



MARISE SILVA

**OCORRÊNCIA DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA)
EM ÁREAS PRODUTORAS DE CAFÉ**

**LAVRAS – MG
2019**

MARISE SILVA

**OCORRÊNCIA DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM ÁREAS
PRODUTORAS DE CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutor.

Dr. Stephan Malfitano Carvalho
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Marise.

Ocorrência de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas produtoras de café/ Marise Silva. – 2019.

87 p. : il.

Orientador: Stephan Malfitano Carvalho.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Apoidea. 2. *Coffea arabica*. 3. Polinização. I. Carvalho, Stephan Malfitano. II. Título.

MARISE SILVA

**OCORRÊNCIA DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM ÁREAS
PRODUTORAS DE CAFÉ**

**OCCURRENCE OF BEES (HYMENOPTERA, APOIDEA) IN COFFEE PRODUCING
AREAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de junho de 2019.

Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior	UFMG
Prof. Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira	UFLA
Prof. ^a Dra. Marina Wolowski Torres	UNIFAL
Prof. Dr. Rubens José Guimarães	UFLA

Dr. Stephan Malfitano Carvalho
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia.

Aos orientadores Dr. César Freire Carvalho (*in memorian*) e Dr. Stephan Malfitano Carvalho.

À Agência de Inovação do Café (InovaCafé/UFLA) e a Carlos Alberto de Carvalho (*in memorian*) e Péricles Pereira.

Aos Drs. José Eustáquio dos Santos Júnior e Marcel Gustavo Hermes.

Aos Drs. Carlos José Pimenta e Eduardo Mendes Ramos.

A Isaac, Irene, Júlio, Kelinton, Marisa, Nazaré e Sérgio.

E aos membros da banca Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior, Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira, Dra. Marina Wolowski Torres e Dr. Rubens José Guimarães.

RESUMO GERAL

Os polinizadores têm se tornado alvo de diversas pesquisas, uma vez que são reconhecidos por sua contribuição na produtividade de muitas espécies de plantas cultivadas. As iniciativas de monitoramento e conservação são fundamentais para permitir a detecção de alterações na riqueza e na abundância desses polinizadores em longo prazo. Assim, estudos sobre a identificação das espécies de visitantes florais nesses cultivos e o conhecimento das relações entre espécies de plantas utilizadas na agricultura e seus polinizadores são importantes para a elaboração de estratégias de conservação e manejo. Dessa forma, no segundo capítulo desse trabalho objetivou-se avaliar a eficiência de armadilhas coloridas na amostragem de abelhas em geral e de abelhas visitantes florais e polinizadoras do cafeeiro. A amostragem foi feita em três áreas durante dezoito meses, utilizando armadilhas *pan trap* nas cores branca, azul, amarela e vermelha. As armadilhas de cores branca, azul e amarela foram responsáveis por coletar maiores riqueza e abundância de espécies, quando comparadas com a armadilha de cor vermelha. Aquela de cor azul apresentou a maior diversidade de espécies e as de cores branca, amarela e vermelha apresentaram diversidade semelhante. As espécies visitantes florais e aquelas polinizadoras foram atraídas com maior frequência pelas armadilhas de cores branca e azul. A utilização de armadilhas de cores branca, azul, amarela e vermelha foram complementares para a amostragem da comunidade de abelhas nas áreas estudadas. O terceiro capítulo desse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar os visitantes florais durante o florescimento do cafeeiro, separando-os entre as categorias de visitantes e polinizadores, além de avaliar sua possível influência na produtividade de grãos. Para isso, foram realizadas observações diretas durante o primeiro dia de floração em três áreas e o acompanhamento dos frutos formados até a maturação. Foram observadas a frequência dos visitantes e o comportamento de forrageio. Para avaliar a influência da visita na produtividade e peso dos grãos, foram realizados testes com ramos protegidos com tecido Tule e desprotegidos. O peso seco dos grãos foi obtido de 50 grãos de cada ramo. Foram observadas nas três áreas 443 espécimes distribuídas entre 22 espécies de abelhas e vespas. Os visitantes mais frequentes nas flores foram *Apis mellifera* (38,6%), seguida por *Paratrigona subnuda* (23,9%), *Tetragonisca angustula* (15,6%) e *Trigona spinipes* (8,1%). Verificou-se que os ramos desprotegidos apresentaram, em média, aumento de 11,2% na frutificação e 23,9% no peso dos grãos. Dos visitantes mais frequentemente observados, as espécies *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes* e *P. subnuda* podem ser consideradas agentes polinizadores da cultura.

Palavras-chave: Apoidea. *Coffea arabica*. Polinização.

GENERAL ABSTRACT

Pollinators have become a target of several kinds of research as they are recognized for their contribution to the productivity of many cultivated plant species. Monitoring and conservation initiatives are fundamental to enable the detection of long-term changes in the richness and abundance of these pollinators. Studies related to floral visitor species identification in these crops, as well as to better comprehend relationships between plant species used in agriculture and their pollinators, are important for conservation and management strategies development. Thus, we aimed in the second chapter of this work to evaluate the efficiency of colored traps in general bees sampling, and in floral visitors and coffee pollinator bees. Sampling was done in three areas for eighteen months using white, blue, yellow, and red pan traps. In white, blue, and yellow traps were collected greater species richness and abundance when compared to red trap. The one with blue color presented the highest diversity of species and the ones with white, yellow, and red presented similar diversity. White and blue color traps most often attracted floral visitors and pollinator species. The use of white, blue, yellow, and red traps was complementary for bee community sampling in studied areas. In the third chapter of this work, we aimed to identify floral visitors during coffee flowering, separating them among visitor and pollinator categories, also evaluating their possible influence on grain productivity. For this purpose, we performed direct observations during the first day of flowering in three areas, as well as monitoring fruits formed until maturation. We observed the frequency of visitors and foraging behavior. To evaluate visit influence on grain productivity and weight, tests were performed with branches protected with Tulle and unprotected. We obtained grain dry weight from 50 grains of each branch. 443 specimens distributed among 22 bee and wasp species were observed in three areas. The most frequent visitors to flowers were *Apis mellifera* (38.6%), followed by *Paratrigona subnuda* (23.9%), *Tetragonisca angustula* (15.6%), and *Trigona spinipes* (8.1%). Disproportionate branches increased on average by 11.2% in fruiting and 23.9% in grain weight. The most frequently observed visitors, such as *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes*, and *P. subnuda* can be considered coffee crop pollinators.

Keywords: Apoidea. *Coffea arabica*. Pollination.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Localização das áreas experimentais. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.....35
- Figura 2 - Desenho esquemático da posição das armadilhas em *C. arabica*. Lavras, MG. Detalhe do suporte com a disposição dos *pan trap* nas cores azul, branco, amarelo e vermelho.35
- Figura 3 - Gráfico de reflectância das cores dos *pan trap* utilizados na coleta de abelhas em *C. arabica*. A varredura do espectro corresponde a faixa de luz visível ao olho humano (370 a 750 nm).....36
- Figura 4 - Curva de Rarefação de Coleman de espécies de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.....50
- Figura 5 - Curvas de Rarefação de Coleman de espécies de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.....51
- Figura 6 - Curva de acumulação de indivíduos (Apoidea) coletadas em armadilhas *pan trap* de cores amarela, azul, branca e vermelha e *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.52
- Figura 7 - Diagrama de Venn - Euler de espécies de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.....53
- Figura 8 - Representação gráfica da ordenação por escalonamento não-métrico (NMDS) utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis baseada na composição dos táxons de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores amarela, azul, branca e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.54
- Figura 9 - Diagrama da análise de Cluster com as similaridades entre as armadilhas *pan trap* de cores amarela, azul, branca e vermelha para a abundância de espécies de abelhas em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.....55

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Localização das áreas experimentais. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.....	70
Figura 2 - Abundância de visitantes florais em <i>C. arabica</i> em três áreas. Lavras, MG. Outubro de 2017.....	76
Figura 3 - Frutificação efetiva (%) em <i>C. arabica</i> . a - UFLA, b - Saudade e c - Serrinha. Lavras, MG.....	77
Figura 4 - Peso (g) de cinquenta grãos por ramo de <i>C. arabica</i> . a - UFLA, b - Saudade e c - Serrinha. Lavras, MG.	78

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 - Informações agronômicas a respeito das três áreas de cultivo que foram utilizadas neste experimento. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.37
- Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.40
- Tabela 3 - Abundância, riqueza e índice de Shannon H' de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.52

CAPÍTULO 3

- Tabela 1 - Informações agronômicas a respeito das três áreas de cultivo que foram utilizadas neste experimento. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.71
- Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de Hymenoptera coletados em flores de *C. arabica* em três áreas. Lavras, MG. Outubro de 2017.73

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Importância da polinização na agricultura	13
2.2 Agentes polinizadores	15
2.3 Importância econômica da cultura cafeeira	18
2.4 Biologia reprodutiva de <i>C. arabica</i>	19
2.5 Polinização de <i>C. arabica</i> por abelhas	21
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2 LEVANTAMENTO DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM CULTIVO DE <i>Coffea arabica</i> LINNAEUS, 1753	30
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1 Área de estudo	34
2.2 Amostragem	34
2.3 Análises estatísticas	37
3 RESULTADOS	39
3.1 Abundância, riqueza e diversidade	39
3.2 Acumulação de indivíduos ao longo do tempo	52
3.3 Complementariedade entre as cores	53
4 DISCUSSÃO	57
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO 3 VISITANTES FLORAIS DE <i>Coffea arabica</i> LINNAEUS, 1753 E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	66
1 INTRODUÇÃO	68
2 MATERIAL E MÉTODOS	70
2.1 Área de estudo	70
2.2 Amostragem dos visitantes florais	71
2.3 Influência da visita na frutificação e no peso de grãos	72
2.4 Análises estatísticas	72
3 RESULTADOS	73
3.1 Riqueza e frequência de visitantes florais	73
3.2 Comportamento de forrageio de visitantes florais	74
3.3 Frutificação efetiva e peso de grãos	76
4 DISCUSSÃO	79
5 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS	84

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores são funções naturais de um ecossistema, essenciais para a conservação da diversidade biológica, que trazem inúmeros benefícios ao homem. Neste sentido, Costanza et al. (1997) avaliaram que o valor econômico global do serviço de polinização, em ecossistemas e agroecossistemas, girava em torno de US\$ 70 bilhões/ano. Mais recentemente, este valor foi estimado entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões (IPBES, 2016).

Diversas espécies de plantas de importância econômica necessitam dos serviços de polinização. Aproximadamente 75% das culturas utilizadas para a alimentação humana no mundo depende da polinização animal (KLEIN et al., 2007).

A destruição de habitat, monocultura em grandes extensões, e o uso de agrotóxicos quando não se leva em consideração as boas práticas agrícolas, são consideradas as maiores ameaças aos polinizadores. Esses fatores afetam negativamente a comunidade de abelhas, os polinizadores mais importantes em diferentes ecossistemas e sistemas agrícolas (CORBET; WILLIAMS; OSBORNE, 1991; FREE, 1970), comprometendo o sucesso da frutificação de muitas plantas nativas e cultivadas. A polinização realizada pelas abelhas contribui para uma melhor qualidade e maior rendimento da produtividade de frutos e sementes, pois diminui os índices de má formação, aumenta o teor de substâncias desejadas em frutos destinados ao consumo “*in natura*” e a quantidade e qualidade de sementes (ANTUNES et al., 2007; MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; ROSA; BLOCHTEIN; LIMA, 2011).

A cultura do café tem grande importância econômica para o país. Com aproximadamente dois milhões de hectares cultivados, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo maior mercado consumidor. A safra do ano de 2018 alcançou 61,7 milhões de sacas de 60 kg, sendo 77% de café tipo arábica (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). O consumo interno é crescente, sendo que no ano de 2018 foi de 21 milhões de sacas e a exportação chegou a 35,2 milhões de sacas no mesmo período, com faturamento de US\$ 5,09 bilhões (BRASIL, 2018). O estado de Minas Gerais é o maior produtor no território nacional, responsável por aproximadamente 53% dessa produção (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018).

Nesse contexto, a contribuição da polinização realizada por abelhas na cultura pode resultar em maior produtividade de frutos e em impacto positivo na qualidade e quantidade dos grãos (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; MANRIQUE; THIMANN, 2002).

Devido ao declínio da população de abelhas, o interesse no conhecimento das relações entre abelhas e plantas exploradas comercialmente vem crescendo nos últimos anos. Por meio de iniciativas da comunidade científica, apoiadas pelas ações governamentais, um plano de ação vem sendo estabelecido com o objetivo de permitir o uso sustentável e a conservação desses polinizadores (IMPERATRIZ-FONSECA; SARAIVA; GONÇALVES, 2007).

Nesse sentido, a amostragem e o monitoramento das populações de polinizadores representa o primeiro passo para decisões de gestão e conservação. Essa etapa possibilita identificar alterações na dinâmica de populações ao longo do tempo permitindo, dessa forma, comparações futuras, auxiliando no entendimento de mudanças na sua abundância e diversidade nos diversos ambientes.

Uma das técnicas que vem sendo utilizado na amostragem padronizada de abelhas é o uso de bacias coloridas *pan trap*. Essa técnica consiste na coleta de baixo custo, facilmente replicado para amostragem de várias áreas simultaneamente, e não sofre a influência da habilidade e experiência do operador nas amostragens (CAMPBELL; HANULA, 2007; KRUG; ALVES-DOS-SANTOS, 2008). De acordo com Grundel et al. (2011), as armadilhas *pan trap* e a rede entomológica são técnicas complementares e úteis em uma amostragem de abelhas.

O café é cultivado em diferentes regiões do país e em diversas condições ambientais. Logo, os polinizadores de uma determinada cultura podem variar de região para região. Portanto, a identificação dos visitantes florais e a avaliação do papel de cada um deles na polinização nos diferentes locais de cultivo são importantes para se traçar alternativas de manejo para manutenção desses polinizadores.

Assim, este estudo foi desenvolvido com os objetivos de se conhecer a fauna de Hymenoptera Apoidea em lavouras cafeeiras utilizando como técnica de amostragem armadilhas do tipo *pan trap* de diferentes cores; identificar os visitantes florais e polinizadores em *Coffea arabica* Linnaeus, 1753 e avaliar a influência da polinização na produtividade de grãos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da polinização na agricultura

A polinização é a transferência dos grãos de pólen dos estames (estrutura masculina) para o pistilo (estrutura feminina) da mesma flor ou de outra flor da mesma planta ou ainda de outra planta da mesma espécie. No estigma, cada grão de pólen germina e desenvolve o tubo polínico que cresce através do estilete até alcançar os óvulos no ovário, ocorrendo desta forma, a fecundação. Uma vez fecundados, os óvulos se desenvolvem formando as sementes e o ovário formando o fruto (DELAPLANE; MAYER, 2000; FREE, 1993).

A polinização pode ocorrer de duas formas, autopolinização e polinização cruzada. Na autopolinização uma flor recebe seu próprio pólen ou o pólen de outras flores da mesma planta. Quando a flor recebe seu próprio pólen, a autopolinização é denominada de autogamia. Na circunstância em que a flor recebe o grão de pólen de outra flor da mesma planta, é denominada de geitonogamia. A autogamia ocorre apenas em flores hermafroditas, já a geitonogamia pode ocorrer tanto entre flores hermafroditas quanto entre flores que apresentam somente estruturas femininas ou masculinas, desde que sejam de plantas monoicas (DELAPLANE; MAYER, 2000; MCGREGOR, 1976). Algumas espécies de plantas desenvolveram mecanismos que contribuem com a autopolinização, por exemplo, a cleistogamia, que ocorre quando o pólen é liberado antes da abertura da flor. A autopolinização tem algumas desvantagens, pois pode reduzir o vigor e a produtividade da planta, devido a endogamia, produzindo poucos frutos, frutos menores ou mal formados (MCGREGOR, 1976).

Na polinização cruzada, ocorre a transferência dos grãos de pólen dos estames de uma flor para o pistilo de outra flor da mesma espécie, mas de plantas diferentes. Neste caso, esse tipo de polinização é denominado alogamia. Esse tipo de polinização é usualmente o mais vantajoso, pois permite novas combinações gênicas entre os indivíduos, assegurando uma alta variabilidade genética, e com isso, podem se formar plantas mais vigorosas e produtivas (CORBET; WILLIAMS; OSBORNE, 1991; MCGREGOR, 1976).

As espécies de plantas que se autopolinizam podem apresentar e se beneficiar de algum grau de polinização cruzada, realizada por agentes bióticos e abióticos, alcançando desta forma, aumento na produtividade de frutos e sementes, além da melhoria em qualidade (FREE, 1993). Como exemplo, *C. arabica*, que apresenta um incremento na sua produtividade por meio da polinização cruzada realizada por insetos, principalmente abelhas (DE MARCO JR; COELHO, 2004; MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; ROUBIK, 2002b).

A polinização representa um serviço ecossistêmico de fundamental importância para muitas culturas agrícolas. A biodiversidade agrícola foi introduzida na Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), que é um dos mais importantes instrumentos internacionais relacionados ao meio ambiente, durante a Conferência das Partes (reunião anual dos tomadores de decisão da CDB). Nesta ocasião, o Brasil liderou a discussão em torno do tema polinizadores, na qual a polinização foi um dos assuntos considerados da maior importância para preservação da diversidade agrícola, sugerindo a prioridade para o estudo de polinizadores de importância agrícola (DIAS; RAW; IMPERATRIZ-FONSECA, 1999). No ano de 2000 foi estabelecida a Iniciativa Internacional para a Conservação e Uso Sustentável de Polinizadores, no âmbito da biodiversidade agrícola, denominada Iniciativa Internacional de Polinizadores (IPI). O objetivo da Iniciativa é promover no mundo todo, ações coordenadas para: monitorar o declínio de polinizadores, suas causas e seu impacto sobre os serviços de polinização; tratar da falta de informações taxonômicas sobre polinizadores; medir o valor econômico da polinização e o impacto econômico do declínio dos serviços de polinização e promover a conservação, a restauração e o uso sustentável da diversidade de polinizadores na agricultura, bem como em ecossistemas relacionados (IMPERATRIZ-FONSECA; SARAIVA; GONÇALVES, 2007).

Diversas espécies de plantas de importância econômica dependem dos serviços de polinização e, de acordo com Klein et al. (2007), aproximadamente 75% das principais culturas utilizadas diretamente para o consumo humano no mundo apresentam algum grau de dependência de polinizadores. Desde então, pesquisas tem demonstrado a importância da polinização em diversas culturas como, por exemplo: algodão (PIRES et al., 2014); canola (ROSA; BLOCHTEIN; LIMA, 2011); laranja (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2003); castanha do Brasil (SANTOS; ABSY, 2010); morango (ANTUNES et al., 2007); maracujá (GAGLIANONE et al., 2010); tomate (BISPO DOS SANTOS et al., 2009); café (MALERBO-SOUZA e HALAK, 2012), dentre outras. No âmbito econômico, Costanza et al. (1997) avaliaram o valor econômico global do serviço de polinização em US\$ 70 bilhões/ano. Posteriormente esse serviço ecossistêmico foi estimado em € 153 bilhões/ano (GALLAI et al., 2009). De acordo com esses mesmos autores, em média, o valor de produção das culturas que não dependem da polinização por insetos é de € 151 bilhões por ano, enquanto o das que dependem da polinização é de € 761 bilhões. E mais recentemente, este valor foi estimado entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões (IPBES, 2016).

No Brasil, Giannini et al. (2015b), revisaram a dependência das culturas por polinizadores e a partir desses dados, estimaram o valor econômico da polinização. Os autores analisaram 141 culturas e encontraram que 85 delas dependem de polinizadores, além disso,

quase um terço destas culturas apresentou uma dependência grande ou essencial por polinizadores. Destas 85 culturas dependentes de polinizadores, apenas 44 apresentam o valor de produção agrícola anual disponível e então, apenas para estas, foi possível estabelecer o valor econômico da polinização, que foi estimado em US\$ 12 bilhões/ano, o que corresponde a aproximadamente 30% do valor da produção agrícola anual das culturas dependentes (US\$ 45 bilhões) (GIANNINI et al., 2015b). Os maiores valores obtidos foram para a soja (dependência modesta, US\$ 5,7 bilhões), café (modesta, US\$ 1,9 bilhão), tomate (pequena, US\$ 992 milhões), algodão (modesta, US\$ 827 milhões), cacau (essencial, US\$ 533 milhões) e laranja (pequena, US\$ 522 milhões). Esses mesmos autores ressaltam que, para a soja, o algodão e o café, apesar da dependência modesta de polinização por insetos, o valor desse serviço se torna ainda maior, devido ao alto valor de produção dessas culturas e a imensidade das áreas com essas culturas.

2.2 Agentes polinizadores

Cerca de 300.000 espécies de plantas dependem de animais polinizadores para se reproduzirem, sendo que esse número representa 87,5% de todas as plantas com flores (OLLERTON et al., 2011). Os insetos são considerados como importantes polinizadores de diversas espécies de plantas (RADER et al., 2016).

Dentre os insetos, as abelhas se destacam como o grupo mais diverso e abundante de polinizadores (MICHENER, 2007). O número de espécies de abelhas conhecidas no mundo é de cerca de 20.000 e, existe uma estimativa de que pelo menos, 3.000 delas ocorram no Brasil (MICHENER, 2007; SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Giannini et al. (2015a) revisando na literatura acerca das interações entre visitantes florais e/ou polinizadores, e culturas agrícolas no Brasil, constataram que entre os animais polinizadores, as abelhas representam por 87%, os besouros por 3%, as vespas, 2%, moscas também 2% e outros 6%. De acordo com Klein et al. (2007), as abelhas são os mais importantes fornecedores de serviços de polinização e os polinizadores mais abundantes na agricultura, pois visitam mais de 90% dos 107 principais cultivos agrícolas já estudados no mundo.

Com a finalidade de reprodução, as flores atraem os polinizadores sinalizando a presença de algum tipo de recurso, sejam por meio de suas cores, formas, tamanho e fragrâncias (AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014; VARASSIN; AMARAL-NETO, 2014). A cor da flor é um atributo importante, pois auxilia a abelha a detectar a flor e sinaliza a presença e a qualidade dos recursos, como néctar e pólen; muitas espécies de plantas investem mais em

sinalizações visuais do que odoríferas (CHITTKA et al., 2001). A radiação solar é um fator importante no reconhecimento das cores pelas abelhas, elas se orientam por meio dela e respondem de acordo com a intensidade, o comprimento de onda, a reflexão ou o contraste (VON FRISCH, 1971). Receptores para diferentes tons da luz ultravioleta são abundantes em seus olhos, sendo assim, elas utilizam dessa região de cor para reconhecer e diferenciar as cores das flores. As cores podem ser alteradas em zonas com elevada radiação ultravioleta, por exemplo (CHITTKA et al., 2001).

As abelhas possuem uma relação estreita com as plantas, pois dependem do pólen e do néctar, como fonte de proteína e açúcares, para sua alimentação (CORBET; WILLIAMS; OSBORNE, 1991; MICHENER, 2007). Devido a essa relação de dependência aos recursos florais, as abelhas visitam grande quantidade de flores, realizando assim a polinização de muitas espécies. Além disso, possuem características comportamentais e adaptações morfológicas que favorecem a polinização. Elas são capazes de manipular as partes florais para alcançar o néctar e/ou pólen disponíveis, possuem constância floral, ou seja, a abelha visita seguidamente e por longos períodos de tempo, flores de uma mesma espécie de planta; possuem o corpo coberto por pelos plumosos e estruturas adaptadas para coleta e transporte de pólen (MICHENER, 2007).

O fato de um animal visitar uma flor, não faz dele um polinizador efetivo daquela espécie. Para ser classificado como polinizador, são requisitos: frequência e fidelidade à planta; tamanho corporal e comportamento adequados para remover o pólen das anteras e transferi-lo para os estigmas; capacidade de transportar em seu corpo grande quantidade de pólen viável e compatível; realizar visitas às flores quando os estigmas apresentam boa receptividade; além de desenvolver uma rota de voo favorável entre as flores da mesma espécie (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016; FREITAS, 2013).

A espécie *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 é conhecida por sua eficiência na polinização de diversas espécies de plantas, pois possuem o comportamento de se movimentarem rapidamente entre as flores ao coletarem pólen e/ou néctar, tornando assim, mais eficiente na dispersão de pólen, além disso, é uma espécie generalista, amplamente distribuída e de fácil manejo (DELAPLANE; MAYER, 2000). Toledo et al. (2013) constataram que a polinização realizada por essas abelhas propiciou um aumento na quantidade de frutos produzidos em *Citrus sinensis* Linnaeus, 1753 além disso, verificaram que flores visitadas por essas abelhas deram origem a frutos mais doces que as flores não visitadas.

A presença de *A. mellifera* no processo de polinização de *Cucumis melo* Linnaeus, 1753 é indispensável para assegurar a produtividade (SOUSA et al., 2013). Não obstante, a

introdução de *A. mellifera* em plantações de *Glycine max* (Linnaeus, 1735), uma espécie que se autopoliniza, favoreceu a polinização melhorando significativamente a produtividade (CHIARI et al, 2005 e 2008).

Não somente *A. mellifera* é responsável pela polinização, mas as abelhas nativas constituem um grupo importante para os serviços ecossistêmicos na agricultura (CASTRO et al., 2006; DEL SARTO; PERUQUETTI; CAMPOS, 2005). Algumas características dessas abelhas, quando comparada com *A. mellifera* as tornam mais eficientes para a polinização em algumas culturas. A espécie *A. mellifera* contribui, mas não substitui os serviços de polinização prestados pelas abelhas nativas, as quais são mais eficientes em alguns casos, apesar de não serem tão abundantes (GARIBALDI et al., 2013). A polinização por vibração em anteras poricidas para que o pólen seja liberado é particularmente relevante para espécies de plantas da família Solanaceae como, por exemplo, *Lycopersicon esculentum* Miller, 1754, *Solanum melongena* Linnaeus, 1753 e *Solanum gilo* (Raddi, 1825). Por exemplo, as abelhas nativas *Bombus* sp., *Xylocopa* sp. e *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836, dentre outras espécies, são algumas que possuem o comportamento de vibrar o tórax ao coletarem o pólen (NUNES-SILVA; HRNCIR; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

Espécies do gênero *Xylocopa* Latreille, 1802 são fundamentais para a produtividade de *Passiflora edulis* Sims, 1818, seu tamanho corporal maior a torna capaz de transferir o pólen das anteras para o estigma. A presença de ninhos racionais na área do cultivo propicia aumento da ordem de 505% na frequência de visita das mamangavas às flores e 92,3% no sucesso da frutificação (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; SIQUEIRA et al., 2009).

A ausência de ferrão funcional, baixa defensividade, menor amplitude do voo de forrageamento e menor tamanho populacional das colônias de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) e *Plebeia nigriceps* (Friese, 1901), possibilita sua utilização tanto em culturas em campo aberto como em cultivo protegido (SLAA et al., 2006). Estas espécies contribuem para o aumento da produtividade e a redução do percentual de frutos deformados em cultivo protegido de *Fragaria ananassa* Duchesne, 1785 (ANTUNES et al., 2007; WITTER et al., 2012).

Com o objetivo de minimizar o déficit de polinização causado pelo desaparecimento dos polinizadores, colmeias de algumas espécies de abelhas são comercializadas a fim de serem introduzidas em áreas agrícolas na época da floração, para garantir a polinização (DELAPLANE; MAYER, 2000). A espécie cujo manejo é mais comum em boa parte das áreas cultivadas é *A. mellifera*, e vem sendo utilizada em cultivos de *Malus domestica* Borkhausen, 1803 na região sul, e de *C. melo* na região nordeste (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012;

TRINDADE et al., 2004). As espécies *Xylocopa frontalis* (Latreille,1802) vem sendo manejadas em cultivos de *P. edulis* (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2003; JUNQUEIRA; AUGUSTO, 2017); *M. quadrifasciata* manejada, no cultivo de *M. domestica* e, em especial, em plantações de *Solanum lycopersicum* Linnaeus, 1753 (DEL SARTO et al., 2005; BISPO DOS SANTOS et al., 2009; VIANA et al., 2014).

2.3 Importância econômica da cultura cafeeira

A cultura cafeeira possui grande importância econômica e social para o Brasil, seja como um dos principais produtos da pauta de exportações - o café está em quinto lugar como produto no *ranking* de exportações do agronegócio brasileiro - como também pela geração de mais de 8 milhões de empregos diretos e indiretos no campo e no meio urbano. A cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de 8 milhões de empregos no país (BRASIL, 2018).

Cerca de 300 mil produtores, em sua maioria pequenos produtores, são responsáveis por uma área de mais de 2 milhões de hectares plantados, distribuídos nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará (BRASIL, 2018). As espécies mais importantes economicamente no mercado mundial são *C. arabica* (café arábica) que corresponde por quase 70% da produção mundial e *Coffea canephora* Pierre, 1897 conhecido popularmente como café conilon ou café robusta. Assim como no mercado mundial, no Brasil, o café arábica é o mais importante em termos econômicos com uma área de aproximadamente 1,7 milhões de hectares destinada ao seu plantio, ou seja, 80% da área total (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (2018). A produção brasileira em 2018, atingiu 61,7 milhões de sacas de café beneficiado, desse total, 77% corresponde ao café arábica. O país exportou 35,2 milhões de sacas do produto, com uma receita de US\$5,09 bilhões (CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL, 2018). Conforme a Associação Brasileira da Indústria do café (2018), o país é também o segundo maior consumidor de café. Em 2018, foi registrado o consumo de 22 milhões de sacas, 4,8% superior ao consumo do ano anterior.

O Estado de Minas Gerais se destaca como o maior produtor e exportador de café do Brasil, com uma área de mais de um milhão de hectares (53% da área produtora do Brasil) e produção de 33 milhões de sacas, sendo 98,8% do tipo arábica. As Regiões Sul e Centro Oeste do estado

são responsáveis por 29% da produção brasileira, evidenciando a importância dessas regiões na produção de café de Cerrado e de altitude (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018).

2.4 Biologia reprodutiva de *C. arabica*

A espécie *C. arabica* completa o seu ciclo fenológico em dois anos, diferente da maioria das plantas, que emitem as inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico. Em condições tropicais, o primeiro ano corresponde ao período vegetativo e o segundo ano fenológico corresponde ao período reprodutivo (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

O segundo ano fenológico se inicia com a floração e compreende quatro fases: iniciação, diferenciação, período de dormência do botão floral e abertura da flor ou florada. Durante a iniciação floral ocorre o estímulo indutivo, com o desenvolvimento das gemas axilares foliares, e a evocação, que é a transição da gema vegetativa em gema reprodutiva, posteriormente ocorre a diferenciação dos primórdios florais por cerca de dois meses até atingirem um tamanho entre 4 e 8 mm, em seguida entram em dormência e posteriormente há a abertura das flores (RENA; BARROS, 2004; THOMAZIELLO et al., 2000).

O cafeeiro é uma espécie tropical em que todas as plantas, numa certa região, florescem simultaneamente, denominada floração gregária. Todavia ocorre o lançamento de um número variável de floradas, nas áreas cafeeiras do sul e sudeste do Brasil que geralmente resultam em duas a três floradas de intensidades decrescentes (RENA; MAESTRI, 1985). O florescimento ocorre quando há precipitações acompanhadas de queda de temperatura antecipadas por longos períodos de deficiência hídrica, ocorrendo desta forma um aumento do potencial hídrico nas gemas dormentes (SOARES et al., 2005). As floradas, na maioria das regiões cafeeiras do Brasil, geralmente ocorrem entre os meses de setembro a novembro (RENA; BARROS, 2004).

Os botões florais abrem-se nas primeiras horas da manhã e, neste momento, os estigmas estão receptivos; logo em seguida ocorre a abertura das anteras (FREE, 1993; THOMAZIELLO et al. 2000). Para Rena e Maestri (1985), a maturação e abertura das anteras pode acontecer até mesmo antes da abertura dos botões florais, resultando num alto grau de autofecundação. E em dias chuvosos ou com menor intensidade luminosa, os botões demoram para abrir, podendo também ocasionar a autofecundação (CARVALHO; KRUG, 1949).

No segundo dia após a floração, as anteras apresentam-se bastante escurecidas e enroladas sobre seu próprio eixo, os estigmas tornam-se escuros, a corola começa a murchar e se desligar do disco do ovário ficando pendurada pelo estilete, caindo no dia seguinte

(NOGUEIRA-NETO; CARVALHO; ANTUNES-FILHO, 1959; THOMAZIELLO et al. 2000). As flores que não foram polinizadas têm o murchamento atrasado (FREE, 1993).

O pólen de *C. arabica* é produzido em quantidade regular, são mais pesados e pegajosos em relação aos grãos de pólen de *C. canephora* e vão sendo liberados ao longo do dia (FREE, 1993; NOGUEIRA-NETO; CARVALHO; ANTUNES-FILHO, 1959). O néctar é secretado na base da corola, contém em média 38% de açúcares, sendo abundante durante três dias após a abertura da flor. No terceiro dia após a floração, ainda se verifica uma grande quantidade de néctar no interior do tubo da corola (NOGUEIRA-NETO; CARVALHO; ANTUNES-FILHO, 1959). De acordo com Free (1993) as flores são mais atraentes para polinizadores apenas durante o primeiro dia.

A espécie *C. arabica*, diferentemente das demais espécies do gênero, é autógama, reproduz-se principalmente por meio da autofecundação, com uma taxa de alogamia de aproximadamente 10% (CARVALHO et al., 1991; CHALFOUN; REIS, 2010). Para Carvalho et al. (1991), apesar de ser uma planta autógama, pode apresentar polinização cruzada em até 15%.

Klein, Steffan-Dewenter e Tschardt (2003a) avaliando a importância de diferentes mecanismos de polinização em *C. arabica* e *C. canephora*, constataram que quando a primeira espécie foi exposta a ação do vento e da autogamia, houve uma porcentagem de frutificação de 62,9% enquanto que, quando exposta somente a autogamia, houve uma porcentagem de frutificação de 47,9%. Para a segunda espécie, a porcentagem de frutificação obtida, quando exposta a ação do vento foi de 62,3% já, quando a ação do vento foi excluída, a porcentagem de frutificação de *C. canephora* foi de 8,9%. Portanto, a polinização pelo vento teve maior contribuição para *C. canephora* (53,6%) do que para *C. arabica* (16%).

Portanto, a importância do vento para a polinização do cafeeiro varia entre as espécies, o vento é conhecido como o agente polinizador mais importante para *C. canephora* e para as outras espécies do gênero que possuem o pólen mais leve e menos pegajoso, do que para *C. arabica*. A polinização cruzada em *C. arabica* é atribuída predominantemente aos insetos, pois o vento não transportaria o pólen a longas distâncias (FREE, 1993).

Cafeeiros expostos aos visitantes florais, produzem mais quando comparados a cafeeiros que não receberam visitas (BADILLA; RAMÍREZ, 1991; RICKETTS, 2004; VEDDELER et al., 2008). Com a finalidade de estudar a contribuição das abelhas como agentes polinizadores do café arábica, Manrique e Thimann (2002) utilizaram 10 colônias de abelhas africanizadas, espalhadas no cafezal três dias antes da floração. A porcentagem de grãos formados e o seu peso úmido e seco foram estatisticamente maiores em ramos sem cobertura próximos as

colônias em relação a ramos sem cobertura em pés situados a mais de 1 Km de distância das colônias. Em ramos cobertos com uma malha fina, apresentaram a menor porcentagem de frutificação e pesos. Os resultados obtidos mostraram que as abelhas são importantes polinizadoras do cafeeiro ao promover maior produtividade.

2.5 Polinização de *C. arabica* por abelhas

As abelhas são reconhecidas por seu importante papel na polinização de *C. arabica* (MANRIQUE; THIMANN, 2002; NOGUEIRA-NETO; CARVALHO; ANTUNES-FILHO, 1959; ROUBIK, 2002a). As flores quando expostas aos visitantes, produzem mais frutos e com peso superior quando comparadas às flores que não recebem visitas (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; RICKETTS et al., 2008; ROUBIK, 2002a).

Na Costa Rica, Badilla e Ramírez (1991) ao conduzirem um experimento com *C. arabica* var. Catuaí vermelho, no qual foi feito o ensacamento de algumas flores e outras foram deixadas livre à visita, observaram que o visitante mais frequente foi *A. mellifera*. Naquelas flores expostas a visita verificou um aumento de 15,85% na frutificação em relação àquelas das quais as visitas de insetos foram excluídas.

No Panamá, *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1853 foi responsável por um aumento de 56% na frutificação de ramos livres à visita; mais de 95% das visitas às flores foram realizadas por essa espécie (ROUBIK, 2002b). Os outros visitantes mais frequentes foram *Centris festiva* Smith, 1854; *Bombus pullatus* Franklin, 1913; *Bombus volucelloides* Gribodo, 1891; *Bombus ephippiatus* Say, 1837; *Trigona fulviventris* Guérin, 1844; *Trigona corvina* Cockerell, 1913; *Trigona nigerrima* e *Tetragonisca angustula*.

A diversidade e a abundância desses insetos dependem da presença de áreas de vegetação nativa próximas ao cultivo: quanto menor a distância entre os remanescentes florestais e os cafezais, maior é o número de espécies de abelhas que visitam as flores, demonstrando assim, um benefício adicional ao café. Ricketts (2004) verificou que os cultivos de café localizados próximos a áreas de vegetação nativa, possuíam maiores diversidade de abelhas, taxas de visita nas flores e deposição de pólen no estigma, e conseqüentemente apresentavam maior produtividade de frutos do que em cafezais localizados mais distantes.

Vergara e Badano (2009) estudaram os polinizadores de *C. arabica* em sistemas agroflorestais de diferentes intensidades de sombra e em sistema a pleno sol no México. De um total de 15 espécies de insetos que visitaram as flores (abelhas, vespas, moscas e uma espécie de besouro) 7 espécies foram representadas por abelhas. A espécie *A. mellifera* foi a mais

frequente visitante de flores, em todos os sistemas de manejo, representando aproximadamente 84% do total de visitas. As espécies de abelhas observadas foram *Plebeia frontalis* (Friese, 1911); *Scaptotrigona mexicana* (Guérin, 1844); *Trigona nigerrima*; *Trigona corvina*; *Ceratina* sp. e *Augochlora* sp. Neste mesmo estudo, os autores observaram uma única espécie de abelha, *A. mellifera*, no sistema a pleno sol, concluindo que sistemas de manejo de alto impacto possuem menor riqueza de espécies de polinizadores do que sistemas de manejo de baixo impacto e que em todos os casos, a produção de frutos foi positivamente relacionada com a riqueza e a diversidade de polinizadores.

Cepeda-Valencia, Gómez e Nicholls (2014), constataram que a riqueza de espécies de abelhas foi relacionada positivamente com a riqueza de plantas e a proximidade de mata, na Colômbia. Os autores verificaram espécies dos seguintes gêneros, *Apis* Linnaeus, 1758; *Centris* Fabricius, 1804; *Nannotrigona* Cockerell, 1922; *Oxytrigona* Cockerell, 1917; *Paratrigona* Schwarz, 1938; *Partamona* Schwarz, 1939; *Plebeia* Schwarz, 1938; *Trigona* Jurine, 1807; *Xylocopa*; *Augochlora* Smith, 1853; *Augochloropsis* Cockerell, 1897; *Caenaugochlora* Michener, 1954; *Neocorynura* Schrottky, 1910 e *Megachile* Latreille, 1802. Os visitantes mais frequentes nas flores de café foram *A. mellifera* e *Paratrigona eutaeniata* Camargo & Moure, 1994. *Trigona* foi o gênero mais diverso.

Veddeler et al. (2008) estudando a relação entre a comunidade de visitantes florais e a produtividade em 21 fazendas de café sombreado no Equador, observaram 29 morfoespécies de abelhas visitando as flores, destas, 19 morfoespécies de abelhas sociais foram responsáveis por 2.694 visitas, a maioria das visitas às flores, e 10 morfoespécies de abelhas solitárias fizeram 29 visitas às flores. O visitante mais frequente nas flores foi a abelha africanizada seguida pela abelha sem ferrão *Partamona peckolti* (Friese, 1901). Os autores constataram que tanto as abelhas nativas quanto as abelhas africanizadas colaboraram com 78% da frutificação.

As abelhas sociais têm sido reconhecidas como os principais polinizadores de café (VEDDELER et al., 2008; VERGARA; BADANO, 2009). Contudo, Klein, Steffan-Dewenter e Tscharrntke (2003b) ressaltaram a importância da polinização realizada pelas abelhas solitárias no café arábica, na Indonésia. Os autores avaliaram o efeito da visita de abelhas solitárias em relação a abelhas sociais, nas flores e constataram que em média as flores visitadas por abelhas solitárias resultaram em 87,3% de frutificação enquanto que a visita de abelhas sociais foi 74,7%. Além disso, o aumento da porcentagem de frutificação correlacionou-se com a diversidade de espécies de abelhas. Entre as espécies solitárias destacaram-se *Xylocopa* (*Koptorsoma*) *aestuans* (Linnaeus, 1758) e *Heriades* sp. e entre as espécies sociais, *Apis cerana* Fabricius, 1793 e *Apis dorsata binghami* (Cockerell, 1906).

No Brasil, Nogueira-Neto; Carvalho; Antunes-Filho (1959) instalaram um meliponário de 15 colmeias em frente ao cafezal e a 700m havia um apiário com 70 colmeias. Os autores observaram *A. mellifera* como sendo a espécie mais frequente nas flores de *C. arabica* var. Bourbon. Outras espécies observadas foram: *Plebeia* sp., *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836); *Tetragonisca angustula* (relatado como *Tetragona jaty*) e *M. quadrifasciata*. Nesse trabalho, o comportamento das abelhas também foi observado, as abelhas que tiveram contato simultâneo do estigma com as anteras foram *A. mellifera* e *M. quadrifasciata*, apesar desta última não ter sido tão frequente.

Malerbo-Souza e Halak (2012) verificaram a importância da polinização por abelhas no aumento da produtividade em três áreas no Estado de São Paulo. Os autores observaram que os ramos livres às visitas apresentaram maior número médio de grãos (181 grãos) quando comparados com os ramos protegidos (81 grãos), constatando desta forma, uma diminuição de 55,25% na produtividade de grãos na ausência de insetos. O peso médio dos grãos provenientes dos ramos livres às visitas foi significativamente maior (1,13 g) que dos protegidos (0,94 g). Os insetos mais frequentes nas flores foram *A. mellifera* (73,7%), seguida de *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (14,5%) e *Tetragonisca angustula* (9,5%).

Em estudo realizado em uma das mais importantes regiões produtoras de café do Brasil, Saturni, Jaffé e Metzger (2016) verificaram que a espécie mais abundante foi *A. mellifera*, seguida de *Trigona spinipes*; *Trigona hyalinata* (Lepeletier, 1836); *Paratrigona subnuda* Moure, 1947 e *Tetragonisca angustula* em nove paisagens de plantações de café a pleno sol cercadas por diferentes quantidades de remanescentes de Mata Atlântica. De Marco Jr e Coelho (2004) comparando monocultura convencional com remanescentes florestais preservados nas proximidades com monocultura isolada de qualquer tipo de remanescente florestal, constataram que as monoculturas próximas aos remanescentes florestais apresentaram aumento de 14,6% na produtividade de grãos. Os autores atribuíram esses resultados aos serviços de polinização realizado pelas abelhas.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Recursos florais. In: RECH, A. R. et al. **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Ed. Projeto Cultural, 2014. chap. 6, p. 129-150.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 295-307, jun. 2016.
- ANTUNES, O. T. et al. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 94-99, mar. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Indicadores da indústria do café no Brasil**. 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2018/> Acesso em: 09 maio 2019.
- BADILLA, F.; RAMÍREZ, B. W. Polinización de café por *Apis mellifera* L. y otros insectos en Costa Rica. **Turrialba**, Turrialba, v. 41, n. 3, p. 285-288, sept. 1991.
- BISPO DOS SANTOS, S. A. et al. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 2, p. 751-757, June 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>. Acesso em: 08 maio 2019.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n.1, p. 65-68, 2001.
- CARVALHO, A.; KRUG, C. A. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1-4, p. 11-24, 1949.
- CARVALHO, A. et al. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.
- CASTRO, M. S. et al. Stingless Bees. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; DE JONG, D. **Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting the best practices**. Ribeirão Preto: Ed. Holos, 2006. p. 75-88.
- CEPEDA-VALENCIA, J.; GÓMEZ, D. P.; NICHOLLS, C. La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 40, n. 2, p. 241-250, dic. 2014.
- CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café Arábica: do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. chap. 1, p. 21-86.

CHIARI, W. C. et al. Polinização por *Apis mellifera* em soja em soja transgênica [*Glycine max* (L.) Merrill] Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 267-271, jun. 2008.

CHIARI, W. C. et al. Pollination of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) by Honeybees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, Jan. 2005.

CHITTKA, L. et al. Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision. In: CHITTKA, L.; THOMSON, J. D. **Cognitive ecology of pollination: animal behavior and floral evolution**. New York: Cambridge University Press, 2001. chap. 6, p. 106-126.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira de café - quarto levantamento - safra 2018**, v. 5, n. 4. Brasília, dez. 2018. 84 p.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal dezembro/2018**. Brasília, 2018. 22 p.

CORBET, S. A.; WILLIAMS, I. H.; OSBORNE, J. L. Bees and pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, Buckinghamshire, v. 72, n. 2, p. 47-59, 1991.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, p. 253-260, May 1997.

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop Pollination by Bees**. New York: CABI Publishing, 2000. 352 p.

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

DE MARCO JR, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 13, n. 7, p. 1245-1255, June 2004.

DIAS, B. S. F.; RAW, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **International pollinators initiative: The São Paulo declaration on pollinators: report on the recommendations of the workshop on the conservation and sustainable use of pollinators in agriculture with emphasis on bees**. Brasília: Brazilian Ministry of the Environment, 1999. 79 p.

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

FREITAS, L. Concepts of pollinator performance: is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology? **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 3-8, Mar. 2013.

- FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2012. chap. 4, p. 103-118.
- FREITAS, B. M.; OLIVEIRA-FILHO, J. H. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1135-1139, dez. 2003.
- GAGLIANONE, M. C. et al. Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 152-164, mar. 2010.
- GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 68, n. 3, p. 810-821, Jan. 2009.
- GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, New York, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, Mar. 2013.
- GIANNINI, T. C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, Paris, v. 46, n. 2, p. 209-223, Mar. 2015a.
- GIANNINI, T. C. et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 108, n. 3, p. 849-857, June 2015b.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.; SARAIVA, A. M.; GONÇALVES, L. A Iniciativa Brasileira de Polinizadores e os avanços para a compreensão do papel dos polinizadores como produtores de serviços ambientais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 100-106, nov. 2007.
- IPBES INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, 2016. 552 p.
- JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, Paris, v. 48, n. 2, p. 131-140, Mar. 2017.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Hoboken, v. 90, n. 1, p. 153-157, Jan. 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 of London B**, London, v. 270, n. 1518, p. 955-961, Mar. 2003b.

- KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 274, n. 1608, p. 303-313, Oct. 2007.
- KRUG, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, Londrina, n. 37, n. 3, p. 265-278, jun. 2008.
- 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, maio 2012.
- MALERBO-SOUZA; D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A.; SOUZA, J. C. 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, jan. 2003.
- MANRIQUE, A. J.; THIMANN, R. E. Coffee (*Coffea arabica*) pollination with africanized honeybees in Venezuela. **Interciencia**, Caracas, v. 27, n. 8, p. 414-416, Aug. 2002.
- McGREGOR, S. E. **Insect Pollination of Cultivated Crop Plants**. Washington: U.S. Dept. of Agriculture, 1976. 411 p.
- MICHENER, C. D. **The bees of the world**. Baltimore: J. Hopkins University Press. 2007. 953 p.
- NOGUEIRA-NETO, P.; CARVALHO, A.; ANTUNES-FILHO, H. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. **Bragantia**, Campinas, v. 18, n. 29, p. 441-468, dez. 1959.
- NUNES-SILVA. P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 140-151, mar. 2010.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Hoboken, v. 120, n. 3, p. 321-326, Feb. 2011.
- PIRES, V. C. et al. Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, Toronto, v.13, n.16, p.151-160, Apr. 2014.
- RADER, R. et al. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. Washington, v. 113, n. 1, p. 146-151, Jan. 2016.
- RENA, A. B.; BARROS, R. S. Aspectos críticos no estudo da floração do café. In: ZAMBOLIM, L. **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. chap. 5, p. 149-172.
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 18, n. 5, p. 1262-1271, Oct. 2004.

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

ROSA, A. S.; BLOCHTEIN, B.; LIMA, D. K. Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 255-259, Apr. 2011.

ROUBIK, D. W. Feral african bees augment neotropical coffee yield. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministry of Environment, 2002b. p. 255-266.

ROUBIK, D. W. The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, London, v. 417, n. 6890, p. 708, June. 2002a.

SANTOS, C. F.; ABSY, M. L. Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): interações com abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) e nicho trófico. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 854-861, dez. 2010.

SATURNI, F. T.; JAFFÉ, R.; METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 235, n. 1, p. 1-12, Nov. 2016.

SIQUEIRA, K. M. M. et al. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na Região do Vale do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 1-12, mar. 2009.

SLAA, E. J. et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, Paris, v. 37, n. 2, p. 293-315, Apr. 2006.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, mar. 2005.

SOUSA, R. M. et al. Densidade de colméias com abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para polinização da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) no estado do Ceará - Brasil. **Acta Apícola Brasileira**, Pombal, v. 1, n. 1, p. 9-12, dez. 2013.

TOLEDO, V. A. A. et al. Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 4, p. 236-246, dez. 2013.

THOMAZIELLO, R. A. et al. Café arábica: cultura e técnicas de produção. **Boletim Técnico Instituto Agrônomo**, Campinas, v. 187, p. 1-82, 2000.

VARASSIN; I. G.; AMARAL-NETO, L. P. Atrativos. In: RECH, A. R. et al. **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Ed. Projeto Cultural, 2014. chap. 7, p. 151-168.

- VEDDELER, D. et al. The contribution of non-managed social bees to coffee production: new economic insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 73, n. 2, p. 109-114, Mar. 2008.
- VERGARA, C. H.; BADANO, E. I. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: the importance of rustic management systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 129, n. 1-3, p. 117-123, Jan. 2009.
- VIANA, B. F. et al. Stingless bees further improve apple pollination and production. **Journal of Pollination Ecology**, Toronto, v. 14, n. 25, p. 261-269, Oct. 2014.
- VON FRISCH, K. **Bees: their vision, chemical senses, and language**. Ithaca: Cornell University Press, 1971. 176 p.
- 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, jan. 2012.

CAPÍTULO 2 LEVANTAMENTO DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM CULTIVO DE *Coffea arabica* LINNAEUS, 1753

RESUMO

As iniciativas de monitoramento e conservação dos polinizadores exigem a padronização de técnicas de amostragem que permitam o entendimento de mudanças na riqueza e na abundância desses polinizadores ao longo do tempo. A armadilha colorida é uma técnica simples para a coleta de visitantes florais, mas ainda há discussão sobre a cor mais indicada a ser utilizada em diferentes ecossistemas. Assim, objetivou-se com este trabalho coletar os espécimes de Apoidea utilizando armadilhas *pan trap* nas cores branca, azul, amarela e vermelha e identificar a cor (s) mais eficiente para a atração de abelhas em geral e de abelhas visitantes florais e polinizadoras do cafeeiro. A amostragem foi feita em três áreas de cafeeiro durante dezoito meses. As armadilhas branca, azul e amarela coletaram maiores riqueza e abundância de espécies de abelhas, quando comparadas com a armadilha de cor vermelha. A maior diversidade foi observada na armadilha de cor azul e as demais cores apresentaram diversidade semelhante. As armadilhas brancas e azuis foram as cores mais amplamente selecionadas pelas espécies visitantes florais e polinizadoras do cafeeiro. Os resultados mostraram que a utilização de armadilhas de cores branca, azul, amarela e vermelha foram complementares para a amostragem da comunidade de abelhas na área estudada.

Palavras-chave: Apoidea. *Coffea arabica*. Inventário.

**CHAPTER 2 BEE INVENTORY (HYMENOPTERA, APOIDEA) IN *Coffea arabica*
LINNAEUS, 1753 CULTIVATION**

ABSTRACT

Pollinator monitoring and conservation initiatives require sampling techniques standardization that allows the understanding of changes in pollinator richness and abundance over time. Color trap is a simple technique for collecting floral visitors, but there is still discussion about which color is the most suitable to different ecosystems. Thus, in this work, we aimed to collect Apoidea specimens using pan traps in white, blue, yellow, and red identifying the most efficient color(s) for attracting general bees, floral visitors, and coffee pollinator bees. Sampling was done in three coffee areas for eighteen months. The white, blue, and yellow traps collected greater richness and abundance of bee species when compared to red trap. The highest diversity was observed in the blue trap and other colors presented similar diversity. White and blue traps were the most widely selected colors by floral visitors and coffee pollinator species. Our results demonstrate that white, blue, yellow, and red traps were complementary for bee community sampling in the studied area.

Keywords: Apoidea. *Coffea arabica*. Inventory.

1 INTRODUÇÃO

As abelhas são os mais importantes polinizadores de plantas nativas e cultivadas (CORBET; WILLIAMS; OSBORNE, 1991; FREE, 1970). Das 75 culturas de interesse econômico estudadas no Brasil, 87% dos seus polinizadores são abelhas (GIANNINI et al., 2015a). A contribuição econômica anual dos polinizadores para 44 das 85 culturas brasileiras, dependentes de polinização é de cerca de US\$ 12 bilhões, o que corresponde a aproximadamente 27% do valor da produção agrícola anual, para essas mesmas culturas (US\$ 45 bilhões) (GIANNINI et al., 2015b).

Enquanto a importância da polinização agrícola vem se tornando cada vez mais evidente, o declínio a nível mundial desses insetos, na última década, tem causado preocupações por parte dos pesquisadores. O monitoramento representa o primeiro passo para decisões de gestão e conservação. Nesse sentido a Iniciativa Internacional de Polinizadores exige a necessidade de padronização de técnicas de amostragem (GARIBALDI et al. 2013) permitindo dessa forma, comparações futuras entre os estudos, auxiliando a estimativa de mudanças na abundância e diversidade dos polinizadores.

A armadilha do tipo *pan trap* ganhou recentemente maior atenção como técnica de amostragem da comunidade de polinizadores (CAMPBELL; HANULA, 2007; GOLLAN; ASHCROFT; BATLEY, 2011; KRUG; ALVES-DOS-SANTOS, 2008; MOREIRA et al., 2016; SOUZA; CAMPOS, 2008; TOLER; EVANS; TEPEDINO, 2005). De acordo com Grundel et al. (2011), as armadilhas de *pan trap* e a rede entomológica são técnicas complementares úteis para amostragem de abelhas. Esse método é baseado na suposição de que a cor é um atrativo para as abelhas e são utilizadas mais comumente nas cores branca, azul e amarela (TOLER; EVANS; TEPEDINO, 2005; WANG et al., 2017). É uma técnica facilmente disponível, não sofre a influência da habilidade do coletor, além de ser de baixo custo e facilmente replicado para amostragem de várias áreas simultaneamente (SAUNDERS; LUCK, 2013; KRUG; ALVES-DOS-SANTOS, 2008). Para Wilson, Griswold e Messinge (2008) as armadilhas tem uma aplicação promissora em áreas com poucas flores disponíveis, onde a coleta de abelhas visitantes se torna difícil. O uso das armadilhas é considerado uma técnica eficaz na captura de um amplo espectro de visitantes florais (ROULSTON; SMITH; BREWSTER, 2007; WESTPHAL et al., 2008), contudo, a atratividade das cores pode variar entre diferentes habitats e contextos (MOREIRA et al., 2016; SAUNDERS; LUCK, 2013).

As abelhas têm um importante papel na polinização do cafeeiro (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; NOGUEIRA-NETO; CARVALHO; ANTUNES-FILHO, 1959) e a

contribuição econômica anual dos polinizadores para essa cultura é de aproximadamente US\$ 2 bilhões (GIANNINI et al., 2015b). No Brasil, maior produtor mundial de café com aproximadamente dois milhões de hectares plantados e produção 61,7 milhões de sacas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018), a cafeicultura gera cerca de US\$ 6 bilhões por ano de receita. O estado de Minas Gerais é o maior produtor no território nacional, responsável por aproximadamente 53% dessa produção. Adicionalmente, existe uma crescente discussão sobre a presença das abelhas em ambiente cafeeiro.

Assim, objetivou-se com este trabalho, coletar os espécimes de *Apoidea* utilizando armadilhas *pan trap* nas cores branca, azul, amarela e vermelha e identificar a cor (s) mais eficiente para a atração de abelhas em geral e de abelhas visitantes florais e polinizadoras do cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

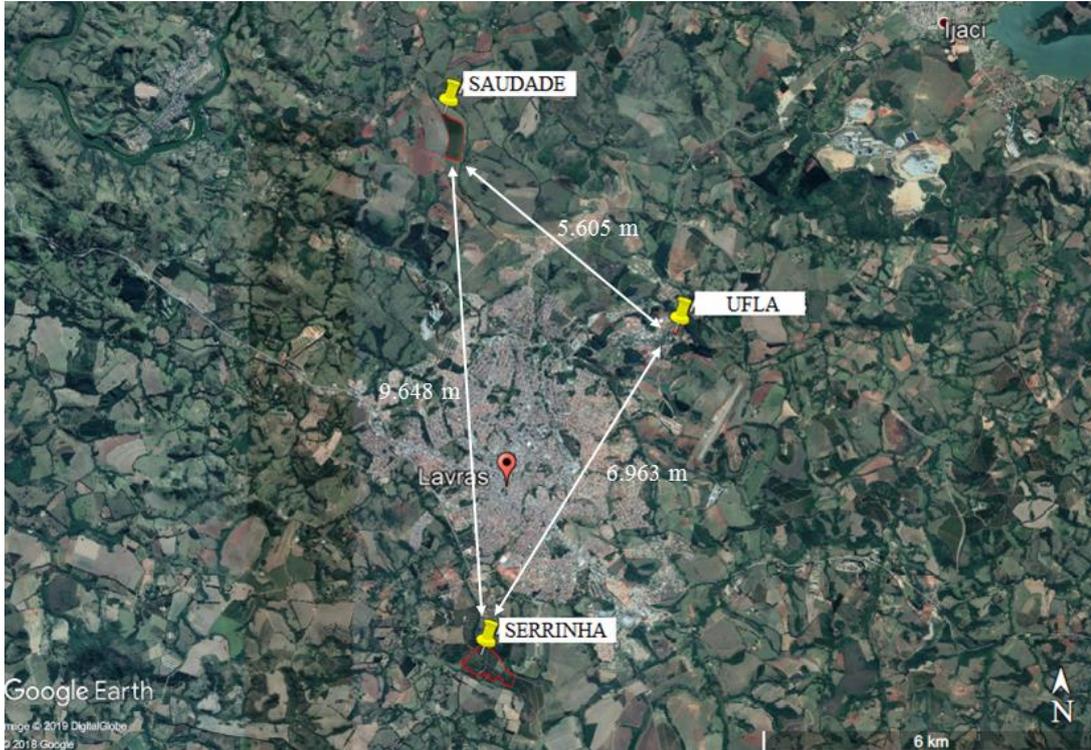
2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Lavras, localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. A região se encontra sob a influência transitória entre o bioma Cerrado para a Mata Atlântica. O clima da região é temperado de altitude ou subtropical, caracterizado por verões quentes e chuvosos (outubro a março) e invernos secos e frios (abril a setembro) (clima Cwb-mesotérmico de Köppen). A temperatura média anual é de 20,4 °C, variando de 17,1 °C em julho a 22,8 °C em fevereiro; a precipitação pluviométrica média anual é de 1460 mm e 918 m de altitude (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

2.2 Amostragem

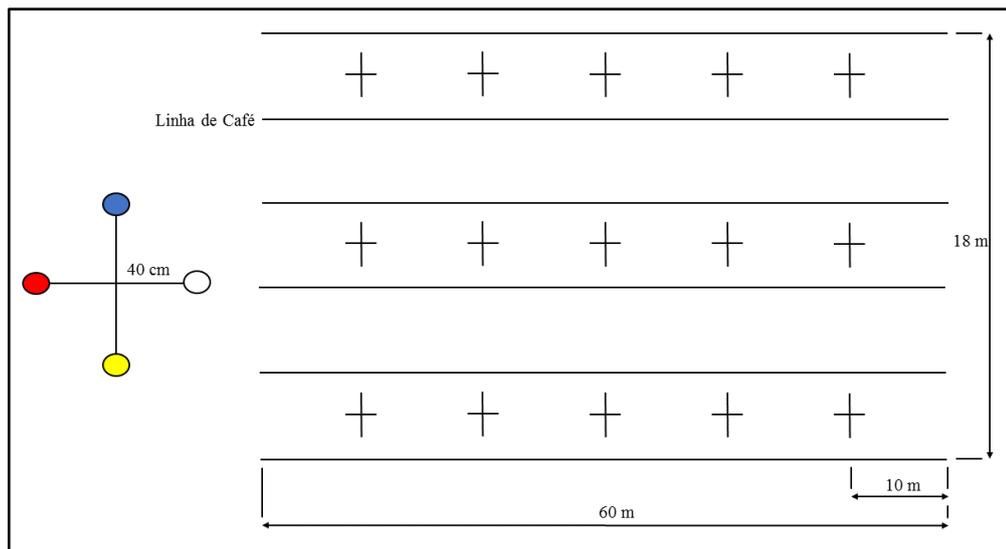
Em cada uma das três áreas de *Coffea arabica* Linnaeus, 1753, (i) “Campus da UFLA”; (ii) “Saudade” e (iii) “Serrinha” (FIGURA 1), instalou-se em 15 pontos fixos, um conjunto de quatro armadilhas do tipo *pan trap* nas cores branca, azul, amarela e vermelha, de forma aleatória (FIGURA 2). As armadilhas com capacidade para 1000 ml foram abastecidas (300 ml) com uma solução contendo água e algumas gotas de detergente neutro, permanecendo no campo por 96 horas. Estas foram instaladas a 80 cm acima do solo usando um suporte de aço (FIGURA 2).

Figura 1 - Localização das áreas experimentais. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.



Fonte: Google Earth adaptado pela autora (2019)

Figura 2 - Desenho esquemático da posição das armadilhas em *C. arabica*. Lavras, MG. Detalhe do suporte com a disposição dos *pan trap* nas cores azul, branco, amarelo e vermelho.



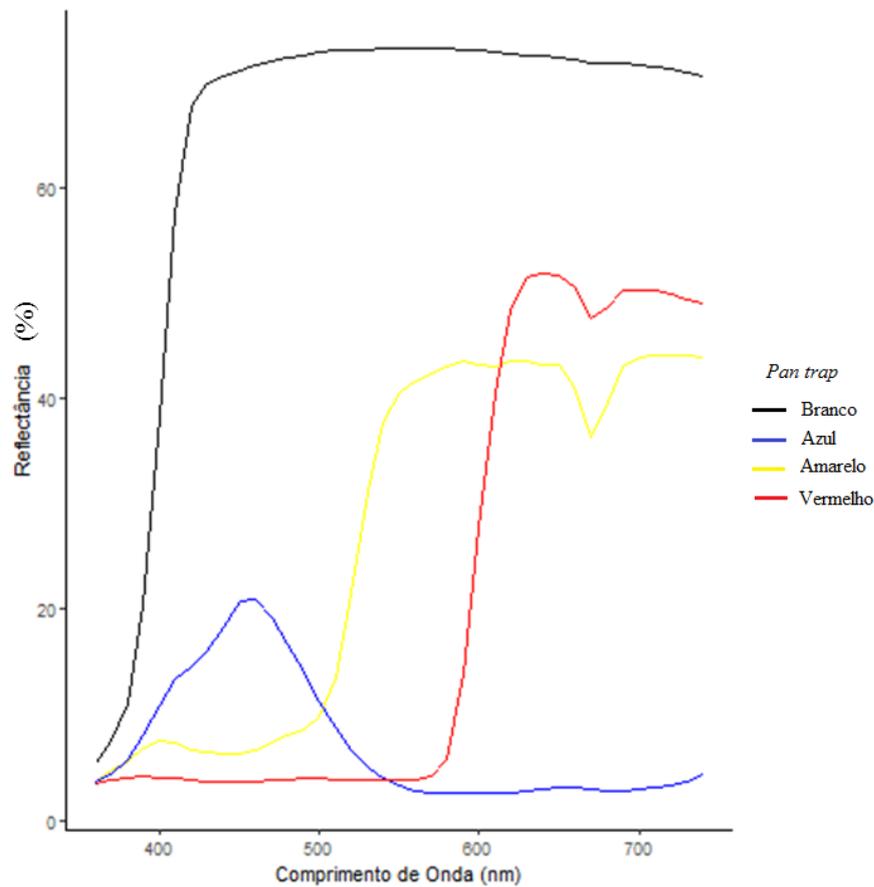
Fonte: Da autora (2019).

As propriedades colorimétricas das cores dos *pan trap*, segundo o sistema RGB foram estimadas em colorímetro Nix Color Sensor® utilizando o iluminante D65, ângulo do

observador de 10°. Para a refletância espectral, utilizou-se o Spectrophotometer CM-5 - Konica Minolta® (FIGURA 3), sendo:

- a) branco (R:226 G:230 B:228);
- b) azul (R:17 G:57 B:126);
- c) amarelo (R:192 G:159 B:43);
- d) vermelho (R:175 G:37 B:38).

Figura 3 - Gráfico de reflectância das cores dos *pan trap* utilizados na coleta de abelhas em *C. arabica*. A varredura do espectro corresponde a faixa de luz visível ao olho humano (370 a 750 nm).



Fonte: Da autora (2019)

As três lavouras foram conduzidas de forma convencional, ou seja, monocultivo a pleno sol, com a utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos para o controle de pragas e doenças. Detalhes sobre cada área estão descritas na Tabela 1. O controle total de plantas espontâneas foi feito por meio de roçadoras e herbicidas.

As amostras foram coletadas a cada dez dias entre abril de 2017 e outubro de 2018. As horas totais de amostragem somam 5088 horas.

No Laboratório de Estudos em Abelhas do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, os espécimes foram triados e, posteriormente montados em alfinetes entomológicos. Os espécimes foram identificados pelo Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior (Universidade Federal de Minas Gerais) utilizando chaves taxonômicas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002) e por comparação. Os espécimes encontram-se depositados na coleção entomológica do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, Brasil (DEN-UFLA) e na coleção entomológica do Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (CCT-UFMG).

Tabela 1 - Informações agronômicas a respeito das três áreas de cultivo que foram utilizadas neste experimento. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.

	UFLA	Saudade	Serrinha
Coordenadas geográficas	21°22' – 21°61'S, 045°25' – 045°97' W	21°19' – 21°10' S, 045°16' – 045°99' W	21°27' – 21°84' S, 045°10' – 045°57' W
Altitude (m)	699	749	726
Área (ha)	0,25	19	11,8
Plantio	nov/10	nov/07	nov/07
Espaçamento	2,6 x 0,6	3,6 x 0,6	3,5 x 0,6
Cultivar	Siriema (amarelo)	Catuaí 99 (vermelho)	Catuaí 62 (amarelo)

Fonte: Da autora (2019).

2.3 Análises estatísticas

Foram determinados o índice de riqueza de espécies e o índice de abundância segundo Lamshead, Platt e Shaw (1983); o índice de diversidade H' , segundo Shannon e Weaver (1949); a similaridade, calculada pela análise de Cluster, segundo Pielou (1984), utilizando o coeficiente de Bray-Curtis; a análise não métrica multidimensional (*nonmetric multidimensional scaling* - NMDS), segundo Hammer, Harper e Rian (2001), utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e a análise de variância de similaridades Anosim, segundo Clarke (1993), utilizando o programa Past® (HAMMER; HARPER; RIAN, 2001). Foi feita a curva de acumulação de indivíduos; e a curva de rarefação utilizando o estimador de riqueza Bootstrap (GOTELLI; COLWELL, 2001) utilizando o programa EstimateS® (COLWELL, 2005). Os índices de abundância, riqueza e de diversidade H' foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias e posteriormente comparados pelo teste de Tukey ou Kruskal-

Wallis com valores de probabilidade menores que 5% ($p < 0,05$), utilizando o programa Statistica® (STATSOFT, 2004). O diagrama de Venn-Euler foi feito utilizando o programa R Studio (RSTUDIO TEAM, 2019).

3 RESULTADOS

3.1 Abundância, riqueza e diversidade

Foram coletados 6.610 espécimes pertencentes a cinco famílias, oito subfamílias, 62 gêneros e 174 espécies. Apidae apresentou maior abundância, 85% dos espécimes capturados e maior riqueza, 109 espécies. Essa alta abundância de Apidae deve-se à presença de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, que sozinha correspondeu a aproximadamente 50% de todos os espécimes coletados. Mesmo excluindo-se os indivíduos de *A. mellifera* dessa contabilidade, Apidae continua sendo a família mais abundante com 35% dos espécimes. Entre os gêneros, destacam-se: *Augochlora* Smith, 1853 com 19 espécies; *Ceratina* Latreille, 1802 com 12 espécies; *Dialictus* Robertson, 1902 com 11 espécies e *Exomalopsis* Spinola, 1853 e *Centris* Fabricius, 1804 com 10 espécies, cada. *Apis mellifera* foi a espécie mais abundante com 3.303 espécimes coletados, seguida por *Paratrigona subnuda* Moure, 1947 com 557 espécimes, *Gaesischia* sp. com 391, *Oxaea flavescens* Klug, 1807 com 384 e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Melitoma segmentaria* (Fabricius, 1804) e *Dialictus* sp. 03 com 161, 146 e 140 espécimes, respectivamente (TABELA 2).

O número de espécies coletadas em cada uma das cores de armadilha, estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continua)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
Apidae										
Apinae										
<i>Apis mellifera</i>	2365	68,0	754	29,0	165	39,9	19	16,2	3303	50,0
<i>Paratrigona subnuda</i>	369	10,6	111	4,3	52	12,6	25	21,4	557	8,4
<i>Gaesischia</i> sp.	70	2,0	318	12,2	3	0,7	-	-	391	5,9
<i>Trigona spinipes</i>	48	1,4	96	3,7	8	1,9	9	7,7	161	2,4
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i>	43	1,2	39	1,5	21	5,1	1	0,9	104	1,6
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>	26	0,7	54	2,1	6	1,4	-	-	86	1,3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata</i>	22	0,6	50	1,9	2	0,5	-	-	74	1,1
<i>Geotrigona subterranea</i>	21	0,6	8	0,3	19	4,6	1	0,9	49	0,7
<i>Centris (Aphemisia) mocsaryi</i>	15	0,4	32	1,2	1	0,2	3	2,6	51	0,8
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	11	0,3	3	0,1	3	0,7	1	0,9	18	0,3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fernandoi</i>	11	0,3	9	0,3	-	-	-	-	20	0,3
<i>Bombus pauloensis</i>	10	0,3	78	3,0	5	1,2	-	-	93	1,4
<i>Tetragonisca angustula</i>	10	0,3	4	0,2	5	1,2	8	6,8	27	0,4
<i>Melipona (Melikerria) quinquefasciata</i>	10	0,3	1	-	3	0,7	-	-	14	0,2
<i>Melissoptila cnecomala</i>	10	0,3	8	0,3	1	0,2	-	-	19	0,3
<i>Trigona hyalinata</i>	9	0,3	3	0,1	3	0,7	2	1,7	17	0,3
<i>Bombus morio</i>	8	0,2	55	2,1	-	-	-	-	63	1,0
<i>Centris (Hemisiella) trigonoides</i>	8	0,2	11	0,4	-	-	2	1,7	21	0,3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) minor</i>	7	0,2	4	0,2	2	0,5	-	-	13	0,2
<i>Melitoma segmentaria</i>	7	0,2	139	5,3	-	-	-	-	146	2,2
<i>Ptilothrix fructifera</i>	7	0,2	15	0,6	-	-	-	-	22	0,3

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
<i>Tapinotaspoides serraticornis</i>	7	0,2	4	0,2	-	-	-	-	11	0,2
<i>Trigona fuscipennis</i>	6	0,2	7	0,3	-	-	1	0,9	14	0,2
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i>	4	0,1	19	0,7	-	-	-	-	23	0,3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) tomentosa</i>	4	0,1	1	-	-	-	-	-	5	0,1
<i>Plebeia droryana</i>	3	0,1	1	-	3	0,7	2	1,7	9	0,1
<i>Ancyloscelis romeroi</i>	3	0,1	1	-	-	-	-	-	4	0,1
<i>Cephalotrigona capitata</i>	3	0,1	3	0,1	-	-	-	-	6	0,1
<i>Melipona (Melipona) quadrifasciata anthidioides</i>	3	0,1	-	-	-	-	-	-	3	0,0
<i>Plebeia phrynostoma</i>	3	0,1	-	-	-	-	1	0,9	4	0,1
<i>Thygater (Thygater) analis</i>	2	0,1	49	1,9	1	0,2	-	-	52	0,8
<i>Centris (Trachina) rupestris</i>	2	0,1	3	0,1	-	-	-	-	5	0,1
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) subtilis</i>	2	0,1	4	0,2	-	-	-	-	6	0,1
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) sp.</i>	2	0,1	2	0,1	-	-	-	-	4	0,1
<i>Oxytrigona tataira</i>	2	0,1	1	-	-	-	-	-	3	0,0
<i>Paratetrapedia connexa</i>	2	0,1	3	0,1	-	-	-	-	5	0,1
<i>Trigonopedia sp.</i>	2	0,1	-	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) ypirangensis</i>	1	-	2	0,1	1	0,2	-	-	4	0,1
<i>Plebeia lucii</i>	1	-	-	-	1	0,2	3	2,6	5	0,1
<i>Centris (Trachina) dentata</i>	1	-	3	0,1	-	-	-	-	4	0,1
<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i>	1	-	3	0,1	-	-	-	-	4	0,1
<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i>	1	-	5	0,2	-	-	-	-	6	0,1
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) collaris</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
<i>Leiopodus abnormis</i>	1	-	3	0,1	-	-	-	-	4	0,1
<i>Megascirtetica mephistophelica</i>	1	-	5	0,2	-	-	-	-	6	0,1
<i>Mesoplia sp.01</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Mesoplia sp.02</i>	1	-	2	0,1	-	-	-	-	3	0,0
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Paratetrapedia flaveola</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Partamona ailyae</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Partamona cupira</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Tetragona clavipes</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Tetrapedia sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Xanthopedia sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Friesella schrottkyi</i>	-	-	3	0,1	2	0,5	1	0,9	6	0,1
<i>Ancyloscelis apiformis</i>	-	-	-	-	1	0,2	-	-	1	0,0
<i>Acanthopus excellens</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Ancyloscelis armatitarsis</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Centris (Centris) aenea</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Centris (Centris) varia</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Centris (Hemisiella) vittata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Centris (Heterocentris) analis</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Centris (Melacentris) collaris</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i>	-	-	5	0,2	-	-	-	-	5	0,1
<i>Ctenioschelus goryi</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
<i>Cyphomelissa diabólica</i>	-	-	2	0,1	-	-	1	-	3	0,0
<i>Diadasina</i> sp.01	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Diadasina</i> sp.02	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Epicharis (Anepicharis) dejeanii</i>	-	-	1	-	-	-	1	0,9	2	0,0
<i>Epicharis (Epicharana) flava</i>	-	-	5	0,2	-	-	-	-	5	0,1
<i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i>	-	-	6	0,2	-	-	-	-	6	0,1
<i>Epicharis (Epicharoides) binotata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Epicharis (Epicharoides) picta</i>	-	-	3	0,1	-	-	-	-	3	0,0
<i>Epicharis (Hoplepicharis) fasciata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Epicharis (Parepicharis) zonata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i>	-	-	5	0,2	-	-	1	0,9	6	0,1
<i>Euglossa (Euglossa) sp.</i>	-	-	15	0,6	-	-	-	-	15	0,2
<i>Exaerete smaragdina</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Leiopodus lacertinus</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Melitoma</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Mesocheira bicolor</i>	-	-	5	0,2	-	-	-	-	5	0,1
<i>Mesoplia</i> sp.03	-	-	3	0,1	-	-	-	-	3	0,0
<i>Micronychapis duckei</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Paratetrapedia lugubris</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Paratetrapedia punctata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Paratetrapedia volatilis</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Paratetrapedia</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Partamona helleri</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
<i>Peponapis fervens</i>	-	-	57	2,2	-	-	-	-	57	0,9
<i>Rhathymus</i> sp.	-	-	7	0,3	-	-	2	1,7	9	0,1
<i>Scaptotrigona tubiba</i>	-	-	3	0,1	-	-	-	-	3	0,0
Total	3.155	90,8	2.065	79,3	308	74,4	84	71,8	5612	84,9
Riqueza	55		80		22		19			
Xylocopinae										
<i>Ceratina (Crewella) sp.07</i>	4	0,1	6	0,2	-	-	-	-	10	0,2
<i>Ceratina (Crewella) sp.05</i>	2	0,1	4	0,2	1	0,2	-	-	7	0,1
<i>Ceratina (Crewella) sp.04</i>	2	0,1	2	0,1	-	-	-	-	4	0,1
<i>Ceratina (Ceratinula) sp.01</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Ceratina (Ceratinula) sp.02</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Ceratina (Ceratinula) sp.03</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Ceratina (Crewella) sp.06</i>	1	-	1	-	-	-	1	0,9	3	0,0
<i>Ceratina (Crewella) sp.09</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i>	1	-	7	0,3	-	-	-	-	8	0,1
<i>Ceratina (Crewella) sp.03</i>	-	-	1	-	1	0,2	-	-	2	0,0
<i>Ceratina (Crewella) sp.01</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Ceratina (Crewella) sp.02</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Ceratina (Crewella) sp.08</i>	-	-	-	-	-	-	1	0,9	1	0,0
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i>	-	-	1	-	-	-	1	0,9	2	0,0
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
Total	14	0,4	28	1,1	2	0,5	3	2,6	47	0,7
Riqueza	9		12		2		3			
Nomadinae										
<i>Rhogepeolus mourei</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
Total	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
Riqueza	1		1		-		-			
Halictidae										
Halictinae										
<i>Dialictus</i> sp.03	69	2,0	54	2,1	17	4,1	-	-	140	2,1
<i>Dialictus</i> sp.10	18	0,5	7	0,3	2	0,5	-	-	27	0,4
<i>Dialictus</i> sp.01	17	0,5	11	0,4	1	0,2	-	-	29	0,4
<i>Dialictus</i> sp.07	17	0,5	8	0,3	1	0,2	1	0,9	27	0,4
<i>Dialictus</i> sp.05	13	0,4	13	0,5	1	0,2	-	-	27	0,4
<i>Dialictus</i> sp.02	8	0,2	9	0,3	1	0,2	-	-	18	0,3
<i>Dialictus</i> sp.11	6	0,2	2	0,1	-	-	-	-	8	0,1
<i>Agapostemon (Notagapostemon) semimelleus</i>	5	0,1	5	0,2	2	0,5	1	0,9	13	0,2
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.06</i>	5	0,1	-	-	2	0,5	-	-	7	0,1
<i>Augochloropsis</i> sp.	5	0,1	2	0,1	1	0,2	-	-	8	0,1
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.04</i>	4	0,1	1	-	3	0,7	-	-	8	0,1
<i>Augochlora (Augochlora) sp.01</i>	3	0,1	8	0,3	1	0,2	-	-	12	0,2
<i>Dialictus</i> sp.06	3	0,1	1	-	-	-	-	-	4	0,1
<i>Dialictus</i> sp.08	3	0,1	5	0,2	-	-	-	-	8	0,1

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
<i>Augochlora (Augochlora) sp.03</i>	2	0,1	8	0,3	2	0,5	-	-	12	0,2
<i>Augochloropsis illustris</i>	2	0,1	1	-	2	0,5	-	-	5	0,1
<i>Caenohalictus sp.01</i>	2	0,1	2	0,1	2	0,5	-	-	6	0,1
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.09</i>	2	0,1	-	-	1	0,2	-	-	3	0,0
<i>Dialictus sp.09</i>	2	0,1	5	0,2	1	0,2	-	-	8	0,1
<i>Augochloropsis argentina</i>	2	0,1	3	0,1	-	-	-	-	5	0,1
<i>Augochloropsis prognatha</i>	2	0,1	1	-	-	-	-	-	3	0,0
<i>Augochloropsis smithiana</i>	2	0,1	7	0,3	-	-	-	-	9	0,1
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.07</i>	1	-	-	-	2	0,5	-	-	3	0,0
<i>Augochloropsis multiplex</i>	1	-	1	-	1	0,2	-	-	3	0,0
<i>Augochlora (Augochlora) sp.06</i>	1	-	8	0,3	-	-	-	-	9	0,1
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.02</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.10</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Caenohalictus sp.02</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Caenohalictus sp.03</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Neocorynura codion</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Pseudaugochlora indistincta</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Augochloropsis dirhipis</i>	-	-	-	-	2	0,5	-	-	2	0,0
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.03</i>	-	-	-	-	1	0,2	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.05</i>	-	-	-	-	1	0,2	-	-	1	0,0
<i>Dialictus sp.04</i>	-	-	-	-	1	0,2	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Augochlora) foxiana</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Augochlora) sp.02</i>	-	-	3	0,1	-	-	-	-	3	0,0

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
<i>Augochlora (Augochlora) sp.04</i>	-	-	6	0,2	-	-	-	-	6	0,1
<i>Augochlora (Augochlora) sp.05</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Augochlora) sp.07</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Augochlora) sp.08</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.01</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.08</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Augochloropsis aurifluens</i>	-	-	1	-	-	-	1	-	2	0,0
<i>Augochloropsis cleopatra</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0
<i>Pseudaugochlora erythrogaster</i>	-	-	7	0,3	-	-	-	-	7	0,1
<i>Pseudaugochlora gramínea</i>	-	-	4	0,2	-	-	-	-	4	0,1
<i>Sphecodes inornatus</i>	-	-	-	-	-	-	1	0,9	1	0,0
Total	201	5,8	196	7,5	48	11,6	4	3,4	449	6,8
Riqueza	31		38		22		4			
Andrenidae										
Oxaeinae										
<i>Oxaea flavescens</i>	63	1,8	244	9,4	51	12,3	26	22,2	384	5,8
<i>Oxaea austera</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
Total	63	1,8	245	9,4	51	12,3	26	22,2	385	5,8
Riqueza	1		2		1		1			
Panurginae										
<i>Acamptopoeum vagans</i>	15	0,4	3	0,1	1	0,2	-	-	19	0,3
<i>Rhophitulus sp.01</i>	2	0,1	-	-	1	0,2	-	-	3	0,0
<i>Rhophitulus sp.02</i>	-	-	2	0,1	-	-	-	-	2	0,0

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

(continuação)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
Total	17	0,5	5	0,2	2	0,5	-	-	24	0,4
Riqueza	2		2		2		-			
Colletidae										
Diphaglossinae										
<i>Ptiloglossa</i> sp.	12	0,3	45	1,7	1	0,2	-	-	58	0,9
<i>Ptiloglossa xanthotricha</i>	5	0,1	4	0,2	-	-	-	-	9	0,1
<i>Ptiloglossa styphalaspis</i>	2	0,1	-	-	-	-	-	-	2	0,0
Total	19	0,5	49	1,9	1	0,2	-	-	69	1,0
Riqueza	3		2		1		-			
Megachilidae										
Megachilinae										
<i>Lithurgus huberi</i>	3	0,1	6	-	-	-	-	-	9	0,1
<i>Anthidium manicatum</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Megachile (Leptorachina) laeta</i>	1	-	3	-	-	-	-	-	4	0,1
<i>Megachile (Pseudocentron) sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Megachile (Trichurochile) gracilis</i>	-	-	1	-	2	0,5	-	-	3	0,0
<i>Megachile (Melanosarus) nigripennis</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Megachile (Schrottkyapis) assumptionis</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Megachile (Acentron) sp.</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Megachile (Ptilosarus) sp.</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
Total	6	0,2	14	1	2	0,5	-	-	22	0,3
Riqueza	4		7		1		-			

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

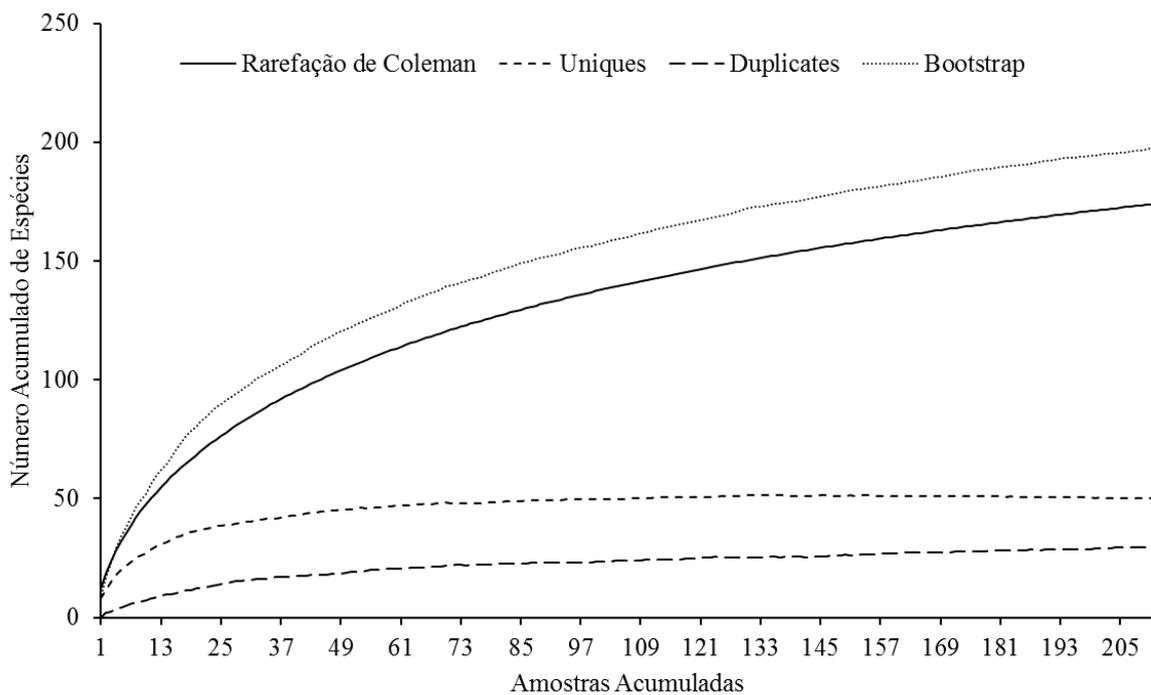
(conclusão)

Família/Subfamília/Espécie	Branca		Azul		Amarela		Vermelha		Total	
	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %	Ab.	Fr %
Abundância total	3.476	100,0	2.603	100,0	414	100,0	117	100,0	6610	100,0
Riqueza (S) total	106		144		51		27		174	
Bootstrap	124		167		61		34		197	
Shannon H'	1,634		3,052		2,411		2,475			

Fonte: Da autora (2019).

Foi coletado 88,3% da riqueza de espécies estimada (Bootstrap) para todos os dados e em todas as cores. Os resultados para a riqueza de espécies estimada apresentou pouca variação entre as cores de armadilhas, coletou-se em média 83% da riqueza estimada para cada cor (TABELA 2). A aproximação das curvas de táxons únicos (Uniques) e duplicados (Duplicates), ao final do período de coleta, demonstra que poucas espécies não foram coletadas (FIGURA 4).

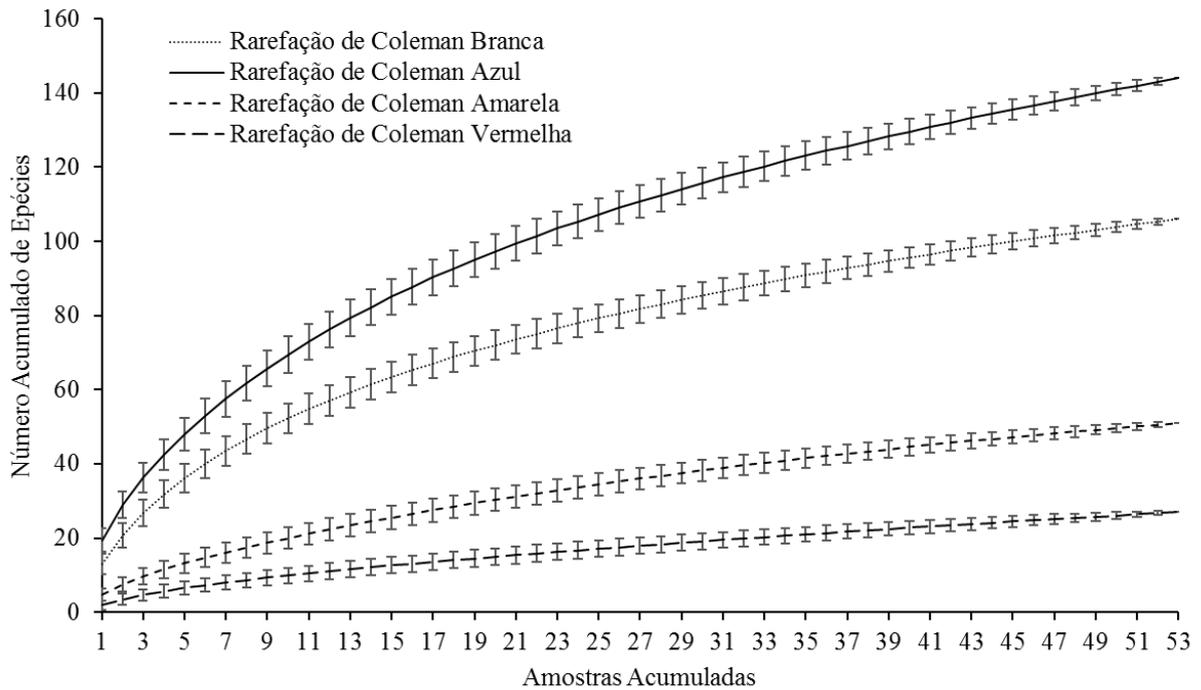
Figura 4 - Curva de Rarefação de Coleman de espécies de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.



Fonte: Da autora (2019).

As curvas de acumulação de espécies diferiram entre as cores. As curvas correspondentes às cores amarela e vermelha exibiram uma tendência de estabilização maior, se comparada as demais, que ainda se mostraram crescentes (FIGURA 5).

Figura 5 - Curvas de Rarefação de Coleman de espécies de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.



Fonte: Da autora (2019).

Com relação à abundância e à riqueza verificou-se que as armadilhas de cores branca, azul e amarela não apresentaram diferença significativa pelo teste de média de Kruskal-Wallis. Já, a armadilha de cor vermelha não diferiu da armadilha de cor amarela, contudo diferiu das armadilhas branca e azul (TABELA 3).

A maior diversidade foi observada na armadilha de cor azul, diferindo estatisticamente, pelo teste de média de Tukey, das demais cores que, apresentaram diversidade semelhante (TABELA 3).

Tabela 3 - Abundância, riqueza e índice de Shannon H' de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *Coffea arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

	Abundância ¹ <i>p</i> = 0,0008	Riqueza (S) ¹ <i>p</i> = 0,001	Diversidade (H') ² <i>p</i> = 0,00048
Branca	628,20 ± 48,66 a	44,80 ± 6,74 a	1,52 ± 0,19 b
Azul	482,60 ± 92,67 a	61,60 ± 4,81 a	2,76 ± 0,10 a
Amarela	78,80 ± 19,92 ab	18,60 ± 3,47 ab	2,07 ± 0,15 b
Vermelha	22,40 ± 5,16 b	8,60 ± 1,56 b	1,74 ± 0,20 b

Fonte: Da autora (2019).

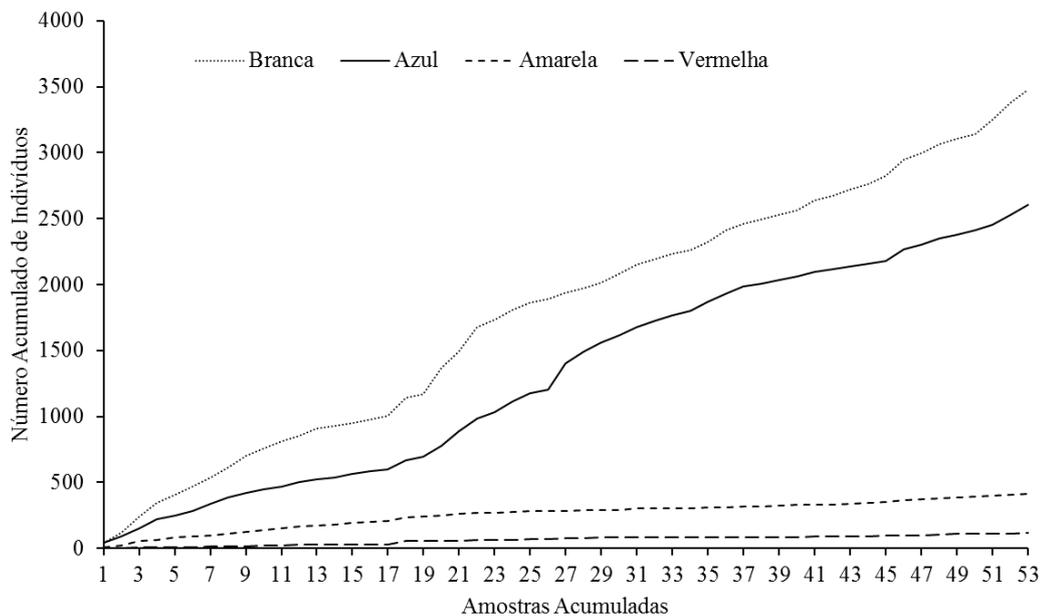
¹Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, com valor exato de *p* na tabela.

²Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, com valor exato de *p* na tabela.

3.2 Acumulação de indivíduos ao longo do tempo

A curva de indivíduos acumulados ao longo das coletas indicou que as amostragens realizadas com *pan trap* de cores amarela e vermelha foram regulares. Já para as amostragens realizadas com armadilhas de cores branca e azul apresentou acréscimo de indivíduos no início, posteriormente, decréscimo e, com o decorrer das amostragens, o acúmulo novamente (FIGURA 6).

Figura 6 - Curva de acumulação de indivíduos (Apoidea) coletadas em armadilhas *pan trap* de cores amarela, azul, branca e vermelha e *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.

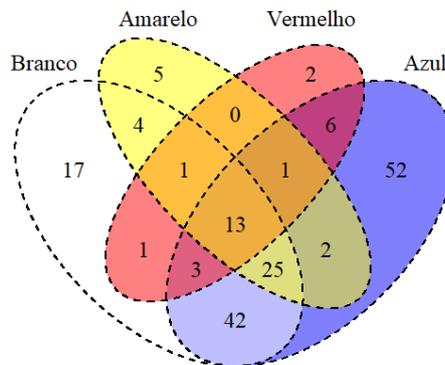


Fonte: Da autora (2019).

3.3 Complementariedade entre as cores

Das 144 espécies coletadas nas armadilhas azuis, 52 foram atraídas exclusivamente por essa cor. Das 106 espécies atraídas pela cor branca, 17 foram exclusivas e 42 espécies foram atraídas também pela cor azul; 25 espécies das 51 coletadas na amarela foram comuns à branca e à azul. Treze espécies foram comuns às quatro cores utilizadas (FIGURA 7).

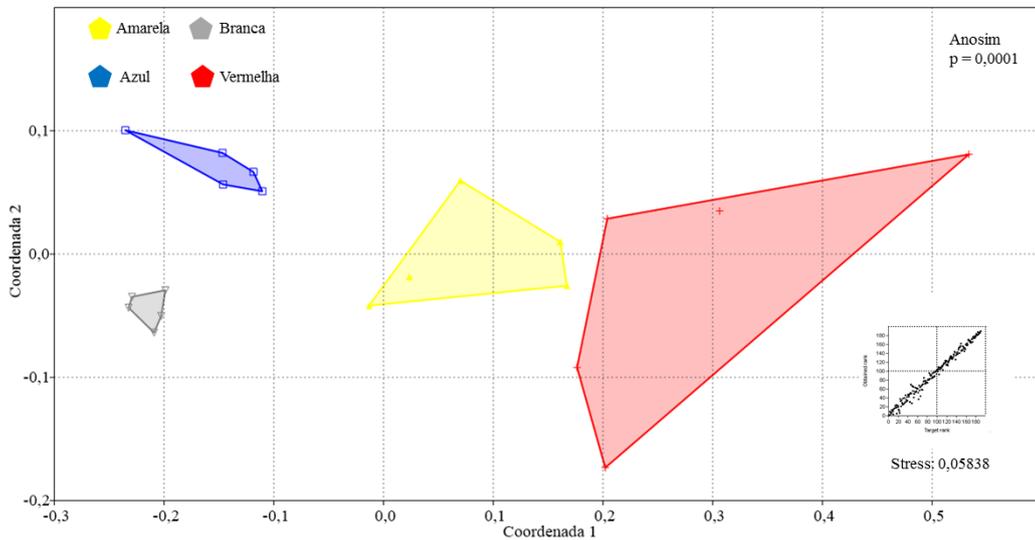
Figura 7 - Diagrama de Venn - Euler de espécies de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores branca, azul, amarela e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.



Fonte: Da autora (2019)

Houve uma complementariedade das cores da armadilha para a composição de espécies, pela ordenação por escalonamento não-métrico (NMDS). A diferença significativa na composição de espécies coletadas nas diferentes cores foi confirmada pelo teste de Anosim (FIGURA 8).

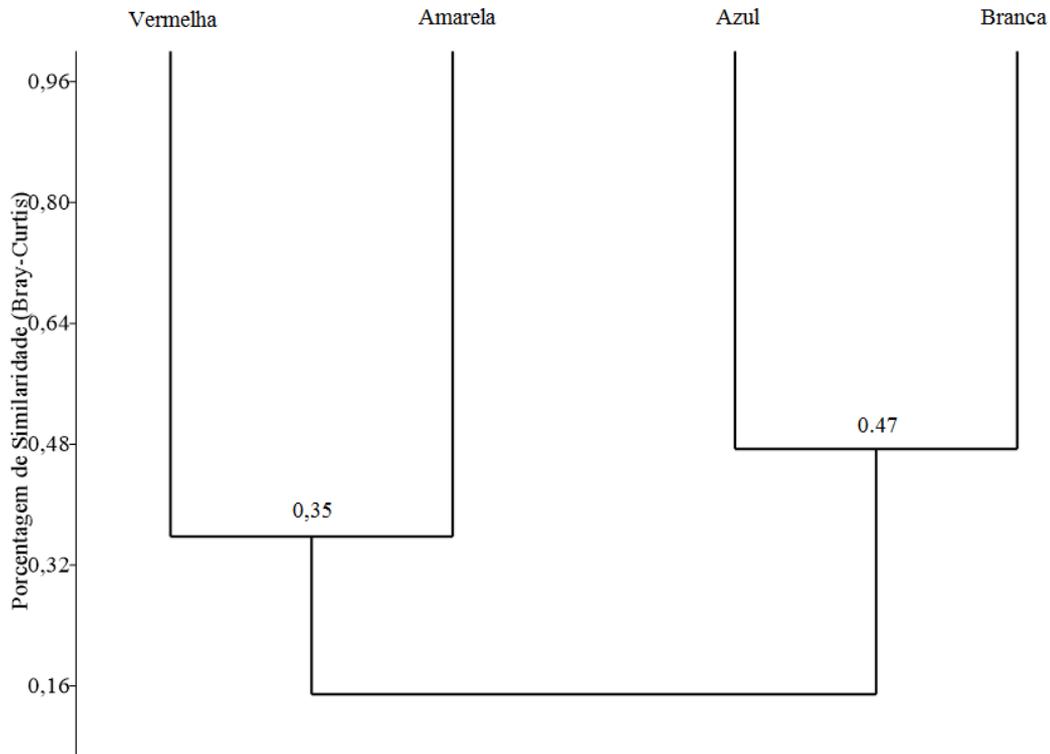
Figura 8 - Representação gráfica da ordenação por escalonamento não-métrico (NMDS) utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis baseada na composição dos táxons de abelhas coletadas em armadilhas *pan trap* de cores amarela, azul, branca e vermelha em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.



Fonte: Da autora (2019).

O mesmo padrão pode ser visto com relação à porcentagem de similaridade entre os tratamentos pela análise de Cluster que indica semelhança de 47% entre as cores branca e azul e 35% de semelhança entre as cores amarela e vermelha (FIGURA 9).

Figura 9 - Diagrama da análise de Cluster com as similaridades entre as armadilhas *pan trap* de cores amarela, azul, branca e vermelha para a abundância de espécies de abelhas em *C. arabica*. Lavras, MG. Abril de 2017 a outubro de 2018.



Fonte: Da autora (2019).

Dentre as espécies e o gênero de polinizadores, conhecidos, do cafeeiro, *A. mellifera*, *Trigona spinipes* e *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1911) foram atraídas pelas quatro cores, mas apresentaram maior abundância nas cores branca, azul e branca, respectivamente. *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 foi atraída apenas pela cor branca e, dos 13 indivíduos coletados de espécies do gênero *Xylocopa* Latreille, 1802, 11 deles foram atraídos pela cor azul.

Em relação às espécies e aos gêneros conhecidos como visitantes florais, *P. subnuda*, *Geotrigona subterranea* (Friese, 1901), *Schwarziana quadripunctata* (Lepeletier, 1836) e *Trigona hyalinata* (Lepeletier, 1836) foram atraídas pelas quatro cores, apenas *G. subterranea* apresentou maior abundância na armadilha branca, as demais espécies apresentaram maior abundância na cor azul; já *Bombus morio* (Swederus, 1787), *Cephalotrigona capitata* (Smith, 1854) e *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804) foram coletadas somente na branca e azul, sendo que *B. morio* apresentou maior abundância na azul e as demais espécies as abundâncias foram

semelhantes nas duas cores. *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836) foi coletada apenas na armadilha de cor branca.

Os gêneros *Augochlora*, *Ceratina*, *Dialictus* e *Centris* estiveram entre os cinco gêneros mais diversos. Espécimes de *Ceratina*, *Dialictus* e *Centris* foram coletados nas quatro cores de armadilhas. *Ceratina* e *Centris* apresentaram maior abundância na cor azul, seguida da cor branca. Os espécimes de *Dialictus* foram mais abundantes nas armadilhas azuis, seguida das armadilhas brancas. Os espécimes de *Augochlora* foram mais abundantes nas armadilhas azuis, seguida das armadilhas brancas. Espécimes de *Plebeia* Schwarz, 1938 e *Neocorynura* também foram mais abundantes nas cores branca e azul, sendo *Neocorynura* Schrottky, 1910 coletado somente nas armadilhas brancas e azuis.

4 DISCUSSÃO

A comunidade de abelhas foi bem representada, visto que foram coletados 88% das espécies estimadas para área e uma média de 83% das espécies estimadas para cada cor. Moreira et al., (2016) utilizando armadilhas branca, azul e amarela, em um mosaico de culturas anuais intensivas coletaram 160 morfoespécies e com resultados semelhantes ao presente estudo quanto à representatividade das famílias. Já em um fragmento de mata de Araucária, Krug e Alves-dos-Santos (2008) capturaram 72 espécies por meio de armadilhas branca, azul e amarela, sendo que Halictidae foi a família com maiores abundância e riqueza de espécies. Pinheiro-Machado et al. (2002) ao analisarem as informações disponíveis acerca dos levantamentos de abelhas com diferentes técnicas no Brasil, concluíram que os números mais altos estão entre 100 e 200 espécies. Assim, a riqueza de espécies encontrada no presente trabalho pode ser considerada alta.

A abundância, riqueza e diversidade de abelhas coletadas pelas armadilhas foi influenciada pela cor. A maior diversidade foi encontrada nas armadilhas azuis. As armadilhas branca, azul e amarela coletaram abundância e riqueza semelhantes. Cruz e Freitas, (2013) encontraram maior abundância em armadilhas azuis instaladas em cultivos de algodão. Moreira et al. (2016) observaram que a cor azul apresentou maior abundância e riqueza, já em outro estudo realizado em pradarias abertas e florestas coletou-se maior número de abelhas em armadilhas brancas do que azuis e quanto à riqueza, a branca não diferiu da azul (GRUNDEL et al., 2011).

Enquanto as cores amarela e azul geralmente refletem fortemente os raios ultravioleta, a cor branca os absorve, devido a uma pequena quantidade de reflexo ultravioleta pela cor branca; esta, aos olhos das abelhas, é azul-esverdeada, a diferença entre o branco e o azul para elas é pequena (VON FRISCH, 1971), ou seja, as abelhas não conseguem distinguir eficientemente essas duas cores, o que poderia explicar a semelhança dos resultados de riqueza e abundância encontrados para essas duas cores no presente estudo.

As armadilhas de cor vermelha capturaram os menores índices de abundância e riqueza. As abelhas não enxergam a cor vermelha, estas reconhecem melhor as cores de baixos comprimentos de onda da luz visível que vão do ultravioleta (300 nm) ao amarelo (650 nm), quando comparado com cores de comprimentos de onda mais longos (LEONG; THORP, 1999; VON FRISCH, 1971), a cor vermelha encontra-se numa faixa espectral acima de 700 nm. Campbell e Hanula (2007), ao compararem armadilhas branca, azul, amarela e vermelha,

observaram que as armadilhas vermelhas foram quase que completamente ineficazes na atração de Hymenoptera.

Avaliou-se dentre as abelhas coletadas, os polinizadores e visitantes florais, conhecidos do cafeeiro (NOGUEIRA-NETO; CARVALHO; ANTUNES-FILHO, 1959; GIANNINI et al., 2015a, MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; SATURNI, JAFFÉ; METZGER, 2016). Verificou-se que com relação aos polinizadores, todas as espécies e o gênero conhecidos, foram coletados pelas armadilhas. Quanto aos visitantes florais, das doze espécies e nove gêneros conhecidos, apenas quatro espécies e um gênero não foram amostrados. Foi possível inferir que as armadilhas azuis e brancas capturaram a maior abundância de indivíduos dessas espécies e gêneros, o que indica que as cores branca e azul são as cores mais amplamente selecionadas pelas espécies polinizadoras e visitantes do cafeeiro nas áreas estudadas. Campbell e Hanula (2007) ao avaliarem os Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera e Coleoptera, visitantes florais em florestas de *Pinus* spp. de três províncias no Sudeste dos Estados Unidos, observaram que as armadilhas azuis foram as mais eficazes.

Não há um consenso sobre as cores de armadilhas atrativas às abelhas. Campbell e Hanula (2007) e Saunders e Luck (2013) constataram que as abelhas foram mais abundantes em armadilhas azuis, enquanto que Gollan, Ashcroft e Batley (2011), Krug e Alves-dos-Santos (2008) e Leong e Thorp (1999) encontraram armadilhas amarelas como as mais eficientes, já Grundel et al. (2011) observaram que a maioria das abelhas foram capturadas em armadilhas brancas.

Saunders e Luck (2013) sugeriram que as preferências por cores de armadilhas são específicas de cada habitat. Os autores avaliaram a influência de habitats na eficiência das cores na atração de Hymenoptera. As armadilhas amarelas capturaram mais indivíduos em monocultivo de amêndoa e em cultivo de amêndoa com plantas diversas do que na mata nativa, enquanto que as armadilhas azuis capturaram mais indivíduos na mata nativa, evidenciando a hipótese de que a preferência de cor de armadilha entre os insetos polinizadores, incluindo as abelhas, é específico do habitat, ou seja, nenhuma cor é adequada para capturar insetos em todos os tipos de habitats.

Porém a atratividade das armadilhas coloridas parece estar relacionada com diversos outros fatores, como características da vegetação local e aos fatores ambientais do próprio habitat, portanto, não podem ser vistas como uma variável independente. Observou-se por meio da curva de acumulação de indivíduos que as amostragens indicaram um acréscimo de indivíduos no início, posteriormente, um decréscimo e com o decorrer das amostragens, o acúmulo aumentou novamente. Acredita-se que essa redução na acumulação de indivíduos

pode estar relacionada com a floração do cafeeiro, visto que o decréscimo coincidiu com o período de sua floração. A presença de flores pode ser um dos fatores que interfere na abundância e riqueza de indivíduos capturados pelas armadilhas, uma vez que a eficiência de coleta das armadilhas pode variar de acordo com a disponibilidade de recursos florais no ambiente, pois quanto maior a disponibilidade de recursos florais, menor a eficiência das armadilhas (CANE; MINCKLEY; KERVIN, 2000; ROULSTON; SMITH; BREWSTER, 2007).

A floração pode influenciar também na atratividade pelas cores. Algumas espécies de abelhas costumam selecionar algumas plantas com flores de cores específicas que oferecem uma maior relação custo-recompensa (CHITTKA et al., 2001). A cor amarela foi a mais eficiente na coleta de abelhas em cultivo de canola, onde a cor dominante da flor era amarela (HALINSKI; DORNELES; BLOCHTEIN, 2013), em uma área de vegetação dominada por flores brancas, a espécie de abelha que visitava com frequência aquela planta foram atraídas em maior abundância pelas armadilhas brancas (LEONG; THORP, 1999). Considerando a interação entre a cor branca das flores do cafeeiro, no presente estudo, com as cores das armadilhas, observou-se também o mesmo. Reconhecida como um polinizador de grande importância para o cafeeiro, devido ao seu comportamento de forrageamento e sua presença abundante nesse cultivo (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; BADILLA; RAMIREZ, 1991), *A. mellifera* apresentou 71% do total de seus indivíduos, coletados nas armadilhas brancas.

Entretanto, Stephen e Rao (2007) ao utilizarem armadilhas amarelas e azuis para amostragem em girassol *Helianthus* spp. observaram que as armadilhas azuis capturaram quase o dobro do número de espécies e mais de cinco vezes o número de indivíduos. Cane, Minckley e Kervin (2000) também verificaram maior abundância de abelhas em armadilhas azuis em vez de armadilhas amarelas, embora a amarela também tenha sido a cor predominante da flor no local de estudo. Logo, Stefan, Steudel e Kessler (2010), sugeriram que a cobertura vegetal também influencia na atração pelas cores, devido às condições de visibilidade no ambiente. Os autores chegaram a esta conclusão ao observarem maior proporção de Hymenoptera em armadilhas amarelas em ambiente de mata; a explicação que encontraram para essa ocorrência é de que a cor amarela apresentou maior contraste na vegetação e seria mais perceptível do que as outras cores nesse tipo de ambiente com menor intensidade de luz. Krug e Alves-dos-Santos (2008) também observaram maior eficácia de armadilhas amarelas na coleta de abelhas em fragmento de mata de araucária, a cor atraiu maior abundância e riqueza.

A atratividade das armadilhas de cores também parece estar relacionada ao desenho amostral, ou seja, a disposição das cores e ao espaçamento entre cada unidade (DROEGE et al.,

2010; MOREIRA et al., 2016). A utilização das armadilhas possibilita conhecer quais as espécies de polinizadores e potenciais polinizadores estão presentes na área, mas não possibilita determinar os visitantes florais e sua efetividade como polinizadores de uma determinada planta. Portanto, a utilização das armadilhas juntamente com rede entomológica e observações diretas nas flores se torna necessária para tal.

5 CONCLUSÃO

A utilização de armadilhas de cores branca, azul, amarela e vermelha são complementares para a amostragem da comunidade de abelhas em geral.

Com relação às espécies já conhecidas como polinizadoras e visitantes da flor do cafeeiro as armadilhas de cores branca e azul apresentaram maior eficiência.

REFERÊNCIAS

- BADILLA, F.; RAMÍREZ, B. W. Polinización de café por *Apis mellifera* L. y otros insectos en Costa Rica. **Turrialba**, Turrialba, v. 41, n. 3, p. 285-288, sept. 1991.
- CAMPBELL, J. W.; HANULA, J. L. Efficiency of Malaise traps and colored pan trap for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. **Journal of Insect Conservation**, Dordrecht, v. 11, p. 399-408, Feb. 2007.
- CANE, J. H.; MINCKLEY, R. L.; KERVIN, L. J. Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, v. 73, n. 4, p. 225-231, 2000.
- CHITTKA, L. et al. Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision. In: CHITTKA, L.; THOMSON, J. D. **Cognitive ecology of pollination: animal behavior and floral evolution**. New York: Cambridge University Press, 2001. chap. 6, p. 106-126.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 18, n. 1, p. 117-143, Mar. 1993.
- COLWELL, R. K. **EstimateS**: statistic estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Storrs-Mansfield, 2005. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira de café - quarto levantamento - safra 2018**, v. 5, n. 4. Brasília, dez. 2018. 84 p.
- CORBET, S. A.; WILLIAMS, I. H.; OSBORNE, J. L. Bees and pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, Buckinghamshire, v. 72, n. 2, p. 47-59, 1991.
- CRUZ, D. O.; FREITAS, B. M. Diversidade de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores de culturas oleaginosas no Nordeste do Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 411-418, ago. 2013.
- DROEGE, S. et al. Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. **Insect Conservation and Diversity**, Hoboken, v. 3, n. 1, p. 15-23, Jan. 2010.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007.
- FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2. ed. London: Academic Press, 1993. 684 p.
- GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, New York, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, Mar. 2013.

GIANNINI, T. C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, Paris, v. 46, n. 2, p. 209-223, Mar. 2015a.

GIANNINI, T. C. et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 108, n. 3, p. 849-857, June 2015b.

GOLLAN, J. R.; ASHCROFT, M. B.; BATLEY, M. Comparison of yellow and white pan trap in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). **Australian Journal of Entomology**, Hoboken, v. 50, n. 2, p. 174-178. May 2011.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, Hoboken, v. 4, n. 4, p. 379-391, July 2001.

GRUNDEL, R. et al. Effectiveness of bowl trapping and netting for inventory of a bee community. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 40, n. 2, p. 374-380, Apr. 2011.

HALINSKI, R.; DORNELES, A. L.; BLOCHTEIN, B. Bee assemblage in habitats associated *Brassica napus* L. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 222-228, Sept. 2015.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, Amherst, v. 4, n. 1, p. 1-9, June 2001.

KRUG, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, Londrina, n. 37, n. 3, p. 265-278, jun. 2008.

LAMBSHEAD, P. J. D.; PLATT, H. M.; SHAW, K. M. Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. **Journal Natural History**, London, v. 17, n. 6, p. 859-874, 1983.

LEONG, J. M.; THORP, R. W. Colour- coded sampling: the pan trap colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. **Ecological Entomology**, Hoboken, v. 24, n. 3, p. 329-335, Aug. 1999.

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, maio 2012.

MOREIRA, E. F. et al. Are pan trap colors complementary to sample community of potential pollinator insects? **Journal of Insect Conservation**, Dordrecht, v. 20, n. 4, p. 583-596, Aug. 2016.

NOGUEIRA-NETO, P.; CARVALHO, A.; ANTUNES-FILHO, H. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. **Bragantia**, Campinas, v. 18, n. 29, p. 441-468, dez. 1959.

PIELOU, E. C. **The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination**. New York: J. Wiley and Sons, 1984. 288 p.

PINHEIRO-MACHADO, C. et al. Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministry of Environment, 2002. p. 115-129.

RSTUDIO TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

ROULSTON, T. H.; SMITH, S. A.; BREWSTER, A. L. A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, n. 80, v. 2, p. 179-181, Apr. 2007.

SATURNI, F. T.; JAFFÉ, R.; METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 235, n. 1, p. 1-12, Nov. 2016.

SAUNDERS, M. E., LUCK, G. W. Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat **Australian Journal of Entomology**, Hoboken, v. 52, n. 2, p. 106-113, May 2013.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois, 1949. 144 p.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. 1. ed. **Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.

SOUZA, L.; CAMPOS, M. J. O. Composition and diversity of bees (Hymenoptera) attracted by Moericke traps in an agricultural area in Rio Claro, state of São Paulo, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 98, n. 2, p. 236-243, June 2008.

STATISTICA Statsoft, Inc. (data analysis software system), version 7. URL <http://www.statsoft.com>. 2004.

STEFAN, A.; STEUDEL, B.; KESSLER, M. Sampling Hymenoptera along a precipitation gradient in tropical forests: the effectiveness of different coloured pan trap. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Hoboken, v. 137, n. 3, p. 262-268, Dec. 2010.

STEPHEN, W. P.; RAO, S. Sampling native bees in proximity to a highly competitive food resource (Hymenoptera: Apiformes). **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, v. 80, n. 4, 369-376, Oct. 2007.

TOLER, T. R.; EVANS, E. W.; TEPEDINO, V. J. Pan-trapping for bees (Hymenoptera: Apiformes) in Utah's West Desert: the importance of colour diversity. **Pan-Pacific Entomologist**, San Francisco, v. 81, n. 3-4, p. 103-113, 2005.

VON FRISCH, K. **Bees: their vision, chemical senses, and language**. Ithaca: Cornell University Press, 1971. 176 p.

WANG, M. et al. Pollinator diversity in different habitats of the agricultural landscape in the middle and lower reaches of the Yellow River based on the three-color pan trap method. **Acta Ecologica Sinica**, Kaifeng, v. 37, n. 3, p. 148-155, June 2017.

WESTPHAL, C. et al. Measuring bee diversity in diferente European habitats and biogeographical regions. **Ecological Monographs**, Hoboken, v. 78, n. 4, p. 653-671, Nov. 2008.

WILSON, J. S.; GRISWOLD, T.; MESSINGER, O. J. Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscapes: are pan trap sufficient? **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, v. 81, n. 3, p. 288-300, July 2008.

CAPÍTULO 3 VISITANTES FLORAIS DE *Coffea arabica* LINNAEUS, 1753 E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

RESUMO

A necessidade do conhecimento das relações entre espécies de plantas cultivadas e seus polinizadores vem crescendo nos últimos anos. Estudos já comprovaram que os insetos, principalmente as abelhas, contribuem para a maior produtividade e melhoria na qualidade de grãos do cafeeiro. Assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar os visitantes florais de *Coffea arabica*; identificar entre os visitantes, os polinizadores; e avaliar sua influência na produtividade dos grãos. A frequência dos visitantes, o tipo de coleta, néctar e/ou pólen e o comportamento de forrageio foram obtidos por observações visuais, em três horários no decorrer do dia em três áreas. Para avaliar a influência da visita nas flores sobre a produtividade, foram avaliados ramos cobertos com tecido Tule e descobertos. O peso seco dos grãos foi obtido de 50 grãos de cada ramo. Foram observadas nas três áreas 443 espécimes, distribuídas entre 22 espécies de abelhas e vespas. Os visitantes mais frequentes nas flores foram *Apis mellifera* (38,6%), seguida por *Paratrigona subnuda* (23,9%), *Tetragonisca angustula* (15,6%) e *Trigona spinipes*, (8,1%). *Tetragonisca angustula* coletou apenas pólen, as demais espécies de abelhas coletaram tanto néctar quanto pólen. Observou-se que os ramos descobertos apresentaram em média, aumento de 11,2% na frutificação e 23,9% no peso dos grãos. Dos visitantes frequentemente observados, as espécies *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes* e *P. subnuda* podem ser consideradas agentes polinizadores da cultura.

Palavras-chave: Apoidea. Cafeeiro. Polinização.

CHAPTER 3 FLORAL VISITORS OF *Coffea arabica* Linnaeus, 1753 AND THEIR INFLUENCE ON GRAIN PRODUCTIVITY

ABSTRACT

The need for comprehending the relationship between cultivated plant species and their pollinators has been growing in recent years. Studies have already shown that insects, especially bees, contribute to higher productivity and quality improvement of coffee beans. In this study, we aimed to identify *Coffea arabica* floral visitors; to identify pollinators among visitors; and to evaluate its influence on grain productivity. Visitors' frequency, type of collection, nectar and/or pollen, and foraging behavior were obtained by visual observations at three times during the day, in three areas. To evaluate visiting influence in flowers on the productivity, branches covered with Tulle and uncovered were evaluated. We obtained grain dry weight from 50 grains of each branch. 443 specimens distributed among 22 bee and wasp species were observed in three areas. The most frequent visitors to flowers were *Apis mellifera* (38.6%), followed by *Paratrigona subnuda* (23.9%), *Tetragonisca angustula* (15.6%), and *Trigona spinipes* (8.1%). *Tetragonisca angustula* collected only pollen while other bee species collected both nectar and pollen. We observed that uncovered branches presented an increase of 11.2% in fruiting and 23.9% in grain weight. Among the frequently observed visitors, *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes*, and *P. subnuda* species can be considered coffee crop pollinators.

Keywords: Apoidea. Coffee crop. Pollination.

1 INTRODUÇÃO

Os polinizadores prestam um serviço ecossistêmico de fundamental importância em agroecossistemas (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012; RICKETTS et al., 2008), pois contribuem para o aumento e a melhor qualidade da produtividade (ANTUNES et al., 2007; PIRES et al., 2014; SILVA-NETO et al. 2013), resultando assim, em uma maior rentabilidade e lucratividade do cultivo. O valor estimado da contribuição econômica dos polinizadores para 44 culturas brasileiras, dependentes de polinização, é de cerca de US\$ 12 bilhões, o que corresponde a aproximadamente 27% do valor da produtividade agrícola anual, para essas mesmas culturas (US\$ 45 bilhões) (GIANNINI et al., 2015b).

Para ser considerado um polinizador, o visitante floral precisa realizar a transferência do pólen das anteras para o estigma da flor de uma mesma espécie de planta (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016). Além disso, alguns outros critérios qualificam ainda mais a eficiência do polinizador, como por exemplo, frequência, fidelidade à planta além de desenvolver uma rota de voo favorável entre as flores da mesma espécie. Portanto, nem todo visitante floral poderá ser necessariamente um polinizador (ALVES-DOS SANTOS et al., 2016; FREITAS, 2013).

Os insetos são conhecidos como os mais importantes polinizadores de muitas espécies de plantas, sendo as abelhas o grupo mais diverso, abundante e eficiente (MICHENER, 2007). As abelhas possuem dependência do pólen e do néctar como fonte de alimento. O pólen é a sua fonte de proteína e o néctar sua fonte de energia, sendo importante para o desenvolvimento da prole ao garantir o desenvolvimento de fases jovens (CORBET; WILLIAMS; OSBORNE, 1991; ROUBIK, 1989). Logo, devido a essa relação de dependência dos recursos florais, as abelhas visitam frequentemente grande quantidade de flores.

Diversas espécies de plantas de importância econômica dependem dos serviços de polinização e de acordo com Klein et al., 2007, aproximadamente 75% das principais culturas utilizadas diretamente para o consumo humano no mundo apresentam algum grau de dependência de polinizadores. A cultura do café possui grande importância econômica para o país. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo mercado consumidor. A safra do ano de 2018 alcançou 61,7 milhões de sacas de 60 kg, sendo 77% de café arábica (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do Café (2018), o consumo interno é crescente e no ano de 2018 foi de 22 milhões de sacas e a exportação chegou a 35,2 milhões de sacas no mesmo período, com faturamento de US\$ 5,09 bilhões (CONSELHO DOS EXPORTADORES DE

CAFÉ DO BRASIL, 2018). Minas Gerais concentra a maior produção do país, sendo o sul do Estado a maior região produtora (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018).

O café, *Coffea arabica* Linnaeus, 1753 é definido como planta autógama, apresentando polinização cruzada de até 15% (CARVALHO et al., 1991). Apesar de ser classificado como tendo uma dependência modesta (KLEIN et al., 2007) é certo que o cafeeiro quando visitado, principalmente pelas abelhas, apresenta aumento na produtividade e qualidade dos grãos (AMARAL, 1952; BADILLA; RAMÍREZ, 1991; DE MARCO JR; COELHO, 2004; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003a; MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; MALERBO-SOUZA et al. 2003). De acordo com Giannini et al. (2015b) os polinizadores contribuem em US\$ 2 bilhões para a cultura do cafeeiro no Brasil, ou seja, aproximadamente 25% do valor da sua produção anual de US\$ 7,6 bilhões.

Considerando a importância da contribuição dos polinizadores para a cafeicultura, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar os visitantes florais de *C. arabica*; identificar entre os visitantes, os polinizadores; e avaliar sua influência na produtividade dos grãos.

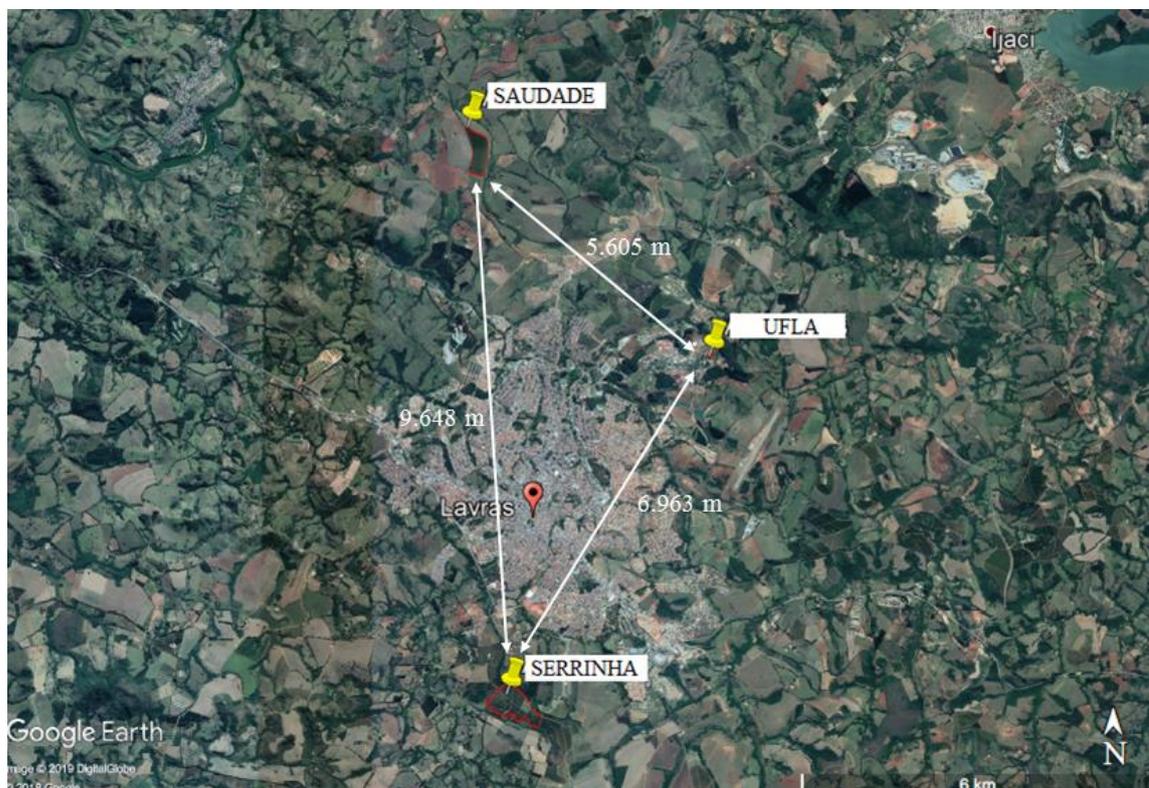
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Lavras, localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. A região está sob a influência transitória entre o bioma Cerrado para a Mata Atlântica. O clima da região é temperado de altitude ou subtropical, caracterizado por verões quentes e chuvosos (outubro a março) e invernos secos e frios (abril a setembro) (clima Cwb-mesotérmico de Köppen). A temperatura média anual é de 20,4 °C, variando de 17,1 °C em julho a 22,8 °C em fevereiro; a precipitação pluviométrica média anual é de 1460 mm e 918 m de altitude (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Foram selecionadas três áreas de *C. arabica* nas localidades: (i) “Campus da UFLA” (Universidade Federal de Lavras); (ii) “Saudade” e (iii) “Serrinha” (FIGURA 1).

Figura 1 - Localização das áreas experimentais. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.



Fonte: Google Earth adaptado pela autora (2019)

As três lavouras foram conduzidas de forma convencional, ou seja, monocultivo a pleno sol, com a utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos para o controle de pragas e doenças.

Detalhes sobre cada área estão descritas na Tabela 1. O controle total de plantas espontâneas foi feito por meio de roçadoras e herbicidas. No entorno dos plantios predominavam áreas de pastagem e fragmentos de vegetação nativa.

Tabela 1 - Informações agronômicas a respeito das três áreas de cultivo que foram utilizadas neste experimento. Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.

	UFLA	Saudade	Serrinha
Coordenadas geográficas	21°22' – 21°61'S, 045°25' – 045°97' W	21°19' – 21°10' S, 045°16' – 045°99' W	21°27' – 21°84' S, 045°10' – 045°57' W
Altitude (m)	699	749	726
Área (ha)	0,25	19	11,8
Plantio	nov/10	nov/07	nov/07
Espaçamento	2,6 x 0,6	3,6 x 0,6	3,5 x 0,6
Cultivar	Siriema (amarelo)	Catuaí 99 (vermelho)	Catuaí 62 (amarelo)

Fonte: Da autora (2019).

2.2 Amostragem dos visitantes florais

Para avaliação dos visitantes florais, em cada uma das localidades, foi selecionada uma área de 1.080,00 m², compreendendo seis linhas de plantio e, em cada uma dessas áreas oito plantas foram marcadas. No período pré-antese, quando os botões florais estavam no seu último estágio de desenvolvimento, estes foram contabilizados e logo em seguida dois ramos de cada planta foram ensacados com tecido Tule e dois ramos foram deixados livres para visita. Todos os ramos, do tipo plagiotrópicos, foram marcados na altura mediana da planta e apresentavam aproximadamente o mesmo comprimento e exposição à luz solar. No primeiro dia de floração, os 16 ramos deixados livres para visita foram observados sequencialmente das 9h às 10h04min., das 12h às 13h04min. e das 15h às 16h04min., sendo que cada ramo foi observado durante 4min. As observações foram realizadas na floração de outubro de 2017 nas três áreas e em dias de sol.

Foram avaliadas a abundância, a riqueza e a frequência relativa para cada espécie. Procurou-se identificar quais espécies visitantes florais que poderiam desempenhar algum papel na polinização, para isso o comportamento de forrageio foi avaliado por meio de observações visuais durante a coleta, sendo: a) abordagem à flor, b) tipo de coleta, néctar e/ou pólen, c) como ocorre o contato das abelhas com o estigma. Adicionalmente, para correta identificação os visitantes foram coletados com rede entomológica e armazenado em frascos contendo acetato de etila.

No Laboratório de Estudos em Abelhas do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, os espécimes foram montados em alfinetes entomológicos. Os espécimes foram identificados pelo Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior (Universidade Federal de Minas Gerais) utilizando chaves taxonômicas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002) e por comparação. Os espécimes encontram-se depositados na coleção entomológica do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, Brasil (DEN-UFLA) e na coleção entomológica do Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (CCT-UFMG).

2.3 Influência da visita na frutificação e no peso de grãos

Para avaliação da influência dos visitantes florais na frutificação efetiva, seis semanas após o florescimento os ramos foram desensacados e o número de frutos em desenvolvimento em cada ramo foi contabilizado. A frutificação foi calculada a partir da relação entre o número inicial de botões florais nos respectivos ramos e o número de frutos em desenvolvimento. Após serem desensacados, os ramos continuaram sendo monitorados semanalmente até a maturação dos frutos.

Para a análise da influência dos visitantes no peso dos grãos, após a maturação, os frutos foram colhidos, secos a pleno sol e posteriormente descascados. Foi calculado o peso seco (g) após 24 horas na estufa a 105°C, de cinquenta grãos formados em cada um dos tratamentos.

2.4 Análises estatísticas

Foram determinados os índices de riqueza e abundância segundo Lamshead, Platt e Shaw (1983). O índice de diversidade H' , segundo Shannon e Weaver (1949) foi calculado no programa Past (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). A frutificação efetiva (%) e peso (g) foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias e posteriormente comparados pelo teste t com valores de probabilidade menores que 5% ($p < 0,05$), utilizando o programa R Studio (RSTUDIO TEAM, 2019). Para avaliar a relação entre abundância e riqueza de visitantes florais e as variáveis frutificação e peso de grãos foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman utilizando o programa Statistica® (STATSOFT, 2004).

3 RESULTADOS

3.1 Riqueza e frequência de visitantes florais

A comunidade de visitantes florais do cafeeiro nas três áreas foi representada por 18 espécies de abelhas (Apoidea) e quatro espécies de vespas (Vespoidea) (TABELA 2). As abelhas foram representadas por duas famílias: Apidae com a maior riqueza, 16 espécies e Halictidae representada por duas espécies. As espécies *Omicron tuberculatum* (Fox, 1899), *Protonectarina sylveirae* (de Saussure, 1854), *Polybia* sp. e *Protopolybia* sp. foram os representantes de Vespidae.

Apis mellifera Linnaeus, 1758 apresentou frequência de 8,6 % na UFLA enquanto que *Paratrigona subnuda* Moure, 1947 e *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), constituíram 52,9 e 20,1% da frequência, respectivamente, em relação aos outros insetos, na área mencionada. *Apis mellifera* foi a espécie mais importante na Saudade e na Serrinha em frequência, representando 43,1 e 77,6% das visitas, respectivamente. As outras espécies mais frequentes nestas duas áreas foram *Tetragonisca angustula* com 22% e *P. subnuda* com 9,2% de visitas às flores na Saudade e *Trigona hyalinata* (Lepeletier, 1836) constituindo 10,3% e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), 6% de frequência às flores observadas na Serrinha.

Quando foram analisados os dados das três áreas, *A. mellifera* apresentou 38,6% de frequência, o segundo visitante mais frequente foi *P. subnuda* constituindo 23,9%, em terceiro, *Tetragonisca angustula* representando 15,6% das visitas e *Trigona spinipes* com 8,1%.

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de Hymenoptera coletados em flores de *C. arabica* em três áreas. Lavras, MG. Outubro de 2017.

(continua)

Superfamília/Família/ Subfamília/Espécie	UFLA		Saudade		Serrinha		Total	
	Ab.	Fr%	Ab.	Fr%	Ab.	Fr%	Ab.	Fr%
Apoidea								
Apidae								
Apinae								
<i>Apis mellifera</i>	15	8,6	66	43,1	90	77,6	171	38,6
<i>Bombus pauloensis</i>	1	0,6	-	-	-	-	1	0,2
<i>Cephalotrigona capitata</i>	2	1,1	3	2,0	-	-	5	1,1
<i>Geotrigona subterranea</i>	-	-	12	7,8	-	-	12	2,7
<i>Melipona (Melikerria) quinquefasciata</i>	-	-	-	-	3	2,6	3	0,7
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	-	-	1	0,7	-	-	1	0,2

Tabela 2 - Abundância (Ab.) e frequência relativa (Fr%) de Hymenoptera coletados em flores de *C. arabica* em três áreas. Lavras, MG. Outubro de 2017.

(conclusão)

Superfamília/Família/ Subfamília/Espécie	UFLA		Saudade		Serrinha		Total	
	Ab.	Fr%	Ab.	Fr%	Ab.	Fr%	Ab.	Fr%
<i>Paratrigona subnuda</i>	92	52,9	14	9,2	-	-	106	23,9
<i>Partamona helleri</i>	1	0,6	-	-	-	-	1	0,2
<i>Plebeia lucii</i>	-	-	1	0,7	-	-	1	0,2
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	1	0,6	1	0,7	-	-	2	0,5
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	1	0,6	5	3,3	3	2,6	9	2,0
<i>Tetragona clavipes</i>	1	0,6	-	-	-	-	1	0,2
<i>Tetragonisca angustula</i>	35	20,1	34	22,2	-	-	69	15,6
<i>Trigona hyalinata</i>	1	0,6	-	-	12	10,3	13	2,9
<i>Trigona spinipes</i>	20	11,5	9	5,9	7	6,0	36	8,1
Xylocopinae								
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i>	-	-	-	-	1	0,9	1	0,2
Halictidae								
Halictinae								
<i>Augochlora (Augochlora) sp.</i>	-	-	1	0,7	-	-	1	0,2
<i>Augochloropsis multiplex</i>	-	-	3	2,0	-	-	3	0,7
Abundância	170		150		116		436	
Riqueza (S)	11		12		6		18	
Vespoidea								
Vespidae								
Eumeninae								
<i>Omicron tuberculatum</i>		-	1	0,7	-	-	1	0,2
Polistinae								
<i>Polybia sp.</i>	-	-	1	0,7	-	-	1	0,2
<i>Protonectarina sylveirae</i>	3	1,7	1	0,7	-	-	4	0,9
<i>Protopolybia sp.</i>	1	0,6	-	-	-	-	1	0,2
Abundância total	174	100,0	153	100,0	116	100,0	443	100,0
Riqueza (S) total	13		15		6		22	
Shannon H' total	1,448		1,778		0,831			

Fonte: Da autora (2019).

3.2 Comportamento de forrageio de visitantes florais

Apis mellifera foi observada ao longo de todo o dia nas três áreas (FIGURA 2). Seus espécimes apresentaram preferência por coletar néctar quando comparado ao pólen, 60, 65 e 68% dos espécimes foram observados coletando este recurso na UFLA, Saudade e Serrinha,

respectivamente. Ao pousarem na flor, orientaram a probóscide em direção ao fundo do tubo da corola, onde se encontra o néctar, nesse momento, seus corpos entraram em contato simultaneamente com as anteras e o estigma. Após a coleta do néctar que é realizada de forma rápida, se deslocaram para flores próximas transportando grãos de pólen aderidos na parte ventral do corpo e na corbícula.

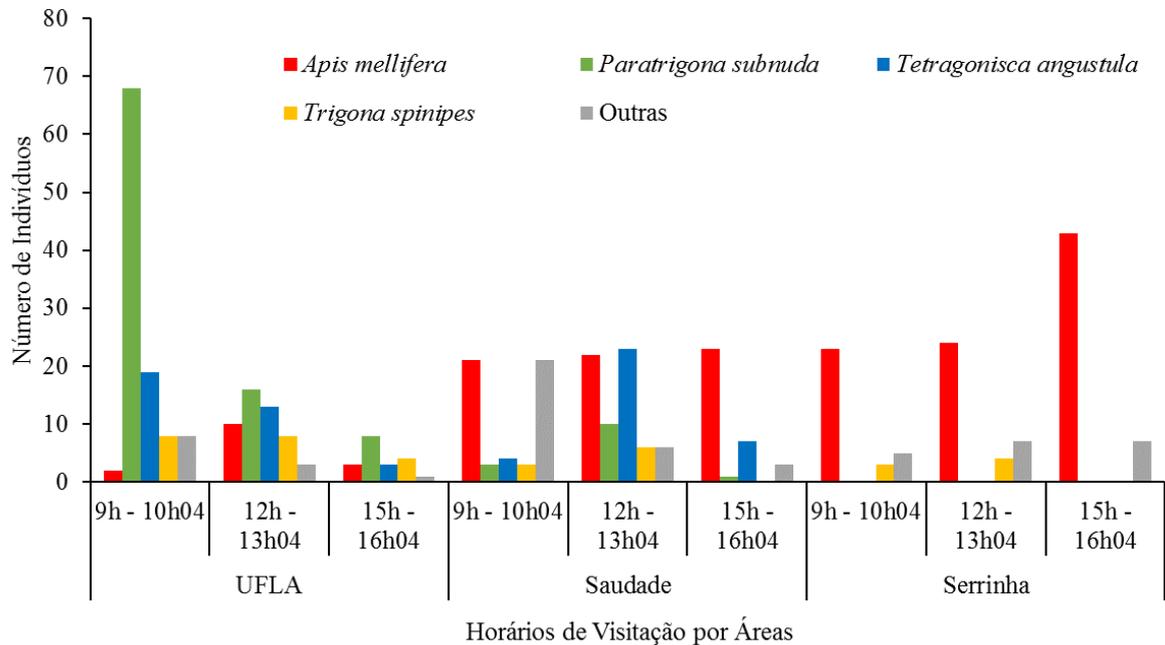
Paratrigona subnuda esteve presente ao longo de todo dia nas áreas em que foi observada. Ao pousarem na flor para a coleta de pólen, 69% dos espécimes na UFLA e 59% dos espécimes na Saudade, caminharam sobre as anteras e pétalas tocando seus corpos no estigma. Ao coletarem néctar, caminharam sobre as pétalas tocando seus corpos no estigma

Tetragonisca angustula foi frequente ao longo de todo dia nas áreas em que foi observada, coletando somente pólen. Os grãos de pólen eram transportados em grandes quantidades aderidos a suas corbículas e principalmente ao corpo. Ao pousarem na flor seus corpos tocaram a parte superior do estigma podendo, portanto, ser efetiva na polinização.

Os espécimes de *Trigona spinipes* não apresentaram o comportamento de cortar a base do tubo da corola para coletarem néctar, mas tocaram as anteras e o estigma ao caminharem em direção ao tubo da corola. A maioria, 71% dos espécimes na UFLA e 59 e 54% na Saudade e na Serrinha, respectivamente, foi vista tocando o estigma ao coletaram grandes quantidades de pólen que foram aderidas ao corpo e as suas corbículas.

Não se descreveu o comportamento das outras espécies, pois o número reduzido de indivíduos impossibilitou uma conclusão a respeito do seu comportamento. As vespas pousaram sobre as pétalas saindo logo em seguida. Alguns indivíduos caminharam em direção ao tubo da corola. Não foi observado comportamento agressivo entre as espécies.

Figura 2 - Abundância de visitantes florais em *C. arabica* em três áreas. Lavras, MG. Outubro de 2017.



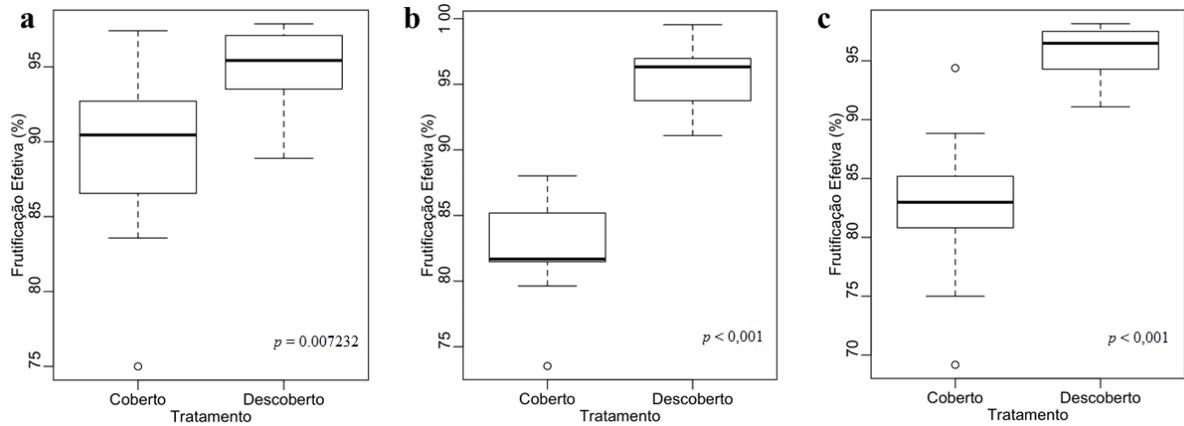
Fonte: Da autora (2019).

3.3 Frutificação efetiva e peso de grãos

Constatou-se diferença significativa na produtividade de frutos por ramo entre os tratamentos nas três áreas, os ramos cobertos apresentaram menor porcentagem de frutificação quando comparados com os ramos descobertos (FIGURA 3). Na UFLA os ramos cobertos apresentaram 89% de frutificação, enquanto que os ramos descobertos apresentaram 95%. Na Saudade 82% de frutificação foi constatada nos ramos cobertos já nos ramos descobertos 96% de frutificação. Por fim, na Serrinha 83% de frutificação foi observada nos ramos cobertos e 96% nos ramos descobertos.

Não houve correlação significativa entre frutificação/abundância e frutificação/riqueza de visitantes florais.

Figura 3 - Frutificação efetiva (%) em *C. arabica*. a - UFLA, b - Saudade e c - Serrinha. Lavras, MG.

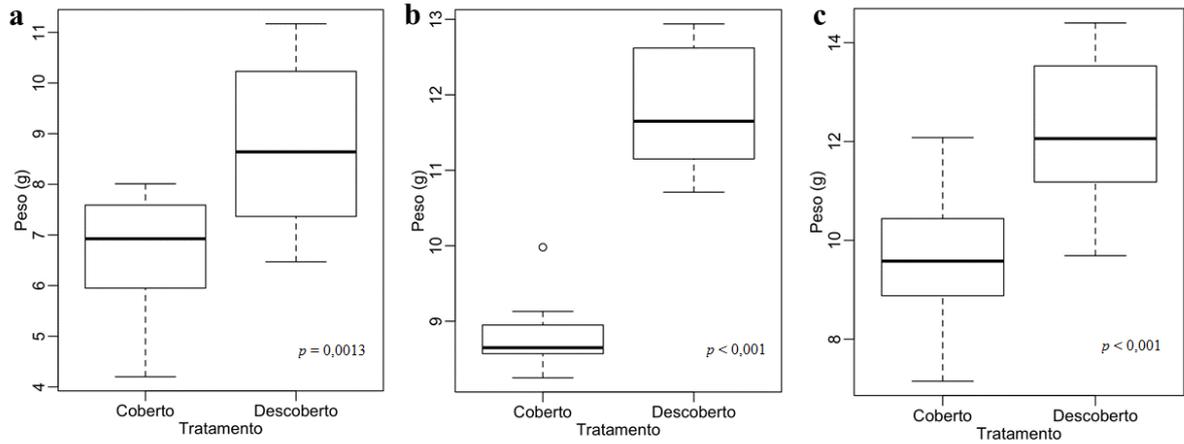


Fonte: Da autora (2019).

Com relação ao peso de grãos, também houve diferença significativa entre os tratamentos (FIGURA 4). O peso médio de cinquenta grãos de café provenientes do tratamento coberto na UFLA foi de 6,61g, enquanto que do tratamento descoberto foi de 8,62g. Na Saudade, os grãos formados a partir de flores cobertas apresentaram em média, 8,80g, já os grãos formados de flores descobertas apresentaram o peso médio de 11,80g. E, na Serrinha, o peso médio dos grãos formados nos ramos cobertos foi de 9,69g e nos ramos descobertos 12,36g.

Foi constatada forte correlação entre peso/abundância e peso/riqueza de visitantes nas três áreas, UFLA (abundância $r = 0,84$; riqueza $r = 0,83$), Saudade (abundância $r = 0,96$; riqueza $r = 0,95$) e Serrinha (abundância $r = 0,86$; riqueza $r = 0,76$).

Figura 4 - Peso (g) de cinquenta grãos por ramo de *C. arabica*. a - UFLA, b - Saudade e c - Serrinha. Lavras, MG.



Fonte: Da autora (2019).

4 DISCUSSÃO

O número de espécies coletadas no presente estudo foi superior ao número de espécies encontradas por Malerbo-Souza e Halak (2012) (4 espécies de abelhas e outros insetos) em três áreas de cafeeiro convencional no Estado de São Paulo e por Vergara e Badano (2009) (5) em quatro áreas de cafeeiro no México. No entanto, quando comparado com estudos realizados em sistemas agroflorestais o número de espécies foi inferior, Klein, Steffan-Dewenter e Tschamntke (2003a) e Veddeler et al. (2008) observaram 29 espécies, respectivamente. Ao analisarem a influência dos tipos de manejo sobre a riqueza de espécies, Vergara e Badano (2009) encontraram diferenças; cinco espécies foram coletadas no sistema a pleno sol e 15 espécies em sistemas agroflorestais. Isso se deve ao fato de que as paisagens diversificadas e a preservação de remanescentes florestais próximos aos cultivos fornecem recursos alimentares e locais de nidificação, garantindo desta forma, a presença e a diversidade de visitantes florais nas áreas agrícolas (DE MARCO JR; COELHO, 2004; KLEIN et al., 2007; STEFFAN-DEWENTER; MÜNZENBERG; TSCHARNTKE, 2001; STEFFAN-DEWENTER et al., 2002).

As espécies mais frequentes foram *A. mellifera*, seguida de *P. subnuda*, *Tetragonisca angustula* e *Trigona spinipes* que conjuntamente contribuíram com 87% da frequência total de visitantes. As mesmas espécies também foram observadas visitando as flores do cafeeiro por Malerbo-Souza e Halak (2012), Malerbo-Souza et al. (2003) e Saturni, Jaffé e Metzger (2016). De acordo com Ngo, Mojica e Packer (2011) as abelhas são os mais importantes polinizadores da cultura.

Na literatura, *A. mellifera* é citada como o visitante floral mais frequente nas flores do cafeeiro (BADILLA; RAMIREZ, 1991; CEPEDA-VALENCIA; GÓMEZ; NICHOLLS, 2014; MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; MALERBO-SOUZA et al., 2003), corroborando os resultados apresentados neste estudo. Sua frequência foi registrada entre 41% e 73% do total de observações (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; RICKETTS, 2004a). Malerbo-Souza e Halak (2012) observaram ainda que o néctar foi o recurso mais coletado por estas abelhas nos três anos avaliados. Roubik (2002b) relata que *A. mellifera* apresenta o comportamento de recrutamento e possui um desempenho rápido na coleta de pólen e néctar, deixando muitas vezes as flores depois de visitadas, sem atrativo temporário para outras abelhas. Os indivíduos dessa espécie entraram em contato com os órgãos reprodutivos da flor durante a visita. Resultados semelhantes também foram encontrados por Malerbo-Souza e Halak (2012), ao visitarem a flor foram capazes de carregar o pólen em seus corpos e efetuar a transferência do

mesmo, das anteras para o estigma, comportamento que potencialmente favorece a ocorrência da polinização cruzada (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016), portanto, a espécie foi considerada um agente polinizador efetivo da cultura (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; ROUBIK, 2002a).

Paratrigona subnuda foi a segunda espécie mais frequente, representantes do gênero também foram os visitantes mais frequentes, depois de *A. mellifera*, na Colômbia (CEPEDA-VALENCIA; GÓMEZ; NICHOLLS, 2014). *Paratrigona subnuda* apresentou o comportamento de caminhar sobre as pétalas e anteras e estigma tocando o estigma e em uma das áreas, UFLA, apresentou alta frequência, aproximadamente 87% em relação às demais espécies. De acordo com Brosi et al. (2008) as abelhas nativas são mais dependentes dos habitats naturais do que *A. mellifera*, que são mais oportunistas e generalistas. Portanto, a alta frequência observada pode estar relacionada à disponibilidade de abrigo e de recursos florais em fragmentos de mata nativa observados próximos a esta área. É interessante aprofundar os estudos que envolvam a conservação da espécie em áreas de cultivo do cafeeiro visto que *P. subnuda* apresenta alguns dos requisitos necessários para que se considere como polinizador (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016) além disso, possui distribuição geográfica (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002) compatível com as áreas de produção de café do país.

A espécie *Tetragonisca angustula* é conhecida por seu fácil manejo, ampla distribuição geográfica na América Latina, presença em vários habitats e facilidade para o estabelecimento de novos ninhos (CASTRO et al., 2006). Sua presença tem significativa importância na porcentagem de frutos comerciáveis e no aumento da produtividade do morango em ambiente protegido (ANTUNES et al., 2007).

Com relação ao porte das abelhas, para Nogueira-Neto, Carvalho e Antunes-Filho (1959), as abelhas de tamanho corporal menor, incluindo *Tetragonisca angustula* observadas nas flores do cafeeiro podem não ser polinizadores tão eficazes como as abelhas de tamanho corporal maior. Já Roubik (2002a) encontrou uma correlação positiva entre os rendimentos do cafeeiro tanto com a presença de abelhas nativas quanto com a espécie africanizada. Malerbo-Souza e Halak (2012) ressaltam que apesar do seu tamanho reduzido comparado a *A. mellifera* e *Trigona spinipes*; ao coletar pólen, *Tetragonisca angustula* apresentou comportamento semelhante às espécies maiores, podendo transferir os grãos de pólen das anteras para o estigma. Os indivíduos de *Tetragonisca angustula* coletaram somente pólen, assim como observado pelos autores, os grãos de pólen foram aderidos em grandes quantidades pelo corpo todo e às corbículas, o local de adesão dos grãos de pólen no visitante deve ser considerado, pois os grãos de pólen espalhados pelo corpo tem maior probabilidade de serem transferidos para o estigma

quando comparados com os grãos de pólen da corbícula (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016; KRUG; SILVA; ALVES-DOS-SANTOS, 2012).

Os espécimes de *Trigona spinipes* não foram observados cortando as peças florais e nem perfurando o nectário na base externa da flor, comportamento frequentemente atribuído à espécie (BOIÇA JR; SANTOS; PASSILONGO, 2004). Observou-se que a maioria das visitas desta espécie foi em busca de pólen, os quais foram aderidos ao corpo e às corbículas, Malerbo-Souza e Halak (2012) também observaram preferência pela coleta de pólen por essa espécie. O estudo de Ricketts (2004a) para Costa Rica relata *Trigona* spp. entre os visitantes florais mais frequentes. Além disso, Klein, Steffan-Dewenter e Tscharntke (2003a, 2003c) consideram as espécies deste gênero como polinizadores efetivos tanto de *C. arabica* quanto de *Coffea canephora* Pierre, 1897.

As outras espécies observadas visitando as flores do cafeeiro apresentaram baixa frequência. Veddeler et al. (2008) estudando visitantes de flores do cafeeiro no Equador, observaram que 19 morfoespécies de abelhas foram responsáveis pela maioria das visitas, enquanto 10 morfoespécies fizeram visitas quase insignificantes às flores do cafeeiro. No entanto, Klein, Steffan-Dewenter e Tscharntke (2003b) enfatizam, por exemplo, a importância das abelhas solitárias, conhecidas por sua baixa frequência, como polinizadores eficientes do cafeeiro. Ao avaliarem o efeito de visitas de abelhas solitárias e de abelhas sociais nas flores do cafeeiro, verificaram que visitas realizadas por abelhas solitárias contribuíram para uma maior frutificação (87,3%) do que visitas realizadas por abelhas sociais (74,7%). Além disso, os mesmos autores observaram que o aumento da frutificação foi correlacionado com a riqueza de abelhas e não com a abundância. Portanto, polinizadores efetivos que apresentam baixa frequência, poderiam receber menor importância na polinização da cultura e permanecerem como potenciais polinizadores.

Vespas foram encontradas visitando flores de cafeeiro (KLEIN et al., 2002; FREE, 1993; MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012; ROUBIK, 2002b), mas não está claro se elas contribuem diretamente para a polinização. Nogueira-Neto, Carvalho e Antunes-Filho (1959) observaram vespas *Brachygastra augusti* (de Saussure, 1854) perfurando as flores do cafeeiro.

Com base em resultados anteriores (AMARAL, 1952; BADILLA; RAMÍREZ, 1991; DE MARCO JR; COELHO, 2004; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003a; ROUBIK, 2002a) os cafeeiros são afetados positivamente quando visitados por insetos, principalmente abelhas. No presente estudo, os ramos descobertos apresentaram em média um aumento de 11,2% na frutificação. Este resultado é próximo ao encontrado por Amaral (1952), Nogueira-Neto, Carvalho e Antunes-Filho (1959), De Marco Jr e Coelho (2004) e Bladilla e

Ramírez (1991), que encontraram acréscimo de 11 a 15,8% na frutificação. Já Klein, Steffan-Dewenter e Tschardtke (2003a), Saturni, Jaffé e Metzger (2016) e Malerbo-Souza e Halak (2012) observaram aumento de 27, 28 e 50% respectivamente, demonstrando que a gama de contribuição dos visitantes florais para frutificação de *C. arabica* é em torno de 10 a 50%.

Klein, Steffan-Dewenter e Tschardtke (2003b) ao correlacionarem a frutificação do cafeeiro com a riqueza de abelhas, concluíram que com o aumento da riqueza de três para 20 espécies, houve um aumento da frutificação de 60% para 90%, contudo, a abundância não foi correlacionada à frutificação. Não se verificou correlação entre frutificação/abundância e frutificação/riqueza de espécies, no presente trabalho.

Com relação ao peso, houve um aumento de 24,6% no peso dos grãos dos ramos descobertos na UFLA, 25,5% na Saudade e 21,6% na Serrinha. Em estudo realizado por Malerbo-Souza e Halak (2012) o peso dos grãos foi 16% maior em ramos descobertos. Ricketts et al. (2004b) verificaram que o peso médio dos frutos de café provenientes do tratamento descoberto foi significativamente maior, ou seja, 25% mais pesados. No presente estudo, foi observada forte correlação positiva entre o peso/abundância e peso/riqueza de visitantes.

5 CONCLUSÃO

As espécies *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes* e *P. subnuda* podem ser consideradas agentes polinizadores da cultura, devido a suas frequências e ao comportamento de coleta e deposição de pólen no estigma, favorecendo um maior percentual de frutificação e peso dos grãos.

Os ramos com livre acesso para os visitantes produziram mais frutos e com maior peso quando comparados aos ramos protegidos.

REFERÊNCIAS

- ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 295-307, jun. 2016.
- AMARAL, E. Ensaio sobre a influência de *Apis mellifera* L. na polinização do cafeeiro (Nota prévia). **Boletim Técnico Escola de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 9, p. 1-6, 1952.
- ANTUNES, O. T. et al. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 94-99, mar. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Indicadores da indústria do café no Brasil**. 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2018/> Acesso em: 09 maio 2019.
- BADILLA, F.; RAMÍREZ, B. W. Polinización de café por *Apis mellifera* L. y otros insectos en Costa Rica. **Turrialba**, Turrialba, v. 41, n. 3, p. 285-288, sept. 1991
- BOIÇA JR, A. L.; SANTOS, T. M.; PASSILONGO, J. *Trigona spinipes* (Fabr.) (Hymenoptera: Apidae) em espécies de maracujazeiro: flutuação populacional, horário de visitação e danos às flores. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 135-139, abr. 2004.
- BROSI, B. J. et al. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. **Journal of Applied Ecology**, Hoboken, v. 45, n. 3, p. 773-783, June. 2008.
- CASTRO, M. S. et al. Stingless Bees. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; DE JONG, D. **Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting the best practices**. Ribeirão Preto: Ed. Holos, 2006. p. 75-88.
- CARVALHO, A. et al. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.
- CEPEDA-VALENCIA, J.; GÓMEZ, D. P.; NICHOLLS, C. La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 40, n. 2, p. 241-250, dic. 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira de café - quarto levantamento - safra 2018**, v. 5, n. 4. Brasília, dez. 2018. 84 p.
- CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal dezembro/2018**. Brasília, 2018. 22 p.
- CORBET, S. A.; WILLIAMS, I. H.; OSBORNE, J. L. Bees and pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, Buckinghamshire, v. 72, n. 2, p. 47-59, 1991.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007.

DE MARCO JR, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 13, n. 7, p. 1245-1255, June 2004.

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

GIANNINI, T. C. et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 108, n. 3, p. 849-857, June 2015b.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, Amherst, v. 4, n. 1, p. 1-9, June 2001.

FREITAS, L. Concepts of pollinator performance: is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology? **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 3-8, Mar. 2013.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2012. chap. 4, p. 103-118.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Hoboken, v. 90, n. 1, p. 153-157, Jan. 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 of London B**, London, v. 270, n. 1518, p. 955-961, Mar. 2003b.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, Hoboken, v. 40, n. 5, p. 837-845, Oct. 2003c.

KLEIN, A. M. et al. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 16, n. 4, p. 1003-1014, Aug. 2002.

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

KRUG, C.; SILVA, C. I.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Interaction between bees and the tristylous flowers of *Oxalis cytisoides* Mart. & Zucc. (Oxalidaceae). **Psyche: A Journal of Entomology**, Cambridge, v. 2012, n. 3, p. 1-8, 2012.

LAMBSHEAD, P. J. D.; PLATT, H. M.; SHAW, K. M. Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. **Journal Natural History**, London, v. 17, n. 6, p. 859-874, 1983.

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, maio 2012.

MALERBO-SOUZA; D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A.; SOUZA, J. C. 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, jan. 2003.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. Baltimore: J. Hopkins University Press. 2007. 953 p.

NGO, H. T.; MOJICA, A. C.; PACKER, L. Coffee plant-pollinator interactions: a review. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 89, n. 8, p. 647-660, July 2011.

NOGUEIRA-NETO, P.; CARVALHO, A.; ANTUNES-FILHO, H. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. **Bragantia**, Campinas, v. 18, n. 29, p. 441-468, dez. 1959.

PIRES, V. C. et al. Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, Toronto, v.13, n.16, p.151-160, Apr. 2014.

RSTUDIO TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

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

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 18, n. 5, p. 1262-1271, Oct. 2004a.

RICKETTS, T. H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 101, n. 34, p. 12579-12582, Aug. 2004b.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. New York: Cambridge University Press, 1989. 514 p.

ROUBIK, D. W. The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, London, v. 417, n. 6890, p. 708, June. 2002a.

ROUBIK, D. W. Feral african bees augment neotropical coffee yield. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministry of Environment, 2002b. p. 255-266.

SATURNI, F. T.; JAFFÉ, R.; METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 235, n. 1, p. 1-12, Nov. 2016.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois, 1949. 144 p.

SILVA-NETO C. M. et al. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, Toronto, v. 11, n. 6, p. 41-45, Sept. 2013.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. 1. ed. **Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.

STATISTICA Statsoft, Inc. (data analysis software system), version 7. URL <http://www.statsoft.com>. 2004.

STEFFAN-DEWENTER, I. et al. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, Hoboken, v. 83, n. 5, p. 1421-1432, May 2002.

STEFFAN-DEWENTER, I.; MÜNZENBERG, U.; TSCHARNTKE, T. Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. **Proceedings of the Royal Society of London B**, London, v. 268, n. 1477, p. 1685-1690, Aug. 2001.

VEDDELER, D. et al. The contribution of non-managed social bees to coffee production: new economic insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 73, n. 2, p. 109-114, Mar. 2008.

VERGARA, C. H.; BADANO, E. I. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: the importance of rustic management systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 129, n. 1-3, p. 117-123, Jan. 2009.