuar a análise química da cafeína em grãos de café para se poder avaliar a qualidade do mesmo uma vez que, quanto maior for o teor de cafeína, maior é a qualidade do café. Sendo este um dos principais motivos pelos quais a maioria dos consumidores de café o consomem (BELAY et al., 2008).

A cafeína age como um estimulante do sistema nervoso central, aumentando a taxa metabólica, relaxando a musculatura lisa dos brônquios, do trato biliar e gastrointestinal, e de parte do sistema vascular (NEHLIG, 1999; SIN et al., 2009). Alguns autores atribuem a cafeína diversos efeitos benéficos, como: diminuição da fadiga, aumento do estado de alerta, redução na incidência de cirroses e até diminuição do risco de suicídios (KLATSKY; ARMSTRONG, 1992; NEHLIG, 1999).

Segundo Salva e Lima (2007), os componentes químicos dos grãos de café definem a qualidade da bebida, tanto do ponto de vista sensorial, quanto do ponto de vista de saúde do consumidor.

A composição dos grãos do cafeeiro é determinada, entre outros fatores, por sua região de origem, genética, clima, altitude, condições edafo-climáticas, condições culturais e tecnologia de pós-colheita como as formas de processamento, secagem e torrefação (PIMENTA, 2003; BORÉM, 2008; OLIVEIRA, 2008; MARQUES, 2011; THOMAZINI et al., 2011). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade físico-química nos frutos do cafeeiro oriundos de flores com visitação livre e flores com visitação restrita em Planaltino, Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os estudos foram desenvolvidos durante a floração do cafeeiro (*C. arabica* L. var. Mundo Novo), em novembro/2012 em uma área plantada de 10 hectares, 10 anos de idade e espaçamento de 2,5 entre ruas e 1,5 entre plantas, na Fazenda Três Cantos, no município de Planaltino, Bahia (13° 15' 32" S, 40° 22' 08 " W, altitude de 691m.), Planalto Baiano. O clima é semiárido variando de sub úmido a seco com índice pluviométrico irregular variando de 500 a 1500 mm ao longo do ano e a fitogeografia de domínios de Caatinga Arbórea Densa e Floresta Estacional (SEI,

2002; IBGE, 2010). Na área, além de café arábica, encontram-se fruteiras e árvores nativas. Próximo ao cafezal existe áreas de remanescente de floresta, jardins e áreas de reflorestamento.

Foram marcados 10 pés de café, sendo que 5 pés permaneceram descobertos para visitação livre e 5 protegidos com gaiolas feitas com madeira e revestidas com *voil*, para impedir a visita – polinização restrita. As gaiolas foram colocadas quando as plantas estavam na fase de maturação das gemas estando a maior parte dos botões abotoados, evitando a abertura de flores e visitação de algum agente polinizador. As gaiolas foram mantidas por 15 dias. Tomou-se o cuidado para que todas as plantas selecionadas estivessem o mesmo tamanho e se localizassem mais para o centro para não sofrerem o efeito das bordaduras. A contagem do total de frutos do cafeeiro por planta foi realizada a partir da porcentagem de frutificação por meio de plantas protegidas (autopolinizadas) – polinização restrita e plantas com livre visitação (polinização livre).

Quando os frutos encontravam-se em ponto de maturação tipo cereja, foram colhidos e pesados. Após a secagem foi realizada a classificação por peneira, onde procedeu a pesagem de 100 g de grãos de café de cada tratamento isenta de defeitos. Estes foram colocados sobre as peneiras dispostas na ordem decrescente de 19 a 9 para grãos chatos e mocas correspondentes (BRASIL, 2003). Após a passagem pelas peneiras, os grãos chatos foram classificados em chato graúdo (peneiras 17, 18 e 19), chato médio (peneiras 15 e 16) e chato miúdo (peneiras 14 e menores); os grãos mocas foram classificados em moca graúdo (peneiras 11, 12 e 13), moca médio (peneira 10) e moca miúdo (peneira 9). Em seguida, foi realizada a pesagem dos grãos retidos em cada peneira. Os resultados foram expressos em porcentagem. As médias obtidas foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo Teste Tukey a 5% de significância.

Após seco e beneficiados, os grãos foram encaminhados para o Laboratório de Análise de Água e Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para a realização da análise físico-química (pH e cafeína) dos frutos oriundos de plantas protegidos (visitação restrita) e com livre visitação.

A determinação do pH, foi realizado de acordo à metodologia sugerida pelo Instituto Adolf Lutz - IAC (1985): Em um erlenmeyer de 250,00 mL, foram colocados 5,00 g de amostra e adicionados 50,00 mL de água a 25°C, recentemente fervida. O conteúdo do erlenmeyer foi agitado até que as partículas ficassem uniformemente

suspensas. O erlenmeyer foi agitado, ocasionalmente, por mais 30 minutos. Após esse tempo, a mistura foi deixada em repouso por 10 minutos. O líquido sobrenadante foi decantado para um erlenmeyer seco e o pH foi imediatamente determinado por meio de um pHmetro digital de bancada.

O teor de cafeína foi calculado de acordo com o método da AOAC (1945), onde 2,00 g de cada amostra (tratamentos) foram acidulados com 4,00 mL de ácido sulfúrico  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  e aquecidos em banho-maria por 15 min. Em seguida, 50,00 mL de água quente foram adicionados e aqueceu-se por mais 15 min. Filtrou-se a quente e o filtro foi lavado com 3 porções de 10,0 mL de água quente acidulada. O filtrado e as águas de lavagem foram recolhidos em um funil de separação. Após resfriamento, foi adicionado clorofórmio (30,00 mL). Agitou-se a mistura e esperou-se a separação das camadas. A camada clorofórmica foi transferida para um balão de fundo chato, previamente tarado. A extração com clorofórmio foi repetida com mais três porções de 30,00 mL. A fase orgânica foi filtrada e destilada até reduzir o volume a cerca de 20,00 mL e levada a banho-maria até secura. O resíduo foi recristalizado e redissolvido em 4,00 mL de tolueno a quente e adicionado algumas gotas de éter de petróleo (p. e.  $60-80^{\circ}\text{C}$ ) até a formação de um precipitado. Logo após, o resíduo foi filtrado e seco em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , por 1 hora, resfriado em dessecador e pesado.

Para a determinação do peso e diâmetro dos grãos (Ganho na produção de grãos), foi utilizada uma balança eletrônica de precisão analítica, onde foi pesado grão a grão de uma amostra total de 100 gramas. Cada grão teve seu diâmetro medido com o auxílio de um paquímetro digital. Os dados de peso e diâmetro foram convertidos em dados de rendimento de acordo à metodologia utilizada por Ribeiro (2013).

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, por meio dos programas estatísticos SISVAR e SAS.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observou-se diferença significativa para produção de grãos em plantas com livre visitação ( $P < 0,05$ ) e plantas com visitação restrita, apresentando as plantas com livre visitação, uma produção média de grãos de café por pé de 7.990,8 grãos, com uma média de 7,156 kg por pé (CV 8,20 %). Para plantas com visitação restrita,

foi encontrado uma produção média de 5.058,0 grãos de café, com média de 4,000 kg por pé (CV= 16,03 %). Notou-se também, que os frutos gerados por meio da polinização de livre visitação, apresentaram uma maturação mais rápida, sendo colhidos 32 dias antes que os frutos resultantes da polinização restrita.

Ocorreu diferença significativa no que diz respeito ao incremento dos grãos resultantes do tratamento de visitação livre e restrito, obtendo-se um aumento de 52,84% de grãos nas plantas expostas a visitantes florais em relação às plantas restrita a visitação, corroborando o estudo de Malerbo-Souza e Halak (2012), que relatam que a ausência de insetos diminuiu em 55,25% a produção de grãos do cafeeiro, além de diminuir o peso desses grãos.

Dado os resultados obtidos, nota-se que as plantas de livre visitação (polinização por fatores bióticos ou abióticos), apresentaram uma polinização mais eficiente, o que pode ser observado com o incremento da produção, tanto em relação ao número de grãos por planta, quanto ao peso desses. Esses resultados corroboram os dados de Malerbo-Souza et al. (2003), que em um estudo com flores deixadas descobertas quando comparadas a flores cobertas, encontraram um aumento no número médio de grãos produzidos de aproximadamente 38% e 168% em 1993 e 1994, respectivamente. Amaral et al. (1952), também encontraram aumento na produção de grãos de café Caturra (*Coffea arabica* L. var caturra K.M.C.), quando submetidos a livre visitação, verificando um aumento de 39% na produção de grãos quando comparados a plantas protegidas. RICKETTS et al. (2008) e ROUBIK (2002) concluíram que em cafezais as inflorescências quando submetidas aos visitantes florais, produziam mais frutos e com peso médio superior quando comparados as plantas ensacadas, confirmando a importância da presença de insetos para polinização do café arábica. Outros fatores também podem influenciar na polinização como: a viabilidade do grão de pólen e receptividade do estigma no momento da polinização, quantidade de pólenes depositados no estigma, eficiência do agente polinizador, condições climáticas, entre outros (FREE, 1993; MELO et al., 2002; PEREIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004).

Quanto à classificação por peneira, houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). Foi encontrado maior percentual de grãos chatos graúdo no tratamento de livre visitação (60%), diferindo estatisticamente do tratamento de visitação restrita. A maior porcentagem de grãos chatos graúdo e médios é desejável para comercialização, os cafés que apresentam maior peneira, associados a outros

fatores de indicação de boa qualidade, geralmente apresentam maior valor de mercado (LAVIOLA et al., 2006). Porém, para o tratamento de visitação restrita, as peneiras de grãos chato médio (38%) e chato miúdo (38%), não diferiram estatisticamente entre si, apresentando os melhores valores, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação por peneira de grãos de café resultantes de plantas com livre visitação (acessível aos visitantes florais) e plantas protegidas (tratamento restrito/sem visitação). Planaltino-BA, 2013.

Classificação por peneira	Tratamento Livre (%)	Tratamento Restrito (%)
Chato graúdo	60 a	11 b
Chato médio	25 b	38 a
Chato miúdo	8 b	38 a
Moca graúdo	4 b	4 b
Moca médio	2 b	4 b
Moca miúdo	1 b	5 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente em conformidade com o Teste Tukey a 5% de probabilidade.

No tratamento de livre visitação, também foi observado maior homogeneidade de grãos. A homogeneidade do lote é de grande importância para avaliar a qualidade do café, grãos de diferentes tamanhos num mesmo lote acarretarão sabor e aroma desagradáveis no produto da bebida, conforme relata Matiello et al. (2002). Assim, a separação dos grãos de café pelo tamanho proporciona melhor qualidade do produto final, permitindo maior uniformidade na torra (NASSER; CHALFOUN, 2000).

Os resultados referentes à análise físico-química dos grãos provenientes de plantas de livre visitação e plantas de visitação restrita, demonstraram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para pH (CV 0,93%) e cafeína (CV 9,19%), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Análise físico-química de grãos de café provenientes de plantas submetidas à livre visitação e plantas com visitação restrita.

Variáveis	Visitação livre	Visitação restrita	CV (%)
pH	6,42 a	6,31 b	0,93
Cafeína	3,37 a	2,21 b	9,19

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente em conformidade com o Teste Tukey a 5% de probabilidade.

O resultado para o pH encontrado nos dois tratamentos, apresentaram-se próximos mas diferiram estatisticamente, porém esses valores estão acima do valor desejável para o mercado, indicando que houve algum processo de fermentação indesejável, durante a pré ou pós-colheita. Sua intensidade está relacionada a vários fatores como os níveis de fermentação ocorrida nos grãos, condições climáticas durante secagem e colheita, estágios de maturação, local de origem e forma de processamento (PIMENTA, 2003; SIQUEIRA; ABREU, 2006). De acordo com Siqueira e Abreu (2006), o pH ideal deve estar entre a faixa de 4,95 a 5,20, tornando as características sensoriais do café mais aceitáveis ao consumidor, sem excesso acidez.

Foi encontrado teor de cafeína no tratamento de visitação restrito de 2,21%, enquanto no tratamento de visitação livre foi 3,37%. Em um estudo realizado por Martín et al. (1998), o teor de cafeína, apresentou uma gama de valores entre as 1,1 e 3,9%. Segundo um estudo realizado por Farah et al. (2006) em café arábica, a cafeína encontrada nas amostras avaliadas apresentaram valores entre 0,96 e 1,23%. Moura et al. (2007), também quantificaram níveis de cafeína no café arábica em torno de 1,4%. Perrone et al. (2008) relataram teor de cafeína em café arábica de 0,919%, valores estes inferiores ao obtido no presente estudo. No entanto, concentrações de cafeína podem apresentar uma variação muito ampla mesmo em grãos produzidos da mesma maneira (FROST MEYER; LOGOMARSINO, 2012).

## CONCLUSÃO

A polinização contribui com o aumento da massa, ou seja, no peso do fruto e uniformidade de maturação destes, influenciando deste modo na composição físico-química desses frutos.

Plantas de cafeeiro expostas a visitantes florais aumentam a produção em 52,84% de grãos.

A produção de grãos chato graúdo e chato médio são maiores em plantas acessíveis aos visitantes florais, além de maior homogeneidade no tamanho dos grãos.

O teor de cafeína em plantas de livre visitação apresenta-se elevado, no entanto, concentrações de cafeína podem apresentar uma variação muito ampla mesmo em grãos produzidos da mesma maneira.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, C. M. P., CARVALHO, V. D., BOTREL, N. Efeito de níveis de adição de defeito “verde” na composição química de cafés classificados como bebida “estritamente mole”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.455-461, 1996.

ALVES, J.E.; FREITAS, B.M. Requerimentos de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1281-1286, 2007.

AMARAL, E. Ensaio sobre a influência de *Apis mellifera* L. na polinização do cafeeiro (Nota prévia). **Boletim da Escola de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba. v.9, p. 6, 1952.

AMARAL, E. Ação dos insetos na polinização do cafeeiro “Caturram”. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.35, p.139-147, 1960.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official and tentative methods of analysis**. 6. ed. Washington, DC, 1945. 932p.

BELAY, A., et al. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. **Food Chemistry**, Reading, v.108, n.1, p.310-315, 2008.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. 631p.

BOMFIM, I.G.A.; CRUZ, D. DE O.; FREITAS, B.M. Polinização em melancia com e sem semente. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza. Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, 53 p. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Brasília, 2003.

CARVALHO, A.; KRUG, C.A. Coffee. In: **Agriculture Research Service** (ed) Agricultural Handbook. United States Department of Agriculture, Washington, DC. p.162-164. 1996.

COELHO, M.S., et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Caatinga**. Mossoró, v.21, n.1, p.1-9, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Central de informações agropecuárias. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

DE MARCO, P.J.; COELHO, F.M. Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures Pollination and Production. **Biodiversity and Conservation**, Victoria Island, v.13, p.1245-1255, 2004.

FAO. United Nations food and agriculture. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2013.

FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Reading, v.98, n.2, p.373-380, 2006.

FERRÃO, M.A.G., et al. Melhoramento do café conilon no Espírito Santo. In: Zambolim, L. (ed.) **Tecnologias para produção do café Conilon**. Viçosa: UFV. Cap.6. p.153-173. 2009.

FROST-MEYER, N. J., LOGOMARSINO, J. V. Impact of coffee components on inflammatory markers: A review, *Journal of Functional Foods*. Toronto. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n.4, p.819-830, 2012.

FREE JB. **Insect pollination of crops**. 2 ed. London: Academic, 1993. 684p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IAL, v. 1, 533 p. 1985.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=292490> Acesso em: agosto de 2013.

KLATSKY, A.M.; ARMSTRONG, M.A. Alcohol, smoking, coffee, and cirrhosis. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v.136, n.10, p.1248-1257, 1992.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, London, v.270, p.955-961, 2003.

LAVIOLA, B.G. et al. P. Influência da adubação na formação de grãos moca e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**. Lavras, v.1, n.1, p.39-42, 2006.

MAGALHÃES, C.B.; FREITAS, B.M. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increase yield. **Apidologie**, Paris, v.44, n.2, p.234-239, 2013.

MALERBO-SOUZA, D.T., NOGUEIRA-COUTO, R.H. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Mensagem Doce**, v.44, p.6-11, 1997.

MALERBO-SOUZA, D.T. et al. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, n.4, p.272-278, 2003.

MALERBO-SOUZA, D.T.; HALAK, A.L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. "Catuaí Vermelho". **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.1-11, 2012.

MARQUES, M.C. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.59-69, 2011.

MARTÍN, M. J., PABLOS, F., GONZÁLEZ, A. G. Discrimination between arabica and robusta green coffee varieties according to their chemical composition. **Talanta**, v.46, n.6, p.1259-1264, 1998.

MATIELLO, J.B. Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações. Rio de Janeiro : MAPA/PROCAFÉ, p. 387, 2002.

MELO, M.R. et al. Polinização natural e artificial da cherimóia (*Annona cherimola* Mill.) no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p. 631-633, 2002.

MENEZES, H.C. Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com maturação de café. 1990. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1990.

MOURA, S.C.S. R. et al. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café arábica e *Canephora* (robusta). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007.

NASSER, P.P.; CHALFOUN, S.M. Eficiência da separação de grãos de café de acordo com o tamanho dos grãos na análise da qualidade da bebida pelo método químico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. 2000. Poços de Caldas, MG. Embrapa Café, 2000. 2v., p. 737-739.

NEHLIG, A. Are we dependent upon coffee and caffeine? A review on human and animal data. **Neuroscience e Biobehavioral Reviews**, St. Andrews, v.23, n.4, p. 563-576, 1999.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L.C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.

OLIVEIRA, R. P., et al. Fisiologia da formação de sementes em citros. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1ed., 2004. 27p.

OLIVEIRA, M.E.C. Análise melissopalínológica e estrutura de ninho de abelhas *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Apidae) encontradas no Campus da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. SE. **Entomobrasilis**, Vassouras. v.1, n.2, p.17-22. 2008.

OLSCHEWKI, R. et al. Economic evaluation of pollination services comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. **Ecology and Society**, Canada, v.11, n.1, p.7. 2006.

PEREIRA, de M.C.T. et al. Efeito de horário de polinização artificial no pegamento e qualidade de frutos de pinha (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, p.203-205, 2003.

PERRONE, D.; FARAH, A.; DONANGELO, C. M.; DE PAULIS, T.; MARTIN, P. R. Comprehensive analysis of major and minor chlorogenic acids and lactones in economically relevant Brazilian coffee cultivars. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 859-867, 2008.

PIMENTA, C.J. **Qualidade de café**. 3. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003.

RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. **Apidologie**, Paris, v.21, n.5, p.469-488, 1990.

RIBEIRO, G.S. Polinização da laranja (*Citrus sinensis*) pela abelha urucu (*Melipona scutellaris*) Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em área restrita no Recôncavo da Bahia. 2013. 108f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2013.

RICKETTS, TH. Tropical Forest fragments enhance pollinator activity in Nearby coffee crops. **Conservation Biology**, Cambridge, v.18, n.5, p.1262-1271, 2004.

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

RIZZARDO, R.A.G., et al. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.84, n.4, p.605-608, 2012.

ROUBIK, D.W. **Feral African bees augment neotropical coffee yield**. Em: Kevan P e Imperatriz Fonseca VL (eds) – Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasília. p.255-266. 2002.

SALVA T.J.G.; LIMA V.B. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v.59, n.1, p. 57-59, 2007.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Dinâmica sociodemográfica da Bahia: 1980-2000. Salvador: SEI, 2002. Disponível em: [http://www.sei.ba.gov.br/index.php?searchword=Planaltino&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com\\_search](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?searchword=Planaltino&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search) Acesso em: novembro de 2012.

SILVA, M.C., et al. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de Minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1782-1787, 2009.

SIN, C.W.M.; HO, J.S.C.; CHUNG, J.W.Y. Systematic review on the effectiveness of caffeine abstinence the quality of sleep. **Journal of Clinical Nursing, Oxford**. v. 18, n. 1, p. 13-21. 2009.

SIQUEIRA, H.H.; ABREU, C.M.P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

SOUSA, R.M., et al. Requerimentos De Polinização Do Meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Município de Acaraú-CE-Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.238-242, 2009.

TOLEDO,V., et al. Pollination by honeybees (*Apis mellifera* L.) in orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.12, n.4. p.236-246, 2013.

THOMAZINI, A. TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D. RODRIGUES, W. N. Abordagem sobre qualidade da bebida no café conilon. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-16, 2011.

VEDDELER, D., et al. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**. Columbia. v.73, p.109-114. 2008.

WITTER, S., et al. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.47, n.1, p.58-65, 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A antese de *C. arabica* ocorre a partir das 06:00 horas nas condições do presente trabalho e sua morfologia floral permite associá-la à síndrome da melitofilia. As características relacionadas ao sistema reprodutivo indicam que *C. arabica* possui sistema reprodutivo misto, sendo a planta de *C. arabica* classificada como autocompatível e alógama.

No período da manhã ocorreu maior visitação de abelhas na flores do cafeeiro, com maior atividade entre 5:00 e 9:00 horas. As espécies *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* foram as mais frequentes na plantação de cafeeiro e suas características de forrageamento, contato com a flor e coleta dos recursos, indicam que estas são polinizadoras efetivas da cultura. No entanto, as espécies *Xylocopa* sp., *X. frontalis* e *Melipona quadrifascita* são eficientes para polinização do cafeeiro, sendo o tamanho destas compatíveis com o tamanho da flor, facilitando deste modo o contato com as estruturas reprodutivas.

A polinização realizada pelas abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris* contribui para o aumento da produção de grãos de café, influenciam na qualidade, maior produção de massa e uniformidade de maturação dos frutos do cafeeiro, no entanto, considerando a facilidade de manejo e a baixa agressividade da *M. scutellaris* sugere-se o adensamento desta espécie no cafeeiro, de forma a aumentar a sua frequência nas flores e conseqüentemente o aumento da polinização em regiões de sua ocorrência natural e que ocorra déficit de polinizadores nos cafezais.

Inúmeros estudos tem demonstrado a importância da polinização para o *C. arabica*, colaborando para o incremento do peso dos frutos e produtividade (ROUBIK, 2002; KLEIN et al., 2003; MALERBO-SOUZA et al., 2003; RICKETTS et al., 2004; Coelho, 2008; VEDDELER et al., 2008). Plantas de cafeeiro expostas a visitantes florais aumentam a produção em 52,84% de grãos, além de proporcionar

maior homogeneidade no tamanho dos grãos e maior produção de grãos chatos graúdo e chatos médios.

Considerando as grandes áreas de café no país, práticas favoráveis de manejo na agricultura são recomendáveis, visando a conservação dos polinizadores e manutenção da população das abelhas *A. mellifera* e *M. scutellaris*, contribuindo assim, com a polinização.

### Referências Bibliográficas

COELHO, M.S. et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Caatinga**, Mossoró,. v.21, n.1, p.1-9, 2008.

KLEIN, A.-M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v.90, n.1, p. 153-157, 2003.

MALERBO-SOUZA, D. T., et al. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, n.4, p.272-278, 2003.

RICKETTS, T.H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **PNAS**, Washington, v.101, n. 34, p. 12579-12582, 2004.

ROUBIK, D. W. The Value of Bees to the Coffee Harvest. *Nature*, v.417, n.6890, p. 708-708, 2002. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/232781977\\_Tropical\\_agriculture\\_The\\_value\\_of\\_bees\\_to\\_the\\_coffee\\_harvest](http://www.researchgate.net/publication/232781977_Tropical_agriculture_The_value_of_bees_to_the_coffee_harvest)

VEDDELER, D. et al. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, Columbia, v.73, p.109-114, 2008.