



CÍCERO MAGNUS DA SILVA

**DIVERSIDADE DE ABELHAS
EM PLANTAS ATRATIVAS CONSORCIADAS EM
AGROECOSSISTEMA CAFEIEIRO**

**LAVRAS – MG
2021**

CÍCERO MAGNUS DA SILVA

**DIVERSIDADE DE ABELHAS EM PLANTAS ATRATIVAS CONSORCIADAS EM
AGROECOSSISTEMA CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Luis Cláudio Paterno da Silveira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2021**

**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, Cícero Magnus da.

Diversidade de abelhas em plantas atrativas consorciadas em
agroecossistema cafeeiro / Cícero Magnus da Silva. - 2020.
50 p. : il.

Orientador(a): Stephan Malfitano Carvalho.

Coorientador(a): Luis Cláudio Paterno da Silveira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Polinização. 2. Conservação. 3. Plantas companheiras. I.
Carvalho, Stephan Malfitano. II. Silveira, Luis Cláudio Paterno da.
III. Título.

CÍCERO MAGNUS DA SILVA

**DIVERSIDADE DE ABELHAS
EM PLANTAS ATRATIVAS CONSORCIADAS EM AGROECOSSISTEMA
CAFEIEIRO**

**BEE DIVERSITY ON ATTRACTIVE PLANTS CONSORTIATED IN COFFEE
AGROECOSYSTEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Entomologia, área de concentração em Entomologia para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de novembro de 2020

Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior - UFMG

Dr. Marcelo Mendes de Haro - Epagri

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Luis Cláudio Paterno da Silveira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2021**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-graduação em Entomologia (PPGENTO) e ao Departamento de Entomologia (DEN) pela oportunidade de trabalho.

Ao Departamento de Agricultura (DAG) e ao Prof. Rubens José Guimarães pela disponibilização da área de estudo

Aos orientadores Stephan Malfitano Carvalho e Luis Cláudio Paterno Silveira pela orientação, ensinamentos e parceria.

Ao Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior e Dra. Marise Silva pelo auxílio na identificação dos espécimes.

A Giana e Kelinton pelo auxílio em vários momentos vividos em Lavras.

E aos Doutores José Eustáquio dos Santos Júnior, Marcelo Mendes de Haro e Maurício Sérgio Zacarias por aceitarem fazer parte da banca.

RESUMO

A cultura do café é atualmente a *commodity* mais comercializada no mundo e a segunda em maior valor de mercado, perdendo apenas para o petróleo. O Brasil responde por 30% da produção mundial e é o maior produtor e exportador de café no mundo. Diversos estudos relatam o aumento de produtividade e qualidade dos cultivos agrícolas quando submetidos à polinização por abelhas. Entretanto, para haver polinizadores nos cultivos agrícolas deve haver constante disponibilidade de recursos florais, locais de refúgio e nidificação. Desta forma, ambientes com escassez de recursos florais geram um ambiente hostil para polinizadores nidificarem e se reproduzirem. Por isso, é necessária uma diversidade de espécies de plantas com diferentes características de inflorescência, para gerar abundância e constância de oferta de recursos florais. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a dinâmica faunística de abelhas (Apoidea: Apiformes) sobre diferentes plantas atrativas em agroecossistema cafeeiro. O presente trabalho foi conduzido no campus da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras-MG, Sul de Minas Gerais. Plantas associadas ao cafeeiro foram estabelecidas como tratamento, sendo elas: *Coriandrum sativum* (Coentro) cultivar Asteca; *Crotalaria breviflora* (Crotalária); *Raphanus sativus* (Nabo forrageiro); *Ocimum basilicum* (Manjericão) cultivar de manjericão folha fina; plantas espontâneas de crescimento natural (Espontânea) e canteiros de solo nu (Capina). Cada tratamento foi estabelecido em canteiros de 7,5 m² (5,0 x 1,5 m) nas entrelinhas do cafeeiro. Realizaram-se coletas ativas com rede entomológica a cada 14 dias, intercaladas com coletas passivas utilizando armadilhas do tipo pantrap (transparente). Ao todo foram realizadas 24 coletas, totalizando 1152 amostras. Os dados referentes à apifauna foram submetidos à análise faunística e comparados estatisticamente pela análise de variância. A análise variância dos dados de abundância mostra que os fatores tratamento, horário de coleta e número de coleta ao longo do tempo foram significativos. O tratamento manjericão apresentou diferença estatística significativa dos outros tratamentos ($p < 0,001$) com maior abundância de abelhas, representando 34,9% do total de indivíduos coletados. Houve a predominância de 74% de abelhas da subtribo Meliponina, o que revela a grande importância deste grupo para a polinização do cafeeiro e plantas nativas. Os índices de similaridade (Bray-Curtis) são relativamente baixos entre os tratamentos. O índice que apresentou uma similaridade relativamente expressiva foi entre manjericão e nabo (Similaridade=0,64). O manjericão pode aumentar a riqueza e abundância de abelhas em agroecossistemas, podendo ser uma opção aos produtores de café para a conservação de polinizadores.

Palavra-chave: Apiformes. Polinização. Conservação. Plantas companheiras.

ABSTRACT

Coffee crop is currently the most traded commodity in the world and the second with the highest market value, second only to petroleum. Brazil accounts for 30% of world production and is the largest producer and exporter of coffee in the world. Several studies report the increase in productivity and quality of agricultural crops when subjected to bees pollination. However, to have pollinators in agricultural crops must have constant availability of floral resources, refuge and nidification places. Thus, environments with a shortage of floral resources create a hostile environment for pollinators to nest and reproduce. Therefore, a diversity of plant species with different inflorescence characteristics is necessary to generate abundance and a constant supply of floral resources. This work was carried out with the objective of evaluating the bees fauna dynamics (Apoidea: Apiformes) on different attractive plants in coffee agroecosystem. The present work was carried out on the campus of the Federal University of Lavras, located in the municipality of Lavras-MG, South of Minas Gerais. Plants associated with coffee were established as treatment, namely: *Coriandrum sativum* (Coriander) Aztec cultivar; *Crotalaria breviflora* (Crotalaria); *Raphanus sativus* (Turnip); *Ocimum basilicum* (Basil) folha fina cultivar; spontaneous plants of natural growth (Spontaneous); beds of bare soil (weeding) were also established. Each treatment was established in beds of 7.5 m² (5.0 x 1.5 m) between the lines of coffee tree. Active collections were carried out with sweep-net every 14 days, interspersed with passive collections, which were also performed with pan traps (transparent). In all, 24 collections were made, totaling 1152 samples. Bee fauna data were submitted to fauna analysis and compared statistically by variance analysis. The variance analysis of the abundance data shows that the factors: treatment, time of collection and number of collection over time were significant. The basil treatment showed a statistically significant difference from the other treatments ($p < 0.001$), it had a higher bees abundance, representing 34.9% of the total collected individuals. There was a predominance of 74% of bees in the subtribe Meliponina, which reveals the great importance of this group for the pollination of coffee crops and native plants. Similarity rates (Bray-Curtis) are relatively low between treatments. The index that showed a relatively expressive similarity was between basil and turnip (Similarity = 0.64). Basil can increase the wealth and abundance of bees in agroecosystems and can be an option for coffee producers for the pollinators conservation.

Keywords: Apiformes. Pollination. Conservation. Companion plants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista aérea do experimento Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.	22
Figura 2 - Croqui do experimento realizado na Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG.	23
Figura 3 - Estimadores de suficiência amostral para as amostras coletadas sobre as plantas atrativas consorciadas com a cultura cafeeira, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	31
Figura 4 - Abundância dos grupos taxonômicos coletados nos diferentes tratamentos, em proporção, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	32
Figura 5 - Período de florescimento das plantas atrativas, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	35
Figura 6 - Abundância de abelhas ao longo do tempo por tratamento (planta), no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	35
Figura 7 - Abundância de abelhas em função da sequência de coletas, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	36
Figura 8 - Curvas de Rarefação de Coleman de espécies de abelhas coletadas sobre as plantas atrativas. Período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	37
Figura 9 - Diagrama da análise de cluster com as similaridades para abundância de abelhas coletadas nos tratamentos (plantas atrativas). Período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	38
Figura 10 - Representação gráfica da ordenação por NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis na composição de táxons de abelhas coletadas sobre os diferentes tratamentos (plantas atrativas). Período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Abundância e riqueza total de espécies registradas nas coletas nos tratamentos Capina (CAP), Coentro (COE), Crotalária (CRO), Espontânea (ESP), Manjerição (MAN), Nabo (NAB), Coleta Ativa (ATI) e Coleta Passiva (PAS) no período de fevereiro a julho de 2019, Lavras-MG, 2019.	28
Tabela 2 - Abundância relativa e absoluta de abelhas coletadas nos diferentes tratamentos, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.....	33
Tabela 3 - Riqueza de espécies em função do tratamento ou do horário da coleta, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Conservação de polinizadores em meio ao agroecossistema	13
2.2	Interação polinizador-planta	15
2.3	Recursos florais	16
2.4	Plantas utilizadas neste estudo	18
2.4.1	Café (<i>Coffea arabica</i>)	18
2.4.2	Coentro (<i>Coriandrum sativum</i>)	19
2.4.3	Crotalária (<i>Crotalaria breviflora</i>)	19
2.4.4	Manjericão (<i>Ocimum basilicum</i>)	20
2.4.5	Nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>)	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Área de estudo	22
3.2	Montagem do experimento	23
3.3	Amostragem de abelhas	24
3.4	Análise dos dados	25
4	RESULTADOS	27
5	DISCUSSÃO	40
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A cultura do café é um dos segmentos do agronegócio com grande representatividade na economia brasileira, responsável por 15,6% da produção de grãos no país. O café arábica contribuiu com 2,5 milhões de toneladas, o que representa 84,4% da produção total de grãos de café. A produção do café robusta alcançou 470,7 mil toneladas o que representa um pouco mais de 15% da produção brasileira. No cenário internacional, o Brasil é o maior produtor mundial de café, com produção de 41 milhões de sacas (60 kg) no ano de 2019. Isso representa um pouco mais de 30% da produção mundial (USDA, 2019).

Neste contexto, o café é considerado a *commodity* mais comercializada no mundo e a segunda em maior valor de mercado, atrás somente do petróleo (FREDERICO; BARONE, 2015). A maior parte da produção dos cafés é oriunda das regiões do Sul de Minas Gerais e do estado de São Paulo. O Brasil possui 188.180 estabelecimentos que produzem cerca de 1,9 mil toneladas de café. A região Sudeste representa 83,9% dos estabelecimentos produtores contribuindo com 92,9% da produção nacional de grãos (verde). O estado de Minas Gerais possui o maior número de estabelecimentos de produção de café arábica representando 63,5% do total e também contribui com 75,6% da produção nacional (café em grão verde) (IBGE, 2017).

Os cafeicultores identificados como de agricultura familiar produzem aproximadamente 33% de todo o café nacional. Estes representam 80% do total das propriedades e a maior parte deles possuem até 50 hectares, com variações em relação às regiões do país. O café arábica é cultivado por 69,5% das propriedades e o restante por café robusta (IBGE, 2006).

No aspecto fenológico, os recursos florais do café arábica são limitados devido o pequeno tempo de abertura das flores, que é em torno de três dias quando há uma floração uniforme. Entretanto, esta característica em monocultivo oferece uma riqueza ambiental extremamente simplificada (BRASIL, 2009). Frutos maduros resultantes de polinização são mais pesados do que ramos de café sem a visita de polinizadores. Há um aumento médio de 25% na massa dos frutos oriundos de polinização, quando apenas abelhas melíferas eram mais abundantes em flores de café (ROUBIK, 2002). A polinização aberta por vento gerou 12% a menos no número em relação a frutos oriundos da polinização por abelhas. Desta forma, a polinização cruzada por abelhas causa um aumento significativo no conjunto de frutos, não apenas em espécies de café auto-estéril, mas também em café auto-fértil. Isto implica em uma possibilidade de aumentar a produção do café através do manejo dos campos para favorecer a

visitação de abelhas as flores de café (KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003).

No Brasil, ainda não existe uma estimativa do retorno econômico sobre a polinização entomófila em todas as culturas. Porém, sabe-se que além do café, outros cultivos perenes podem ser beneficiados pela presença dessa espécie de abelhas. Toledo et al. (2013) relataram um aumento de 30% na produção de laranjas (*Citrus sinensis*), após a introdução de *A. mellifera* no cultivo, além da produção de frutos mais doces. Delaplane; Mayer (2000) também já alertaram que a falta de polinizadores em cultivos de maçã (*Malus x domestica*) pode reduzir a produção em até 100%. Neste sentido, os produtores tem lançado mão do uso de polinização dirigida. Contudo, acredita-se que a manutenção de plantas atrativas pode ser mais viável economicamente do que o aluguel de colmeias, por exemplo.

Em monocultivos evidencia-se a escassez de recursos florais, o que acarreta em um ambiente prejudicial aos insetos benéficos, como os polinizadores e os agentes de controle biológico. Assim, é fundamental o enriquecimento da diversidade de espécies de plantas no ambiente agrícola, permitindo o aumento da riqueza e abundância de espécies de flores espontâneas, bem como de abelhas selvagens. As plantas espontâneas cultivadas também suportam muitas espécies de visitantes florais e possuem um papel importante na estabilização de serviços ecossistêmicos onde provedores tenham sido perdidos (GRASS et al., 2016)

Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a dinâmica faunística de abelhas (Apoidea: Apiformes) sobre o efeito de diferentes plantas atrativas cultivadas nas entrelinhas do agroecossistema cafeeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conservação de polinizadores em meio ao agroecossistema

Nos cultivos agrícolas preocupam-se muito com a produtividade e os fatores que a afetam diretamente, como o investimento em insumos e o controle de pragas e doenças. Embora se conheça a importância da polinização nos cultivos, as abelhas muitas vezes não são vistas como um fator primário que incrementam a produtividade. Entretanto, se perde muito em produtividade quando as espécies de plantas cultivadas são dependentes de polinização cruzada. Deve-se considerar que nos cultivos de 141 plantas domesticadas pelo homem, 85 destas são dependentes de polinização por zoofilia, enquanto que apenas 56 culturas do total não dependem desse serviço ecossistêmico. Dentre as plantas dependentes de polinização por zoofilia, mais de um terço tem dependência essencial ou em grande parte por esse tipo de polinização. A importância da polinização reflete na geração de uma renda financeira que totaliza aproximadamente 30% da renda anual de todas as culturas dependentes (KLEIN et al., 2006; GIANNINI et al., 2015).

O aumento da população humana e a crescente demanda por alimentos podem representar desafios futuros para reconciliar o aumento da produção agrícola com a conservação de espécies de polinizadores e serviços de polinização (GEERAERT et al., 2020). A presença de abelhas nos cultivos depende de vários fatores ambientais do agroecossistema. O manejo do uso da terra geralmente é focado em poucas espécies e processos de escala local. A produção agrícola global aumenta, e segue uma tendência de aumento de demanda de alimento, devido ao crescimento populacional, o que exerce uma pressão sobre o sistema produtivo. Neste contexto, também se acrescenta o aumento da intensidade de manejos (aplicação de pesticidas, fertilizantes e máquinas). Isso torna o ambiente de cultivo hostil para a nidificação de abelhas, podendo até causar uma extinção local. A intensificação dos manejos agrícolas entram em choque com a conservação da biodiversidade caracterizando um “trade-off” entre produção e conservação (HIPÓLITO et al., 2018).

Atualmente, o declínio dos polinizadores é uma preocupação mundial. Tem sido associado à degradação ambiental local e global, e isso tem afetado diretamente a polinização de culturas e plantas silvestres. A manutenção de uma grande diversidade de polinizadores depende da redução da intensidade de manejo de paisagens agrícolas (KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI et al., 2019).

Além de considerar a intensidade dos manejos agrícolas, também é necessário levar em conta a manutenção de insetos benéficos no agroecossistema, ponderando a aplicação de algumas práticas que podem garantir um ambiente menos hostil para estes insetos. A melhora das condições de nidificação, considerando as particularidades de cada uma das espécies polinizadoras, pode aumentar a riqueza de espécies nos cultivos. Devem-se adaptar as práticas de cultivos e manter locais de nidificação nas florestas vizinhas para abelhas que nidificam no solo, ou, deixar madeira em início de decomposição (ou morta) para favorecer as abelhas que fazem ninhos em orifícios de madeira. A disponibilização de recursos florais adequados na área também pode otimizar serviços ecossistêmicos, fazendo rotação de culturas com a floração dos cultivos aumentando a oferta de recursos em escala temporal (KLEIN et al., 2006).

O aumento da oferta de recursos florais pode ser realizada através de plantas associadas a outras funções, como aquelas utilizadas na melhoria das condições de solo, quebra de ciclo de pragas e controle de erosão. A conexão de habitats com faixa de flores e cercas-vivas em torno dos campos aráveis também pode aumentar a frequência e a riqueza de insetos polinizadores em áreas agrícolas. Essa conexão liga áreas de cultivo as florestas e/ou ambientes naturais do entorno, formando assim os chamados “corredores ecológicos”. A redução do uso de produtos fitossanitários, especialmente inseticidas de amplo espectro, em épocas de floração, impede que ocorra o colapso da população de polinizadores no campo e nos arredores. Produtos com propriedade sistêmica, também podem ser prejudiciais, pois podem contaminar o néctar e pólen (KLEIN et al., 2006).

As comunidades de abelhas em áreas ruderais são significativamente menos diversas do que em áreas de vegetação nativa, elas possuem cerca da metade da riqueza e um terço da abundância. Isso ocorre devido à diversidade, riqueza e abundância de recursos florais serem significativamente menores em pastagens ruderais do que em áreas nativas. Cabe ressaltar que os baixos níveis de recursos florais podem deteriorar substancialmente as comunidades de abelhas (KWAISER; HENDRIX, 2008).

A produtividade em cultivos dependentes de polinização é menor onde a paisagem da propriedade agrícola é mais homogênea. Isto ocorre porque em áreas cultivadas, inseridas em uma paisagem heterogênea, com presença de vegetação natural há maior abundância de polinizadores e riqueza de espécies. A riqueza de espécies nem sempre está correlacionada com a eficiência na polinização, contudo, a abundância de polinizadores é que traz benefícios dos serviços de polinização, comumente chamado de serviço ecossistêmico (CONNELLY; POVEDA; LOEB, 2015).

A relação entre polinizadores e seus requisitos de habitat é um desafio para agricultores que exploram culturas que são exigentes em polinização cruzada por entomofilia. As flores de plantas espontâneas que ocorrem naturalmente no ambiente podem ofertar recursos florais sem a necessidade de cultivos de plantas companheiras, como também servirem como atrativas aos insetos benéficos. Entretanto, plantas espontâneas podem competir no momento da floração do cultivo de interesse. Para aumentar a riqueza de flores uma estratégia seria manter áreas não cultivadas próximo de cultivos de plantas alógamas (dependentes da polinização), uma vez que áreas não cultivadas podem sustentar a riqueza de espécies de abelhas importantes para o cultivo ao longo do tempo (KNAPP; SHAW; OSBORNE, 2019).

2.2 Interação polinizador-planta

A intensificação da agricultura gera perda de recursos florais. Uma estratégia para mitigar e conservar a apifauna no agroecossistema é fazer o enriquecimento das áreas com plantas em florescimento e assim suplementar os requisitos alimentares das abelhas. A escolha correta das plantas é fundamental, pois o conjunto de plantas cultivadas escolhidas influencia na fisiologia e comportamento das abelhas. Cada planta possui pólen de características nutricionais inerentes à espécie. Ao dispor de um conjunto de espécie de plantas com seus recursos florais, as abelhas poderão coletar quantidade e qualidade suficientes de néctar e pólen para suprir suas necessidades fisiológicas (TREANORE et al., 2019).

O comportamento chamado “constância das flores” é uma habilidade da abelha. Consiste em compreender as características florais das plantas que oferecem as melhores recompensas de néctar e de visitar estas flores em relação às outras fontes de néctar disponíveis. As abelhas conseguem associar diferenças na qualidade do pólen com características florais, como a cor das pétalas. Assim, a abelha pode escolher as flores antes do pouso e dessa forma explorar mais eficientemente a recompensa disponível (pólen ou néctar) (NICHOLLS; IBARRA, 2014).

O resultado das interações entre dois organismos em que há benefício mútuo e que tem aumento do valor adaptativo pode ser chamado de mutualismo. Na relação com as abelhas, as flores estabelecem um mutualismo planta-polinizador. Pois, as flores oferecem recursos florais para atrair polinizadores e obtém como retorno o aumento da fecundação cruzada. Uma das vantagens da polinização cruzada pode ser a ampliação do número de sementes

formadas para a disseminação e propagação da espécie. Enquanto as abelhas obtêm como benefício os recursos florais que tem diversas finalidades, além da alimentação e procriação (SILINGARDI, 2012). A diversidade da forma floral que ocorre em angiospermas é atribuída ao efeito das preferências de forrageamento dos polinizadores na evolução da exibição floral (SCHIESTL; JOHNSON, 2013).

2.3 Recursos florais

Por serem seres sésseis, as plantas não podem “fugir” dos seus “inimigos naturais” ou migrar para outros lugares ao longo da sua vida. As plantas se defendem interagindo com o ambiente em que estão inseridas através de compostos orgânicos voláteis biogênicos provenientes do seu metabolismo secundário. Esses compostos voláteis são uma das defesas de plantas que foram sendo aperfeiçoadas ao longo da evolução (MARQUES, 2012). Os voláteis florais são um importante componente do conjunto de características das inflorescências de plantas. Os quais são instrumentos químicos para atrair e manipular seus polinizadores. A atração de polinizadores pode ocorrer durante o período diurno ou noturno (KRUG et al., 2018).

Com relação a polinizadores, as plantas dependentes de polinização zoófila precisam atrair os seus agentes de polinização para receber os serviços. Para ser reconhecida pelo polinizador, a flor precisa emitir compostos orgânicos voláteis biogênicos. O desenvolvimento de novas interações derivou do desenvolvimento, em parte, por canais de comunicação química. Grande variedade de substâncias químicas produzidas preexistentes podem ter assumido novas funções biológicas, como a atração de polinizadores. A evolução desses compostos contribuiu para a diversificação das plantas com flores e suas características florais (FARRÉ-ARMENGOL et al., 2013).

As plantas podem oferecer vários recursos florais aos seus visitantes para atrair a atenção de polinizadores. O pólen é o gametófito masculino produzido nas anteras das flores estaminadas e também é um recurso alimentar importante para abelhas e outros insetos. O néctar, de maneira geral, é uma solução de água e açúcares (sacarose, glicose e frutose) e possui em pequenas quantidades aminoácidos, proteínas, enzimas, lipídios, minerais, entre outros. O néctar é um recurso que fica disponível aos visitantes florais enquanto durar a antese da flor. As abelhas ainda podem explorar outros recursos florais como óleos, resinas e as partes florais (SILINGARDI, 2012).

O pólen é uma fonte essencial de proteína para a nutrição de larvas de abelhas. Em diversos grupos de abelhas, as células de cria são providas por uma mistura de néctar e pólen, os quais servirão mais tarde para o desenvolvimento da larva. As larvas de abelhas podem ter necessidades nutricionais oriundas do pólen de forma variada de acordo com a espécie de abelha. O valor nutricional do pólen varia de acordo com a espécie de vegetal. Quando a abelha coleta o pólen ela pode memorizar características das flores que produzam pólen com as características organolépticas que melhor se adequam as necessidades nutricionais das larvas (NICHOLLS; IBARRA, 2014).

A quantidade de pólen necessária para a reprodução é grande. Por isso, a supressão de plantas-chaves pode ser o principal motivo para o declínio de algumas populações de abelhas. A redução da quantidade e diversidade de flores pode gerar escassez de alimentos para espécies raras de abelhas, podendo ser a principal causa do declínio de muitas abelhas nas últimas décadas. Além disso, a destruição de habitats e práticas agrícolas modernas trazem uma considerável redução de diversidade de espécies vegetais e na quantidade de flores em muitas regiões do mundo (MÜLLER et al., 2006).

O aprendizado e memória dos polinizadores geralmente é correlacionado com o néctar, mesmo que o pólen seja um recurso essencial para o desenvolvimento da fase jovem das abelhas. Estudos têm demonstrado que o pólen tem maior importância na memorização, como recompensa da visita floral. Nas abelhas várias características contribuem para a visita de flores. Por isso, é importante compreender que o aprendizado e memória das características florais ocorrem nas abelhas. Quanto mais experiência têm as abelhas, mais forte são as preferências delas. A expressão das abelhas referentes à corola e antera evidenciam a associação com recompensas com pólen, e desta forma tem desempenhado papel importante na evolução da exibição floral (RUSSELL et al., 2015).

Através dos seus órgãos sensoriais (ou sensilos), as abelhas conseguem perceber ou sentir o ambiente. Os sensilos convertem a luz, voláteis químicos e energia mecânica originada em um ambiente em impulsos nervosos. Estes são processados no cérebro que dará uma resposta comportamental ao estímulo. A visão de cores é comprovada em abelhas e ela é conhecida apenas por que as abelhas visitam flores usando sinais visuais para coletar recursos (NICHOLLS; IBARRA, 2014).

Através das suas características, as flores transmitem sinais florais aos polinizadores. A abelha, por sua vez, através da visão de cores e olfato codifica os sinais e seleciona aquele de maior interesse. No sobrevoo as abelhas veem plantas com todas as diferenças de cor, padrão e aroma (voláteis). Assim, encontram flores de diferentes espécies a cada segundo e

precisam processar sua memória de diferentes categorias sensoriais e escolher a planta que melhor cede o retorno da polinização. As abelhas sociais, em sua maioria, são polinizadores abundantes, sendo que sua preferência na escolha de flores geram uma grande pressão de seleção sobre estas para otimizar seus sinais. Através de mutação as flores alteram seus caracteres fenotípicos. A mais sutil mudança de caracteres pode influenciar consideravelmente o comportamento dos polinizadores (CHITTKA; RAINE, 2006).

Os nectários florais de algumas espécies de citros e café fornecem néctar composto de cafeína, que altera a resposta comportamental do inseto devido a *corpora pedunculata* responder a esta substância. Em três espécies de café e quatro espécies de citros foram realizados testes cognitivos analisando cafeína e açúcares (sacarose, glicose e frutose). Constataram que há evidências que os compostos vegetais são capazes de aumentar a memória de recompensa dos visitantes florais. As abelhas recompensadas com cafeína, que ocorre naturalmente no néctar das espécies do gênero *Coffea* e *Citrus*, eram três vezes mais propensas a lembrar do perfume floral aprendido, do que aquelas recompensadas apenas com sacarose. Neste trabalho, também foi evidenciado que compostos de defesa vegetal também pode ocorrer em nectários. Ao possuir uma substância que aumenta as memórias de recompensa, as plantas garantem a fidelidade dos polinizadores e melhoram o sucesso reprodutivo (WRITGH et al, 2013).

2.4 Plantas utilizadas neste estudo

2.4.1 Café (*Coffea arabica*)

O café (*Coffea* sp.) tem como centro de origem o continente Africano. É uma planta pertencente à família Rubiaceae, sendo que existem aproximadamente 500 gêneros e 6.000 espécies nessa família. As espécies comercialmente mais cultivadas são o café arábica (*Coffea arabica* L.), com centro de diversidade nas terras altas da Etiópia e o café robusta (*Coffea canephora* L.) que ocorre na forma silvestre no oeste da África, nas proximidades do grande lago Victória a 1500 m de altitude. O café arábica representa 80% dos cafés produzidos no mundo, enquanto que o café robusta representa os restantes 20% (TEKETAY,1999).

As estratégias para conservar serviços de polinização podem aumentar a produtividade dos cultivos cafeeiros em média 30%. O resultado desta produtividade pode ser melhor explicado pela relações negativas entre as variáveis de isolamento do cultivo em relação a fazendas de café distantes de áreas naturais, semi-naturais ou intensamente manejadas. As

fazendas isoladas e com manejo intenso demonstram riqueza e abundância baixa em comparação de cultivos próximos a estas áreas (HIPÓLITO; BOSCOLO; VIANA, 2018). Embora um resultado relacionado à produtividade seja muito interessante e tenha outros trabalhos no mesmo sentido, este resultado conflitou com estudos anteriores consolidados sobre a biologia floral e reprodução de *C. arabica* realizada por melhoristas, os quais tinham concluído que esta espécie tem polinização cruzada limitada, sugerindo um estudo mais aprofundado sobre o tema (CARVALHO; KRUG, 1949; CARVALHO; KRUG, 2010; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003).

Quando polinizado por abelhas o fruto do café arábica possui o tamanho significativamente maior do que frutos autopolinizados. Desta forma, estes potenciais polinizadores do café podem ser fomentados quando a propriedade cafeeira é circundada por florestas, tornando possível manter polinizadores nas propriedades (GEERAERT et al., 2020).

2.4.2 Coentro (*Coriandrum sativum*)

O Coentro (*Coriandrum sativum*) pertence à família Apiaceae. A palavra “Koriandron” deriva da palavra grega kóris que significa percevejo, possui aroma acentuado lembrado por algumas pessoas o cheiro característico deste inseto. É uma espécie originária do continente Europeu e Africano, sendo cultivado há mais de 3000 anos. Os frutos e folhas de coentro são utilizados como temperos em vários países também sendo parte essencial do “curry” em pó. É utilizado como planta aromática, condimentar e medicinal, sendo fonte de vitamina A e C, além de cálcio e ferro. O coentro é uma hortaliça folhosa herbácea de ciclo anual. O sistema radicular é do tipo pivotante e as folhas são compostas de disposição alternada. A sua inflorescência é do tipo umbela, de coloração branca ou roxa, e hermafroditas (NASCIMENTO, 2014).

O coentro é relatado como planta companheira em cultivos e mantenedora de inimigos naturais. Em consórcio de couve e coentro já tem sido relatado à abundância significativa de diversas espécies de joaninhas (Coccinellidae/Coleoptera) (RESENDE et al, 2008).

2.4.3 Crotalária (*Crotalaria breviflora*)

A crotalária (*Crotalaria breviflora*) é uma planta originária das Américas da família Fabaceae, sub família Faboidea (Papilionoidea). São encontradas mais de 600 espécies deste gênero. Trata-se de uma planta de porte baixo, pouco ramificada com inflorescência em

racemos. As flores são amarelas com estrias vermelhas. A planta é precoce com abundante produção de sementes de ciclo curto. É uma planta anual, de clima tropical, e subtropical, e desenvolve-se bem em diversos tipos de solo. O plantio recomendado é de setembro a dezembro. Em locais onde não ocorre geada o plantio pode ser feito até abril. Geralmente é utilizada como adubação verde ou consorciado com milho, mandioca ou intercalado com o cafeeiro. Raramente apresenta problemas com pragas ou doenças. Eventualmente sofre ataque de lagartas *Utethesia ornatix* sem provocar prejuízos no desenvolvimento da planta. (CALEGARI; COSTA, 1993).

A crotalária é cultivada como adubo verde devido a sua alta capacidade de fixação de nitrogênio no solo, redução de plantas infestantes consideradas daninhas, redução de nematóides fitófagos, etc. A crotalária também é utilizada na produção de fibras na Índia, sendo uma das primeiras plantas utilizadas na extração de fibras (RAKESH et al., 2019).

2.4.4 Manjericão (*Ocimum basilicum*)

O manjericão (*Ocimum basilicum*) é uma planta aromática da família Lamiaceae sendo a África considerada o principal centro de diversidade deste gênero. É muito utilizado para a extração de óleos essenciais e popularmente utilizado como medicamento em várias regiões do mundo. A identidade botânica das espécies e variedades de manjericões publicadas em trabalhos ainda gera dúvida entre pesquisadores. Há dificuldade de caracterizar as mais de 60 cultivares de *Ocimum basilicum*, pois trata-se de uma espécie muito diversificada e de reprodução alógama (EMBRAPA, 2011).

2.4.5 Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) é uma planta herbácea da família Brassicaceae (Sinônimo: Cruciferae). Possui o hábito de crescimento ereto, muito ramificada, medindo de 100 a 180 cm de altura. As inflorescências são terminais, em racemos longos, com flores predominantemente brancas, às vezes roxas ou brancas com matizes roxos ou lilases. Os frutos são síliquas indeiscentes e a raiz é pivotante profunda, às vezes tuberosa. O nabo forrageiro é uma Brassica anual cultivada principalmente no inverno e é amplamente difundida na região Sul do Brasil. No Mato Grosso também é cultivada no inverno e semeada a partir de abril. O crescimento inicial é rápido, classificado como planta com capacidade de controlar invasoras. Em área do cerrado de Goiânia, ciclo de aproximadamente 45 dias até o

florescimento, seja em semeadura em fase inicial ou fase final do ciclo de chuvas. Na região Sul as temperaturas relativamente baixas favorecem o florescimento abundante. O cultivo desta planta não requer tratamentos culturais e não apresenta problemas com pragas ou doenças (CARVALHO; AMABILE, 2006). Na região Sul a floração geralmente tem início com 70 a 80 dias e a floração plena atingida aos 120 após a semeadura (CALEGARI; COSTA, 1993).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Os experimentos foram conduzidos no campus da Universidade Federal de Lavras, na área de experimentação do Departamento de Agricultura (DAG), localizada no município de Lavras, Sul de Minas Gerais. As coordenadas geográficas do local são 21°31'33" latitude Sul e 44°58'17" longitude Oeste, situando-se a uma altitude média de 938 m. O clima do município é do tipo Cwa de Köppen (mesotérmico com inverno seco e chuva no verão). A precipitação e a temperatura médias anuais são de 1460 mm e 19,4°C, respectivamente, 66% da precipitação ocorrendo no período de novembro a fevereiro (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). O cafeeiro (*Coffea arabica*) implantado é uma cultivar chamada Travessia (cruzamento de Catuai Amarelo com Mundo Novo) e possui uma área aproximada de 2.450 m² com nove linhas de plantio, espaçamento entre linha aproximado de 2,65 m e entre plantas de 0,60 m (Figura 1).

Figura 1 - Vista aérea do experimento Lavras, MG. UFLA: Universidade Federal de Lavras.



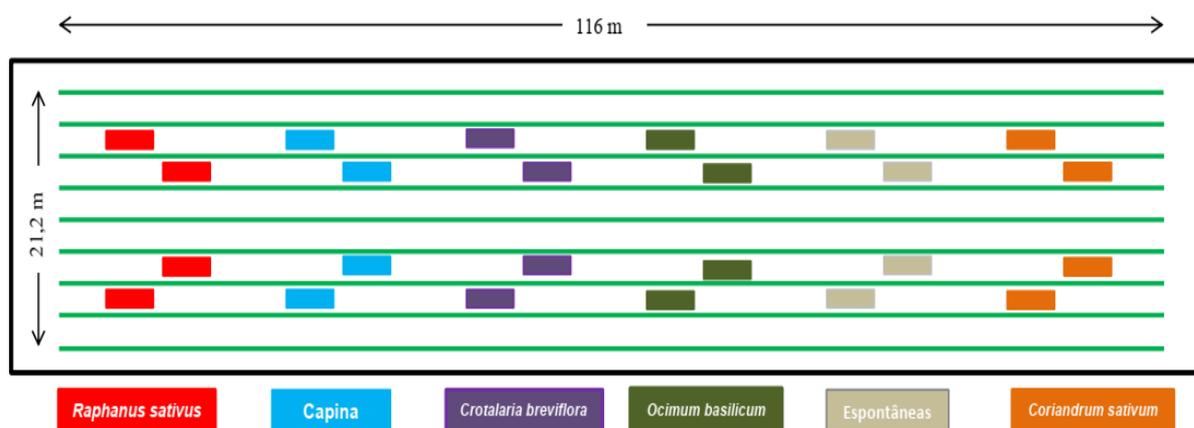
Fonte: Google Earth. Adaptado pelo autor (2020).

3.2 Montagem do experimento

As espécies de plantas associadas ao cafeeiro e estabelecidas como tratamento foram: 1. *Coriandrum sativum* (Coentro) cultivar Asteca (Sakata[®]); 2. *Crotalaria breviflora* (Crotalária) (BR Seeds[®]); 3. *Raphanus sativus* (Nabo forrageiro) (BR Seeds[®]); 4. *Ocimum basilicum* (Manjericão) cultivar de manjericão folha fina (Top Seeds[®]); 5. Plantas espontâneas e invasoras (Espontânea) presentes na área e, 6. solo nu (Capina).

Os cultivos associados foram implantados em pequenas faixas de 7,5 m² (5,0 x 1,5m) nas entrelinhas do cafeeiro, distribuídos de forma casualizada, conforme croqui (Figura 2), chamadas aqui de “spot” ou canteiro. Foram estabelecidas quatro repetições de cada tratamento afastados de forma equidistante conforme croqui anexo. As mudas dos tratamentos foram obtidas através do cultivo inicial em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com 128 células, exceto para *R. sativus* que foi semeado diretamente no solo e *C. sativum* que foi obtido da empresa Ponte Alta Mudas de Hortaliças (Alfenas, MG). O substrato utilizado foi Carolina Soil[®] do Brasil com vermiculita, turfa e traços de outros componentes. As espécies conduzidas em bandejas foram transplantadas a campo quando atingiram o seu desenvolvimento ideal para o transplante.

Figura 2 - Croqui do experimento realizado na Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG.



Fonte: Do autor (2020).

O coentro foi semeado em 18/11/2018 e transplantado para o campo quando estava com 62 dias, em 21/01/2019, ou três folhas verdadeiras formadas. O espaçamento adotado no momento do transplante foi de 0,2 m entre linhas e 0,05 m entre plantas ou 20 sementes por metro linear, totalizando 100 plantas por metro quadrado.

O manjeriço foi transplantado para o campo em 22/01/2019, quando estava com 42 dias após sementeira, em 19/12/2018, ou quatro folhas verdadeiras formadas. O espaçamento adotado no momento do transplante foi de 0,3 m entre linhas e 0,3 m entre plantas totalizando 11 plantas por metro quadrado.

A crotalária foi semeada no dia 08/11/2018 e transplantada em 14/12/2018. O espaçamento adotado no momento do transplante foi de 0,5 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, ou aproximadamente 3,3 sementes por metro linear. O total foi de aproximadamente sete plantas por metro quadrado.

O nabo forrageiro foi semeado diretamente no solo em 27/01/2019. O espaçamento adotado no momento da sementeira foi de 0,25 m entre linhas e 0,04 m entre plantas, totalizando 100 plantas por metro quadrado.

O tratamento onde ocorreu o desenvolvimento de plantas espontâneas foi inicialmente roçado a 10 cm acima do solo no dia 08/11/2018.

O tratamento “Capina” recebeu o manejo de capina manual a partir de 27/01/2019. Após a primeira capina, a cada 15 dias foi realizada a manutenção dos canteiros, utilizando enxada manual. Nenhum dos tratamentos recebeu tratamentos culturais exceto a manutenção de capinas para garantir o estabelecimento das culturas.

3.3 Amostragem de abelhas

O monitoramento da diversidade de insetos foi realizado através de coletas passivas e ativas. As coletas passivas foram realizadas através de pratos-armadilhas ou “pantrap” transparentes (1 L) instaladas no centro de cada faixa (spot) contendo água, sal de cozinha (NaCl) e algumas gotas de detergente. Os pratos armadilhas transparentes foram utilizados para capturar insetos que são atraídos pelas plantas atrativas e não pela cor da armadilha. Foi instalado um suporte por canteiro e em cada suporte havia quatro pantrap, com 200 ml de água. A altura das armadilhas em relação ao solo foi 0,8 m. A primeira coleta passiva iniciou-se em 05/02/2019, sendo que os pratos-armadilhas permaneciam no local durante 96 horas. As coletas passivas foram realizadas a cada 14 dias.

Intercalado com a coleta passiva foram realizadas coletas ativas, a partir de 08/02/2019. As coletas ativas foram realizadas com auxílio de rede entomológica a cada 14 dias em três horários diferentes (9 h, 12 h e 15 h). Desta forma, foi feita uma coleta por semana. Foram utilizadas coletas ativa e passiva, com o objetivo de haver complementariedade entre os dois métodos de amostragem.

A coleta ativa foi feita em cada tratamento durante um minuto (1 min) com 70 movimentos de rede sobre todo o canteiro, acima do nível do dossel das plantas ou do solo (tratamento capina). O intervalo das coletas entre os tratamentos foi em torno de um minuto (1 min), quando condições climáticas favoráveis e serviu para acondicionar os insetos coletados. O tempo de coleta em cada horário variou de 70 a 90 minutos em função das condições climáticas.

As amostras coletadas foram acondicionadas em potes de plástico e em seguida armazenadas em álcool 70°GL (coleta passiva). No caso dos insetos coletados de forma ativa, foi realizada a morte por torpor em frio no freezer (-18°C), e posteriormente o armazenamento em álcool 70°GL. As etapas de triagem, montagem e identificação dos insetos coletados foram realizadas no Laboratório de Estudo em Abelhas do Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

No laboratório, todas as amostras passaram por limpeza e triagem. As abelhas foram identificadas e separadas dos outros artrópodes presentes nas amostras. Posteriormente, foram montadas para identificação. As abelhas montadas foram mantidas em caixas entomológicas com naftalina para a conservação. As espécies de maior abundância foram mantidas em microtubos de centrifugação com álcool. Através da consulta a artigos e especialistas da área conseguiu-se chegar ao nível de espécie em alguns morfotipos.

3.4 Análise dos dados

Os parâmetros avaliados foram riqueza e abundância de espécies de abelhas que foram coletadas sobre as diferentes espécies de plantas. A curva de rarefação de espécies de Coleman e a curva do índice estimador de espécie Bootstrap foram criadas através do sistema EstimateS[®]. As análises de cluster e análise NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) e índices de diversidade foram feitos através do *software* PAST[®].

Os resultados de riqueza e abundância foram submetidos à análise de variância e quando o $F < 0,01$ significativo seguiu-se com o teste de separação de médias, teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no *software* Statistica 8.0 (STATSOFT, 2007).

As abelhas coletadas e identificadas nos tratamentos Capina, Coentro, Crotalária, Espontânea, Manjerição e Nabo foram segregadas por tratamento, submetidas à análise faunística e contabilizada a curva de coletores, o que permite ter a resposta da suficiência

amostral e regularidade em cada tratamento. Cálculos de abundância e frequências e demais gráficos foram feitos no *software* Microsoft Excel 2010.

4 RESULTADOS

Ao todo foram coletadas 1152 amostras durante o período de 05/02/2019 a 15/07/2019. Foram coletados 2511 espécimes de Apoidea, Apiformes e identificadas 81 espécies, distribuídas em cinco famílias (Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae) e oito subfamílias (Panurginae, Apinae, Halictinae, Xylocopinae, Paracolletinae, Hylaeinae, Megachilinae e Oxaeinae). Algumas abelhas permaneceram como morfo-espécie, pois não havia disponível chaves dicotômicas no momento da identificação.

Das espécies coletadas, as quinze mais abundantes foram *Paratrigona subnuda* Moure, 1947; *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811); *Apis mellifera* Linnaeus, 1758; *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793); *Friesella schrottkyi* (Friese, 1900); *Plebeia lucii* Moure, 2004; *Dialictus* sp.11; *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) spp.; *Geotrigona subterranea* (Friese, 1901); *Nannotrigona testaceicornis* (Lepelletier, 1836); *Dialictus* sp.4; *Dialictus* sp.10; *Dialictus* sp.1; *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804); e *Dialictus* sp.8. Todos os taxóons identificados neste trabalho encontram-se na tabela 1.

Observou-se que o tratamento Manjerição apresentou a maior riqueza (S=48) e maior abundância (Ab=878). A segunda planta com maior riqueza foi a Crotalária (S=43), porém com uma abundância (Ab=251) menos expressiva em relação aos outros tratamentos (plantas atrativas). Coentro apresentou a terceira maior riqueza (S=39) e a terceira maior abundância (Ab=589). Nabo possuiu a segunda maior abundância (Ab=602) em relação aos outros tratamentos, porém apresentou a quarta maior riqueza de espécies (S=36). O tratamento Espontânea acumulou 137 espécimes de abelhas e uma riqueza de 31 espécies. O tratamento Capina foi o que menos acumulou indivíduos, com abundância de 54 e com riqueza igual a 23 (Tabela 1).

Tabela 1 - Abundância e riqueza total de espécies registradas nas coletas nos tratamentos Capina (CAP), Coentro (COE), Crotalária (CRO), Espontânea (ESP), Manjerição (MAN), Nabo (NAB), Coleta Ativa (ATI) e Coleta Passiva (PAS) no período de fevereiro a julho de 2019, Lavras-MG, 2019.

ESPÉCIES	CAP	COE	CRO	ESP	MAN	NAB	ATI	PAS
<i>Acamptopoeum vagans</i> (Cockerell, 1926)	0	0	1	0	1	1	3	0
<i>Anthrenoides bocainensis</i> Urban, 2007	0	3	1	2	0	0	5	1
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	3	4	1	10	142	22	157	25
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.1	1	3	4	5	3	1	15	2
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.2	2	2	2	0	2	5	11	2
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.3	0	4	0	1	0	2	7	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.4	0	1	0	1	0	1	3	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.5	1	0	0	1	0	0	2	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.6	0	0	1	0	1	0	2	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.7	0	2	0	5	1	2	10	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.8	0	4	0	0	0	0	4	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.9	1	0	1	0	0	0	2	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.10	1	2	1	0	0	0	4	0
<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp.11	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Augochloropsis</i> sp.1	0	0	1	0	1	1	3	0
<i>Augochloropsis</i> sp.2	1	1	2	6	4	0	14	0
<i>Caenalictus</i> sp.	1	1	0	0	0	1	3	0
<i>Centris</i> (<i>Trachina</i>) sp.	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp.1	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp.2	0	2	0	0	1	1	4	0
<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp.3	0	0	0	1	2	0	3	0
<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp.4	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp.5	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Dialictus</i> sp.1	3	10	2	9	0	4	28	0
<i>Dialictus</i> sp.2	1	3	1	2	1	4	11	1
<i>Dialictus</i> sp.3	0	2	0	0	0	2	4	0
<i>Dialictus</i> sp.4	0	3	2	7	9	11	31	1
<i>Dialictus</i> sp.5	0	0	0	1	2	2	4	1
<i>Dialictus</i> sp.6	3	5	2	1	7	8	25	1
<i>Dialictus</i> sp.7	0	0	1	0	1	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp.8	2	6	1	2	2	5	18	0
<i>Dialictus</i> sp.9	1	3	1	1	3	2	7	4
<i>Dialictus</i> sp.10	4	11	1	8	2	2	28	0
<i>Dialictus</i> sp.11	6	15	3	15	9	6	54	0
<i>Dialictus</i> sp.12	0	0	0	0	0	2	2	0
<i>Dialictus</i> sp.13	0	0	0	0	0	1	1	0

ESPÉCIES	CAP	COE	CRO	ESP	MAN	NAB	ATI	PAS
<i>Eulonchopria</i> sp.	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853	2	2	0	2	7	0	13	0
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola, 1853	2	0	1	1	4	2	7	3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) collaris</i> Friese, 1899	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) sp.</i>	0	1	3	0	1	0	5	0
<i>Exomalopsis (Exomalopsis)</i> <i>ypirangensis</i> Schrottky, 1910	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Friesella schrottkyi</i> (Friese, 1900)	0	0	0	0	60	0	53	7
<i>Geotrigona subterranea</i> (Friese, 1901)	1	6	6	5	16	3	34	3
<i>Hylaeus</i> sp.1	0	4	0	0	0	0	3	1
<i>Hylaeus</i> sp.2	0	3	0	0	0	0	3	0
<i>Hylaeus</i> sp.3	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Hylaeus tricolor</i> (Schrottky, 1906)	0	2	1	0	0	0	3	0
<i>Leurotrigona muelleri</i> (Friese, 1900)	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Megachile (Leptorachis) sp.</i>	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Megascirtetica mephistophelica</i> (Schrottky, 1902)	0	0	2	0	0	2	4	0
<i>Melissoptila cnecomala</i> (Moure, 1944)	0	0	0	0	9	1	10	0
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)	0	1	1	5	25	1	31	2
<i>Neocorynura codion</i> (Vachal, 1904)	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	0	0	12	0	1	0	12	1
<i>Paratetrapedia connexa</i> (Vachal, 1909)	0	0	1	0	1	0	2	0
<i>Paratetrapedia lugubris</i> (Cresson, 1878)	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Paratrigona subnuda</i> Moure, 1947	9	58	123	31	473	342	982	54
<i>Plebeia lucii</i> Moure, 2004	3	14	3	0	2	37	56	3
<i>Psaenythia collaris</i> Schrottky, 1906	1	2	0	3	0	1	5	2
<i>Psaenythia sp.</i>	0	0	2	1	0	1	0	4
<i>Pseudaugochlora erythrogaster</i> Almeida, 2008	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Rophitulus</i> sp.1	0	1	1	0	1	0	2	1
<i>Rophitulus</i> sp.2	0	0	1	0	1	0	2	0
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i> Moure, 1950	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Sphecodes</i> sp. 1	0	2	0	0	0	0	2	0
<i>Sphecodes</i> sp. 2	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Sphecodes</i> sp. 3	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Sphecodes</i> sp. 4	0	3	0	2	1	3	9	0

ESPÉCIES	CAP	COE	CRO	ESP	MAN	NAB	ATI	PAS
<i>Tapinotaspidos</i> sp.1	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Tapinotaspidos</i> sp.2	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Tetragona clavipes</i> (Fabricius, 1804)	0	0	1	1	17	6	14	11
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	2	396	6	4	22	34	461	3
<i>Thygater</i> (<i>Thygater</i>) <i> analis</i> (Lepelletier, 1841)	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	3	4	9	2	31	82	117	14
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>frontalis</i> (Olivier, 1789)	0	0	5	0	0	0	5	0
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>grisescens</i> Lepelletier, 1841	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) spp.*	0	0	38	0	0	0	38	0
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	0	0	1	0	0	0	1	0
Abundância total	54	589	251	137	878	602	2359	152
Riqueza total	23	39	43	31	48	36	76	27

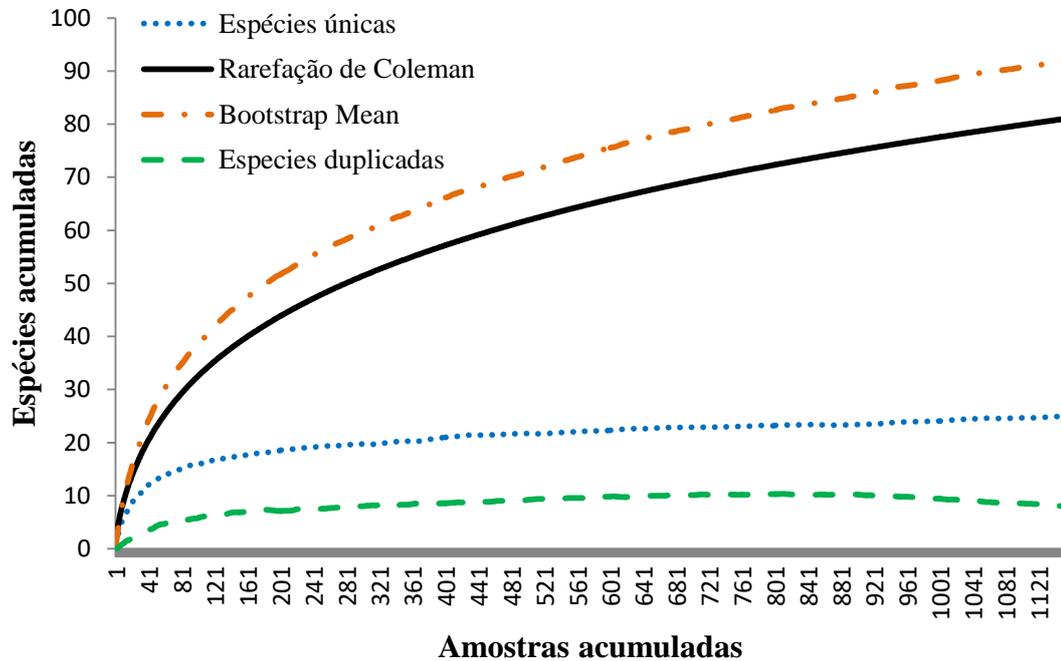
*Espécie observada visualmente, não foi coletada.

Fonte: Do autor (2020).

Apresentam-se na figura 3 os estimadores de suficiência amostral da coleta em todos os tratamentos. Observa-se que a curva de rarefação de Coleman atinge o valor de 81 espécies no final e não tende a formar a assíntota para a estabilização. A curva de rarefação de Coleman sobrepõe a curva de Riqueza observada (Mao Tau). As curvas de espécies únicas e duplicadas formam duas assíntotas mais acentuadas e também se afastam uma das outras e demonstram que a amostragem não está tendendo a suficiência amostral nos tratamentos em geral.

Contudo, observamos que a riqueza de espécies coletadas sobre as plantas atrativas alcançou 81 espécies das 90 estimadas, o que demonstra que as coletas foram muito ricas. E como foram encontradas 90% das espécies estimadas, significa que as abelhas mais abundantes foram coletadas neste experimento. O estimador de riqueza Bootstrap médio projeta que o número máximo de espécies a serem encontradas no experimento seria de 91 espécies, caso fosse empregado maior esforço amostral (Figura 3).

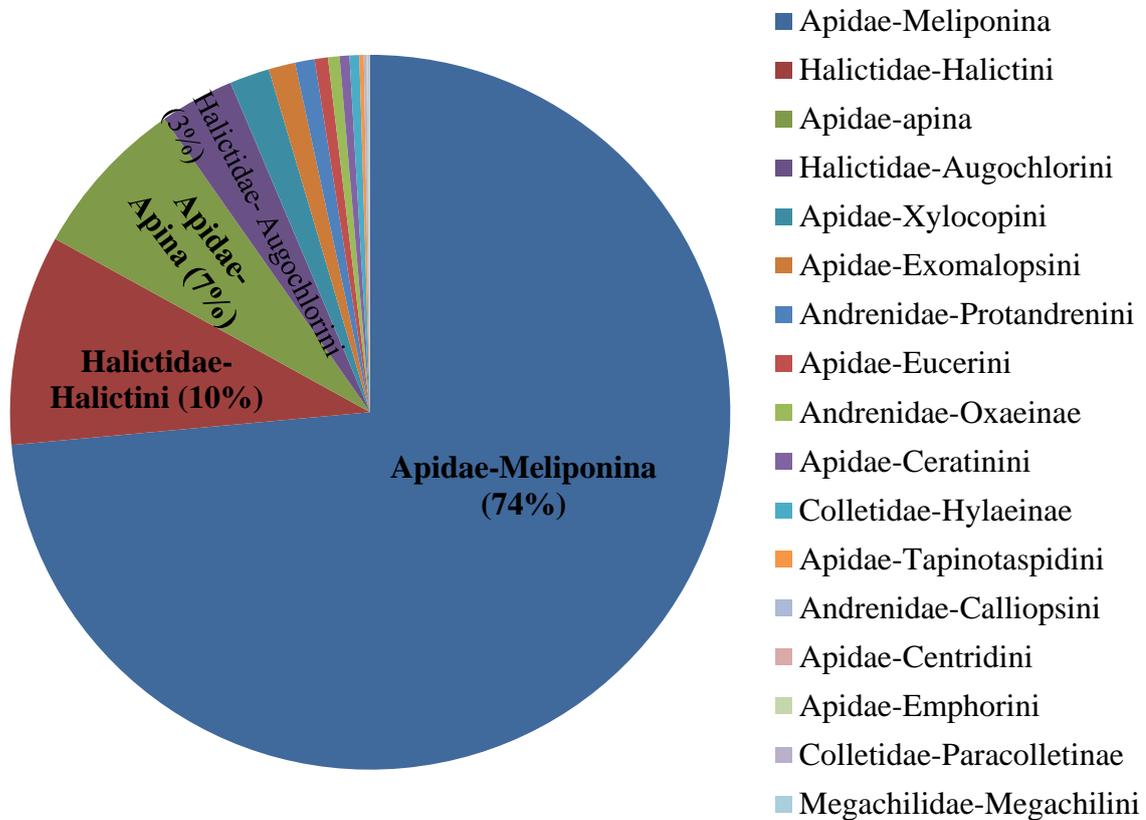
Figura 3 - Estimadores de suficiência amostral para as amostras coletadas sobre as plantas atrativas consorciadas com a cultura cafeeira, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.



Fonte: Do autor (2020).

Abaixo se observa a proporção coletada de cada grupo taxonômico. É notável a predominância da subtribo de abelhas Meliponina, com 74% de presença. Isso revela a grande importância deste grupo para a polinização dos cultivos e plantas nativas, em especial o cafeeiro. Em seguida, com menor proporção, aparece o grupo de abelhas metálicas da tribo Halictini, representando 10% das abelhas coletadas. A espécie *A. mellifera*, abelha melífera da subtribo Apina, representam 7% daquelas coletadas. E novamente um grupo de abelhas metálicas, da tribo Augochlorini, representam 3% das abelhas coletadas. A porcentagem de 6% representa as demais abelhas coletadas neste trabalho (Figura 4).

Figura 4 - Abundância dos grupos taxonômicos coletados nos diferentes tratamentos, em proporção, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.



Fonte: Do autor (2020).

A análise variância dos dados de abundância mostrou que os fatores tratamento, horário de coleta e número de coleta ao longo do tempo foram significativos. O tratamento Manjerição diferiu significativamente dos outros tratamentos ($P < 0,001$) apresentando maior abundância de abelhas e representando 34,9% do total de indivíduos coletados. A menor abundância de abelhas foi observada no tratamento Capina, no qual foram coletados apenas 2,2% dos espécimes amostrados (Tabela 2).

Observou-se diferença significativa na abundância entre horários de coleta. No horário das 12 horas foi coletado o maior número de abelhas, representando 47,9% do total. Já no horário de coleta das 9 horas foram coletados 30,6% e às 15 horas foram coletados 21,5% do total de espécimes (Tabela 2).

Tabela 2 - Abundância relativa e absoluta de abelhas coletadas nos diferentes tratamentos, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.

Tratamento	Abundância	
	Relativa	Absoluta ¹ <i>p = 0,000015</i>
Manjericão	34,90%	878 a
Nabo	23,90%	602 ab
Coentro	23,50%	589 ab
Crotalaria	10,00%	251 bc
Espontânea	5,50%	137 bc
Capina	2,20%	54 c

Horário	Abundância	
	Relativa	Absoluta ² <i>p = 0,0027</i>
9hs	30,60%	768 AB
12hs	47,90%	1203 A
15hs	21,50%	540 B
	100,00%	2511

Fonte: Do autor (2020).

¹Letras minúsculas diferentes na coluna representam diferença estatística significativa na abundância absoluta entre os tratamentos de acordo com o Teste de Tukey ($P < 0,01$).

²Letras maiúsculas diferentes na coluna representam diferença estatística significativa na abundância absoluta entre os horários de coleta de acordo com o Teste de Tukey ($P < 0,01$).

A análise de variância dos dados de riqueza indicou que os fatores tratamento e horário de coleta apresentaram diferenças significativas. O Manjericão apresentou a maior riqueza de espécies, com média de 1,91 espécies coletadas sobre as plantas. A menor riqueza de espécies foi observada nas coletas do tratamento Capina, que apresentou média de 0,32 de riqueza de espécies (Tabela 3).

A maior riqueza de espécies foi observada nas coletas realizadas às 12 horas (1,74 espécies em média), enquanto a menor riqueza foi observada nas coletas realizadas às 15 horas (0,68 espécies em média) (Tabela 3).

Tabela 3 - Riqueza de espécies em função do tratamento ou do horário da coleta, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.

Riqueza¹	
Tratamento	<i>p=0,000005</i>
Manjericão	1,96 ± 1,01 a
Nabo	1,58 ± 0,86 ab
Coentro	1,28 ± 0,51 ab
Crotalária	1,06 ± 0,43 bc
Espontânea	0,76 ± 0,43 bc
Capina	0,32 ± 0,15 c
Riqueza²	
Horário	<i>p=0,0098</i>
9hs	1,06 ± 0,88 AB
12hs	1,74 ± 0,95 A
15hs	0,68 ± 0,54 B

Fonte: Do autor (2020).

¹Letras minúsculas diferentes na coluna representam diferença estatística significativa na riqueza de espécies entre os tratamentos de acordo com o Teste de Tukey (P<0,01).

²Letras maiúsculas diferentes na coluna representam diferença estatística significativa na riqueza de espécies entre os horários de coleta de acordo com o Teste de Tukey (P<0,01).

O florescimento das plantas atrativas ocorreu em diferentes períodos (Figura 5). A Crotalária (flores de coloração amarela) foi à planta que apresentou o maior período de florescimento, com 85 dias, iniciando em 10/02/2019 e terminando em 05/05/2019. O Manjericão (flores brancas) teve o segundo mais extenso período de florescimento. O início do florescimento do manjericão foi em 17/04/2019 durando até 30/06/2019, com total de 75 dias. A duração do período de florescimento do Coentro (flores brancas) foi de 07/03/2019 até 25/04/2019 totalizando 50 dias. O Nabo foi à planta que apresentou o menor período de florescimento, de apenas 35 dias, com início em 08/03/2019 e término em 12/04/2019. Observou-se que a cor predominante das flores do nabo era de cor branca. Nos tratamentos da Capina e plantas espontâneas não foram observados florescimento de nenhuma espécie vegetal. O tempo após a abertura das flores do café é em torno de três dias quando há uma floração uniforme. No entanto, o café da área experimental não floresceu durante o período experimental devido às características inerentes ao seu ciclo fenológico, uma vez que o experimento ocorreu fora do seu período reprodutivo (florescimento entre setembro e outubro).

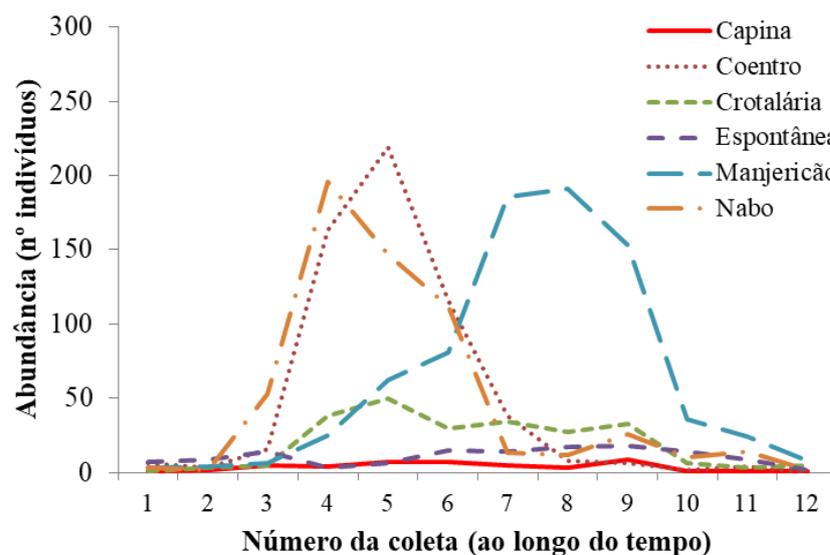
Figura 5 - Período de florescimento das plantas atrativas, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.

Plantas	Período de florescimento das atrativas				
Nabo			35 dias		
Capina					
Crotalária		85 dias			
Manjericão				75 dias	
Espontânea					
Coentro			50 dias		
	05/02/2019	10/02/2019	08/03/2019	24/03/2019	05/07/2019

Fonte: Do autor (2020).

A abundância de abelhas ao longo do tempo por tratamento (planta) pode ser observada na figura 6. O gráfico apresenta três picos de abundância, sendo o primeiro observado para o tratamento Nabo, na quarta coleta. O tratamento Coentro apresentou um pico na abundância de abelhas na quinta coleta e se sobrepôs sobre o gráfico do Nabo. O terceiro pico de abundância de abelhas foi observado no Manjericão, na oitava coleta. Sobre o tratamento Crotalária houve uma abundância menor durante as coletas, em relação aos três tratamentos citados anteriormente. Essa espécie teve a abundância de abelhas mais distribuída ao longo do tempo. Todos os picos de abundância coincidem com os períodos de florescimento apresentados na figura 5.

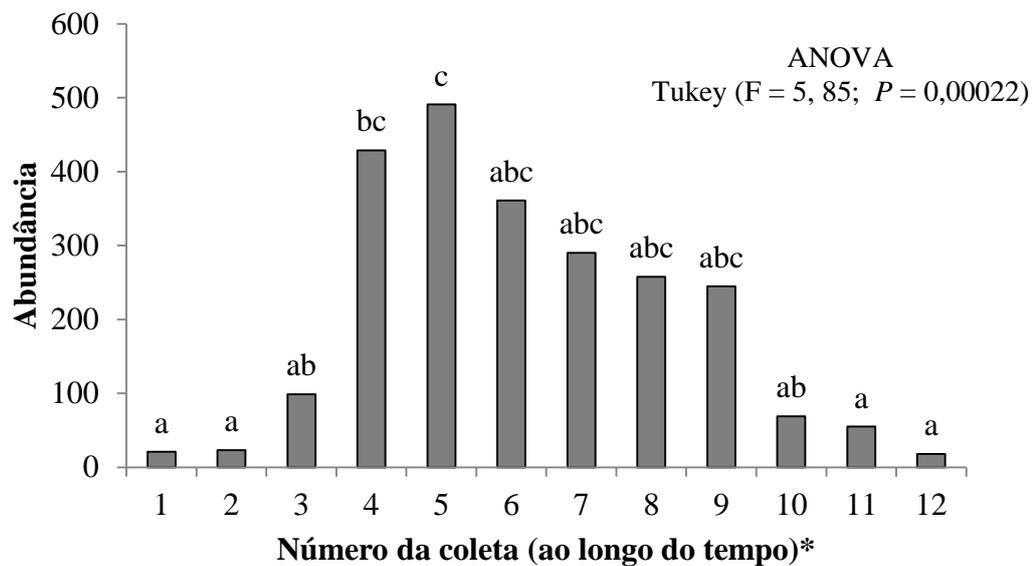
Figura 6 - Abundância de abelhas ao longo do tempo por tratamento (planta), no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.



Fonte: Do autor (2020).

A partir da 4ª coleta houve um aumento significativo na abundância de abelhas, sendo que o maior valor de abundância foi observado na quinta coleta, a qual coincidiu com a floração do coentro. A abundância absoluta ficou acima dos 250 indivíduos até a 9ª coleta e a partir da 10ª coleta houve um decréscimo, o qual ocorreu na mesma época do final da floração do manjeriço. Os dados de todas as coletas podem ser observados na figura 7.

Figura 7 - Abundância de abelhas em função da sequência de coletas, no período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.



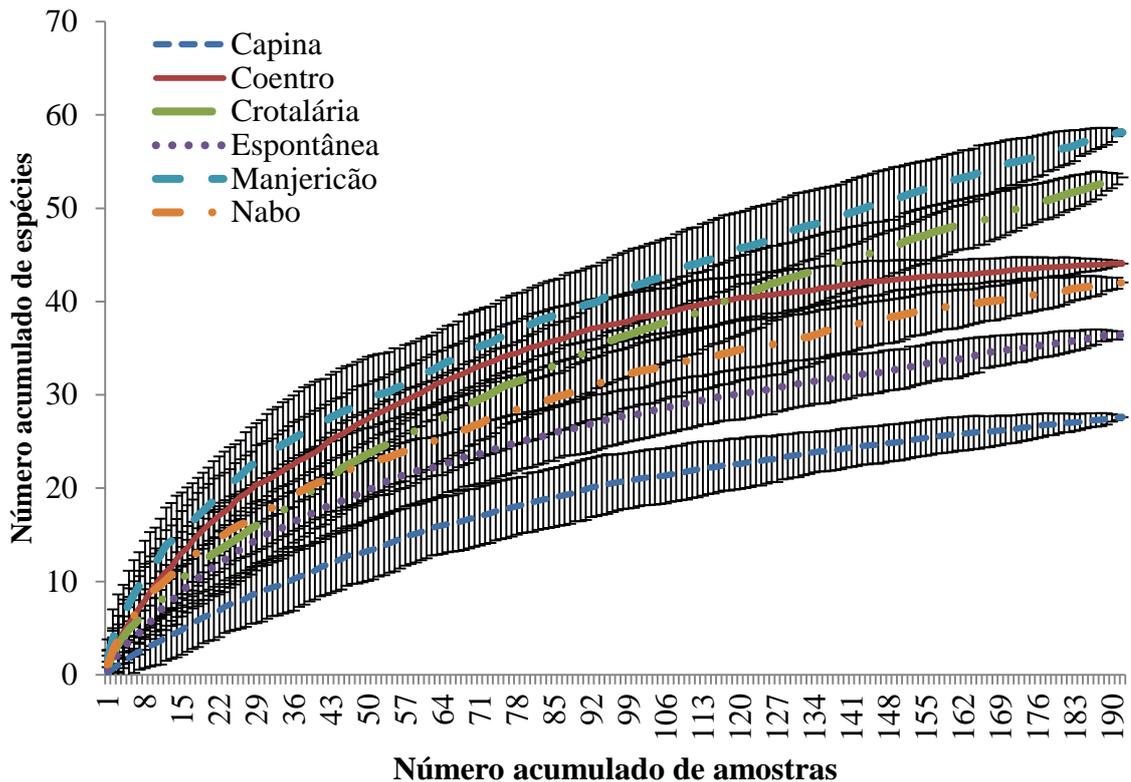
Fonte: Do autor (2020).

Letras diferentes sobre as colunas representam diferença significativa entre os tempos de coleta, de acordo com o Teste Tukey ($P < 0,01$).

De acordo com as curvas de coletor de Coleman dos diferentes tratamentos, é possível observar algumas tendências de diferenciação. O Manjeriço foi o tratamento que mais acumulou espécies (58), sendo a curva mais inclinada em relação aos outros tratamentos. A Crotalária foi o segundo tratamento que apresentou maior riqueza, apresentando o índice 52. Junto com manjeriço foram os tratamentos mais ricos e se separam no final. Os tratamentos Crotalária e Manjeriço se sobrepõem e parecem ter uma tendência de diferenciar-se em relação aos outros tratamentos. O Coentro foi o terceiro tratamento com maior riqueza de espécies e apresenta o índice de acúmulo de espécie próximo de 44. O Nabo foi o quarto tratamento com maior riqueza de espécies e índice de acúmulo de espécies próximo a 42. O Coentro e Nabo também se sobrepõem e tendem a não se separar até o final. O tratamento

Espontânea é o quinto tratamento mais abundante e segue com índice de acumulação próximo a 36. A Capina foi o tratamento menos abundante, conforme esperado, e apresentou uma curva suave, tendendo a ser retilínea a partir da coleta 80 (Figura 8).

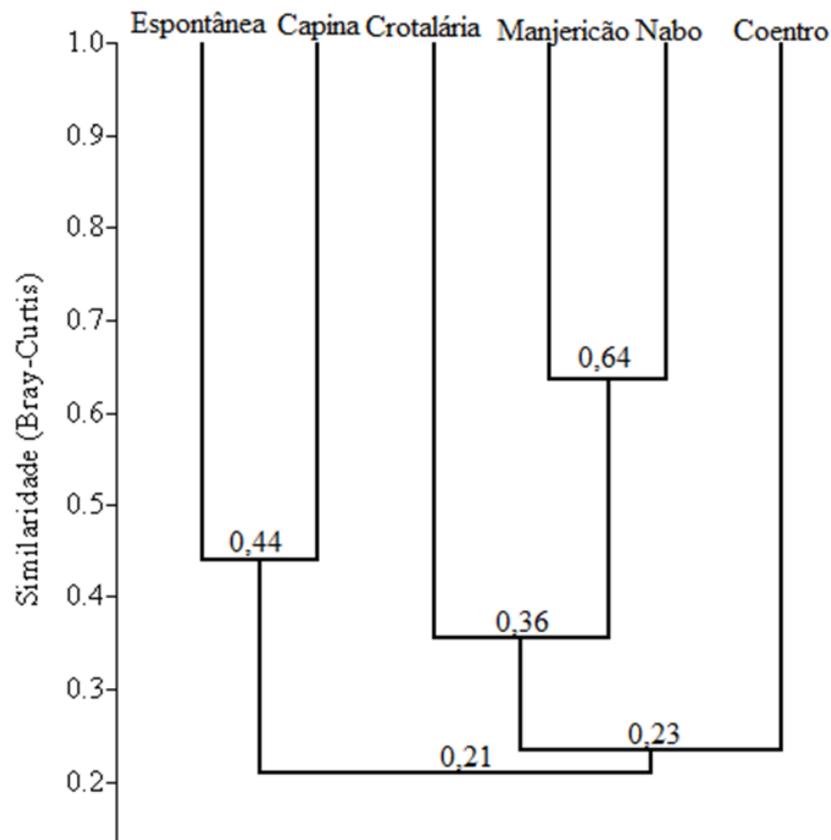
Figura 8 - Curvas de Rarefação de Coleman de espécies de abelhas coletadas sobre as plantas atrativas. Período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.



Fonte: Do autor (2020).

A partir da análise de cluster foi possível observar que os índices de similaridade (Bray-Curtis) foram relativamente baixos entre os tratamentos, o que demonstra um resultado satisfatório para este trabalho. O índice que apresentou uma similaridade relativamente expressiva foi entre Manjericão e Nabo (Similaridade=0,64), seguido pelo índice entre Capina e Espontânea (Similaridade=0,44). Porém, esse índice foi bem inferior, o que revela similaridade fraca entre estes dois tratamentos. Os demais tratamentos não apresentaram similaridade expressiva (Figura 9). Estes resultados são positivos, pois indicam não haver interferência entre os tratamentos devido à proximidade ou outro fator. Desta forma, pode-se considerar validada a caracterização da fauna visitante de cada tratamento.

Figura 9 - Diagrama da análise de cluster com as similaridades para abundância de abelhas coletadas nos tratamentos (plantas atrativas). Período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.

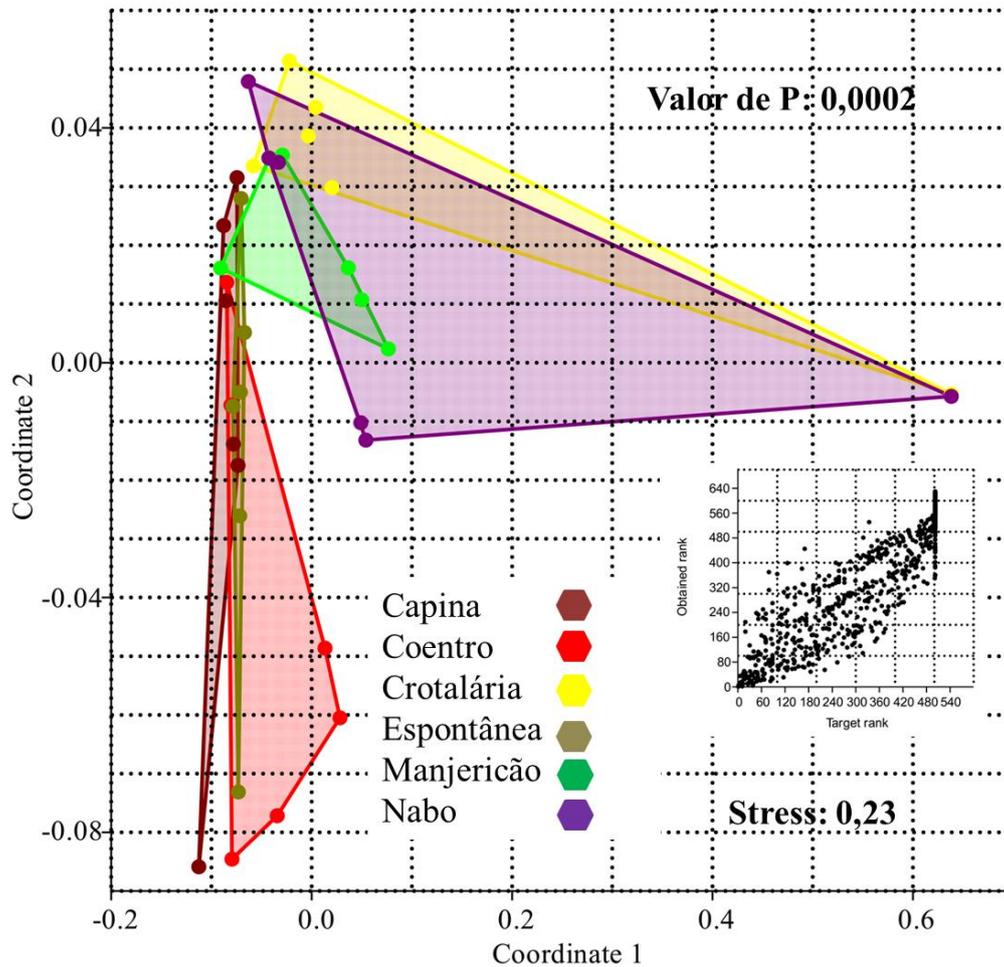


Fonte: Do autor (2020).

Por fim, realizou-se a análise NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico). Nesse tipo de análise objetiva-se representar os dados originais de forma visual. Quando as cores não se sobrepõem significa que os tratamentos apresentam diferenças entre si. A análise de NMDS dos dados revelou que houve diferenciação entre os tratamentos (Figura 10).

Os tratamentos Nabo e Crotalária possuem pontos sobrepostos e diferiram significativamente de Espontânea, Capina e Coentro, que também formam um grupo de pontos sobrepostos. O manjeriço compartilha pontos entre os dois grupos citados acima. O valor de p ($P < 0,01$) mostrando que a dissimilaridade entre os pontos foi significativa (Figura 10).

Figura 10 - Representação gráfica da ordenação por NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis na composição de táxons de abelhas coletadas sobre os diferentes tratamentos (plantas atrativas). Período de fevereiro a julho de 2019. Lavras, MG, 2019.



Fonte: Do autor (2020).

5 DISCUSSÃO

Dentre as espécies de abelhas conhecidas por serem polinizadoras efetivas do café, três foram observadas nesse trabalho: *P. subnuda*, *T. angustula* e *A. mellifera*. As três espécies foram atraídas principalmente pelo tratamento Manjeriçã, o qual apresentou também os maiores índices de riqueza e abundância de abelhas. Vale ressaltar que *P. subnuda*, *T. angustula* e *A. mellifera* são espécies eussociais, ativas durante o ano todo. Desta forma, a presença do tratamento manjeriçã pode atrair indivíduos dessas espécies para a área de cultivo de café durante o forrageamento.

A espécie *P. subnuda* apresentou a maior abundância nas coletas neste levantamento. Esta espécie constrói seu ninho no chão em cavidades preexistentes, dentro de ninhos de outros insetos sociais, por exemplo. Há relatos que algumas espécies do gênero *Paratrigona* fazem ninhos dentro de ninhos de formigueiros, o que pode estar correlacionado com a existência de formigueiros na área de pesquisa. Os autores Laroca e Almeida (1989) já comentaram que as abelhas podem coexistir em ninho de variada gama de insetos sociais como formigas, cupins e até vespas.

A espécie *T. angustula* foi a segunda mais abundante quando todos os tratamentos foram considerados, e no tratamento Coentro foi a mais abundante. Esta abelha é conhecida no Brasil popularmente como jataí e são encontradas desde o México até o Rio Grande do Sul (PRONI; MACIEIRA, 2004). A espécie *T. angustula* nidifica em substratos variados e com grande capacidade de estabelecer em áreas antrópicas. É uma espécie generalista, característica que a torna uma importante polinizadora de diversos cultivos. Essa abelha pode ser facilmente criada e manejada racionalmente, por não ser uma espécie agressiva e se adaptar bem em caixas racionais. Ela não é criada apenas para a produção de mel, resinas e pólen. Também é utilizada para polinização de cultivos em casa de vegetação, por exemplo, no cultivo de morango (MORADO; LOREZON, 2014).

A espécie *A. mellifera* foi a terceira mais abundante observada neste estudo. Esta espécie possui alto nível de eussocialidade, com colônias com sessenta mil indivíduos. Na década de 1950, abelhas africanas foram trazidas para o Brasil e juntamente com as abelhas europeias, introduzidas anteriormente, cruzaram e formaram um híbrido de abelhas com características predominantes das africanas (OLIVEIRA; CUNHA, 2005). Esse híbrido se adaptou muito bem no Brasil, principalmente em ambientes tropicais e se tornou visitante floral comum. Fatores climáticos, sociais, individuais que afetam os padrões de

fORAGEAMENTO, nidificação e as relações intra- e inter-específicas interferem na abundância nos levantamentos de fauna (NEVES; VIANA, 2002).

O grupo de abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponina) são importantes visitantes florais de várias plantas cultivadas. Em pelo menos 90 espécies cultivadas esse grupo exerce fundamental trabalho na polinização, por exemplo, em *C. arabica*. É relatado que talvez as abelhas maiores e *Melipona* spp. sejam mais eficientes na polinização do que as abelhas menores. Contudo, existem outros relatos com abelhas do gênero *Tetragonisca* e *Trigona* exercendo também a polinização nessa cultura (HEARD, 1999; SOLÓRZANO-GORDILLO et al., 2015).

As meliponíneas também são importantes polinizadoras do Açaizeiro, *Euterpe oleraceae* (Arecaceae), e tem sua visita registrada nos horários entre 8 h até às 13 horas. Este resultado também não diverge dos nossos uma vez que a maioria dos visitantes florais frequentam as flores entre 9 h e 12 horas. Este resultado é importante, pois fornece informações sobre a relação ecológica evolutiva das espécies de plantas e seus visitantes florais. Além disso, pode ajudar a orientar práticas de manejo visando espécies polinizadoras importantes e melhorar serviços de polinização (BEZERRA et al., 2020). Por exemplo, no trabalho de Abrol; Shankar; Chatterjee (2017), a frequência de visitas para flores *Ocimum* sp. foi maior entre 11 h e 13 h, o que também corrobora com nossos resultados, nos quais a maior frequência absoluta de visitas foi observada no horário das 12 horas. O horário de atividade dessas espécies é condizente com o intervalo da disponibilidade de recursos das espécies de plantas utilizadas nos tratamentos, o que demonstra a importância de utilizar as espécies de plantas dos tratamentos para manutenção de polinizadores no cultivo do café.

Neste estudo, as maiores coletas de abelhas coincidiram com as coletas realizadas nos períodos de floração das plantas atrativas. As maiores riquezas e abundâncias de abelhas foram registradas principalmente no tratamento Manjeriçã. Observou-se que cada tratamento apresentou respostas diferentes na visitação de abelhas. Provavelmente isso ocorreu em função de características inerentes às plantas, como quantidade/qualidade de néctar, época de floração, entre outros fatores.

Em outros trabalhos o Manjeriçã em florescimento foi capaz de atrair mais de dezesseis morfo-espécies de visitantes abelhas, enquanto que neste trabalho superou esse número, com 48 espécies. A maioria das abelhas visitantes coleta néctar do Manjeriçã e em menor proporção coletam pólen. A atividade das abelhas se inicia às 7h45min da manhã com pico de visitação entre 11 h e 13 horas, seguindo um gradual declínio até o fim do dia. A distribuição temporal de visitação de flores segue o mesmo ritmo de oferta de néctar

disponível ao longo do dia, mostrando desta forma que o ritmo de forrageamento dos visitantes abelhas é paralelo a disponibilidade de recursos nas flores (ABROL; SHANKAR; CHATTERJEE, 2017).

Acredita-se que o Manjeriço é uma planta com características adequadas para melhorar a conservação e o manejo de abelhas em agroecossistemas. Isso se confirma porque o Manjeriço é atraente para uma grande gama de espécies de abelhas, apresentando uma maior riqueza e abundância em relação aos outros cultivos (MUNIZ et al., 2013). Os autores Pereira et al. (2015), consorciando manjeriço com pimentões, observaram maior atratividade de *P. lineata*, *A. mellifera* e *T. angustula* em função da presença do Manjeriço no consórcio. Enquanto que neste trabalho houve a predominância de espécies como *P. subnuda*, *A. mellifera*, *F. schrottkyi*, atraídas pelo Manjeriço.

As flores de Manjeriço podem ter um efeito benéfico sobre as abelhas que visitam o café. Pois, além de atrair as abelhas para o campo agrícola também beneficiam as plantas do cultivo. As flores do café também são muito atrativas para as abelhas, por conta disso possivelmente não haveria o efeito de competição entre as flores para a atração das abelhas (MUNIZ et al., 2013). O Manjeriço possui atributos que proveem ao ambiente apícola recursos adequados que atraem uma riqueza e abundância de abelhas. Isso favorece a manutenção e conservação de abelhas em agroecossistemas (MUNIZ et al., 2013; PETERS et al., 2012).

Plantas consorciadas com Manjeriço podem ser beneficiadas com aumento de visitação de abelhas em suas flores. O aumento pode ser significativo quando as plantas de interesse agrícola possuem baixa atratividade, e estas, recebem uma compensação de visita de polinizadores quando consorciadas com plantas companheiras, com flores de alto potencial de atratividade (PEREIRA et al., 2015). Entre os aromas florais Linalool e (E)- β -ocimeno são os dois compostos químicos mais encontrados. Estes compostos também podem atrair polinizadores noturnos como morcegos e mariposas (KRUG et al, 2018). Em plantas de Manjeriço foram identificados compostos voláteis como o Linalool em folhas. Este pode ser um atributo importante que torna a planta de manjeriço atraente para as abelhas (CARRIÇO et al., 2018).

Além do Manjeriço, as outras plantas companheiras utilizadas nesse estudo também apresentam importância para atração de polinizadores. Em trabalho realizado por Lixa et al. (2010) verificou-se que em condições de campo, algumas espécies da família Apiaceae, inclusive o Coentro, serviram como local para reprodução e sobrevivência de espécies de insetos benéficos, fornecendo recursos alimentares.

Já no caso do Nabo Forrageiro Teixeira e Zampierom (2007) notaram que a maior parte dos visitantes florais da espécie era da família Apidae. Destes, a maioria realizava a polinização da cultura, especialmente *A. mellifera*, ou outras espécies como gênero *Trigona* sp.. Por fim, Henrique e Figueiredo (2018) concluíram que *Crotalaria* sp. tem como polinizadora efetiva a abelha *Xylocopa* sp., corroborando com nossos resultados.

Sendo assim, opções com múltiplo propósito podem ser apresentadas aos produtores para conservação de espécies polinizadoras. Cultivos perenes podem se adaptar bem ao consorciamento com plantas atrativas. Exemplos são as quatro espécies de plantas atrativas utilizadas nesse estudo. A manutenção de plantas atrativas poderia manter as espécies de abelhas no ambiente agrícola ao longo do ano inteiro, e não somente durante a época de floração do cultivo agrícola. Em maracujá, por exemplo, Andrade Neto (2011) cita a utilização de feijão-de-porco, crotalária e girassol ao longo do ano, como plantas atrativas, para atrair abelhas e suprir o problema da ausência de polinizadores naturais.

A utilização de plantas atrativas possibilita o conhecimento de espécies de polinizadores e possíveis polinizadores do cafeeiro. As plantas atrativas utilizadas nesse estudo, especialmente o Manjeriço, ajudaram a promover a conservação de polinizadores no cultivo agrícola. Essas plantas são fornecedoras de alimentos atrativos, como o pólen, néctar e também abrigo. Por conta disso, sugere-se que plantas atrativas podem ser mantidas em faixas, ilhas ou bordaduras próximos aos cultivos. Como não competem com os recursos florais do café, elas podem contribuir com a manutenção de polinizadores no agroecossistema cafeeiro.

Por fim, haveria a possibilidade de avaliar as mesmas ou novas plantas atrativas para o enriquecimento da diversidade biológica da fauna apícola em outros agroecossistemas, como em cultivos perenes de citros, maçã, pera, maracujá, entre outros. Estudos dessa natureza podem subsidiar a compreensão da polinização em cultivos agrícolas e poderão auxiliar no desenvolvimento de diretrizes técnicas e científicas, com o intuito de aumentar a frutificação efetiva e a qualidade de frutos produzidos, não só do café, mas também de outras culturas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O enriquecimento ambiental com plantas atrativas, especialmente o Manjeriçã, pode aumentar a riqueza e abundância de abelhas em agroecossistemas. As plantas atrativas oferecem recursos florais para a nutrição e alimentação de crias de abelhas em períodos em que a cultura não oferece estes recursos. Sendo assim, opções com múltiplo propósito podem ser apresentadas aos produtores para conservação de espécies polinizadoras.

REFERÊNCIAS

- ABROL, D. P.; SHANKAR, Uma; CHATTERJEE, Debjyoti. Foraging Rhythm of Bees in Relation to Flowering of Sweet Basil, *Ocimum basilicum* L. **Current Science**, [s.l.], v. 113, n. 12, p. 2359, 25 dez. 2017. Current Science Association.
<http://dx.doi.org/10.18520/cs/v113/i12/2359-2362>.
- ANDRADE NETO, R. C.; NEGREIROS, J. R. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; CAVALCANTE, M. J. B.; ALECIO, M. R.; SANTOS, R. S. **Gargalos tecnológicos da fruticultura no Acre**. Documentos EMBRAPA Acre, 2011, 55p.
- BEZERRA, L; CAMPBELL, A J; BRITO, T F; MENEZES, C; MAUÉS, M M. Pollen Loads of Flower Visitors to Açai Palm (*Euterpe oleracea*) and Implications for Management of Pollination Services. **Neotropical Entomology**, [S.L.], v. 49, n. 4, p. 482-490, 27 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-020-00790-x>.
- BRASIL. Elza Jacqueline Leite Meireles. Embrapa. **Fenologia do Cafeeiro**:: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004:2005. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 128 p.
- CALEGARI, Ademir; COSTA, M. Baltasar B. da. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- CARRIÇO, Murilo Ricardo Sigal et al. Análise de compostos voláteis e fenólicos totais de folhas de ocimum basilicum tratadas por fotoestimulação. In: 0° **salão internacional de ensino, pesquisa e extensão** - SIEPE, 10, 2018, Santana do Livramento. Anais [...] . Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2018. v. 1, p. 1-4. Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/17180/seer_17180.pdf. Acesso em: 02 out. 2020.
- CARVALHO, A. M; AMABILE, R. F.(Ed.). **Cerrado: Adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.
- CARVALHO, A.; KRUG, C. A.. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L. **Bragantia**, [s.l.], v. 9, n. 1-4, p. 11-24, 1949. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87051949000100002>.
- CARVALHO, Alcides; KRUG, C. A.. Biologia da flor do cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Cultura**, Piracicaba-sp, v. 62, p. 35-38, 2010. Disponível em:
http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000500011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 21 maio 2020.
- CHITTKA, Lars; RAINE, Nigel e. Recognition of flowers by pollinators. **Current Opinion In Plant Biology**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 428-435, ago. 2006. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.002>.
- CONNELLY, Heather; POVEDA, Katja; LOEB, Gregory. Landscape simplification decreases wild bee pollination services to strawberry. **Agriculture, Ecosystems &**

Environment, [s.l.], v. 211, p. 51-56, dez. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.004>.

DANTAS, Antonio Augusto Aguilar; CARVALHO, Luiz Gonsaga de; FERREIRA, Elizabeth. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542007000600039>.

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop pollination by bees**. Nova York: CABI Publishing, p.239 - 242, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manjeriço: Cultivo e utilização. Fortaleza: EMBRAPA, 2011. Disponível em:
 <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/900892/1/DOC11004.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018

FARRÉ-ARMENGOL, Gerard et al. Floral volatile organic compounds: between attraction and deterrence of visitors under global change. : Between attraction and deterrence of visitors under global change. **Perspectives In Plant Ecology, Evolution And Systematics**, [s.l.], v. 15, n. 1, p. 56-67, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2012.12.002>.

FREDERICO, Samuel; BARONE, Marcela. Globalização e cafés especiais: a produção do comércio justo da Associação dos Agricultores Familiares do Córrego D'Antas - ASSODANTAS, Poços de Caldas (MG). *Sociedade & Natureza*, [s.l.], v. 27, n. 3, p.393-404, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320150303>

GEERAERT, Lore et al. Effects of landscape composition on bee communities and coffee pollination in Coffea arabica production forests in southwestern Ethiopia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 288, p. 106706, fev. 2020. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2019.106706>.

GIANNINI, T. C. et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal Of Economic Entomology**, [s.l.], v. 108, n. 3, p. 849-857, 4 maio 2015. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jee/tov093>.

GRASS, Ingo et al. Much more than bees—Wildflower plantings support highly diverse flower-visitor communities from complex to structurally simple agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 225, p. 45-53, jun. 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.001>.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual review of entomology**, [s. l.], v. 44, p. 183–206, 1999. Disponível em: <http://search-ebshost.com.ez26.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=15012371&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 29 jul. 2020.

HENRIQUE, M. O.; FIGUEIREDO, R. A. Ecologia reprodutiva de crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth, Fabaceae) em área de cultivo agroecológico. **Revista Verde**, v.13, n.3, p.385 - 391, 2018.

HIPÓLITO, Juliana et al. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 256, p. 218-225, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.038>.

HIPÓLITO, Juliana; BOSCOLO, Danilo; VIANA, Blandina Felipe. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 256, p. 218-225, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.038>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário 2017**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

KLEIN, A.-m.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T.. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal Of Botany**, [s.l.], v. 90, n. 1, p. 153-157, 1 jan. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.90.1.153>.

KLEIN, Alexandra-maria et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences**, [s.l.], v. 274, n. 1608, p. 303-313, 27 out. 2006. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.

KNAPP, Jessica L.; SHAW, Rosalind F.; OSBORNE, Juliet L.. Pollinator visitation to mass-flowering courgette and co-flowering wild flowers: implications for pollination and bee conservation on farms. : Implications for pollination and bee conservation on farms. **Basic And Applied Ecology**, [s.l.], v. 34, p. 85-94, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2018.09.003>.

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, Anikó *et al.* The vulnerability of plant-pollinator communities to honeybee decline: a comparative network analysis in different habitat types. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 97, p. 35-50, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.047>.

KRUG, Cristiane et al. Nocturnal Bee Pollinators Are Attracted to Guarana Flowers by Their Scents. **Frontiers In Plant Science**, [s.l.], v. 9, n. 1072, p. 1-6, 31 jul. 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2018.01072>.

KWAISER, Kyle S.; HENDRIX, Stephen D.. Diversity and abundance of bees (Hymenoptera: apiformes) in native and ruderal grasslands of agriculturally dominated landscapes. : Apiformes) in native and ruderal grasslands of agriculturally dominated landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Iowa City, v. 124, n. 3-4, p. 200-204, abr. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2007.09.012>.

LAROCA, Sebastião; ALMEIDA, Maria Christina de. Coexistência entre abelhas sem ferrão e formigas: ninho de *paratrigona myrmecophila* (apidae) construído em ninho de *camponotus senex* (formicidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 671-680, 1989. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81751989000400012>.

LIXA, A. T.; CAMPOS, J. M.; RESENDE, A. L. S.; SILVA, J. C.; ALMEIDA, M. M. T. B.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Diversidade de Coccinellidae (Coleoptera) em plantas aromáticas (Apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema agroecológico. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 354 - 359, 2010.

MARQUES, Robert John. Uma abordagem geral das defesas das plantas contra a ação dos herbívoros. In: DEL-CLARO, Kleber; TOREZAN-SILINGARDI, Helena Maura. **Ecologia das interações planta-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. uma abordagem ecológico-evolutiva**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2012. Cap. 2. p. 55-66.

MORADO, Claudio Nona; LOREZON, Cristina Affonso (org.). **Abelha Jataí: flora visitada na mata atlântica**. Rio de Janeiro: Letras e Versos, 2014. 122 p.

MÜLLER, Andreas et al. Quantitative pollen requirements of solitary bees: implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. : Implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 130, n. 4, p. 604-615, jul. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.023>.

MUNIZ, Juliana M. *et al.* Patterns and mechanisms of temporal resource partitioning among bee species visiting basil (*Ocimum basilicum*) flowers. **Arthropod-Plant Interactions**, [S.L.], v. 7, n. 5, p. 491-502, 26 jul. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-013-9271-2>.

NASCIMENTO, Warley Marcos (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014. 3 v. ISBN 9788570353009.

NEVES, Edinaldo Luz das; VIANA, Blandina Felipe. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s.l.], v. 46, n. 4, p. 571-578, 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0085-56262002000400012>.

NICHOLLS, E.; IBARRA, N. H. de. Bees associate colour cues with differences in pollen rewards. **Journal Of Experimental Biology**, [s.l.], v. 217, n. 15, p. 2783-2788, 22 maio 2014. The Company of Biologists. <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.106120>.

OLIVEIRA, Marcio Luiz de; CUNHA, Jorge Alcântara. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepelletier, 1836 (Hymenoptera: apidae). **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 35, n. 3, p. 389-394, set. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672005000300013>.

PEREIRA, Ana Lúcia C. et al. The management of bee communities by intercropping with flowering basil (*Ocimum basilicum*) enhances pollination and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*). **Journal Of Insect Conservation**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 479-486, 11 mar. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10841-015-9768-3>.

PETERS, Valerie E. et al. The contribution of plant species with a steady-state flowering phenology to native bee conservation and bee pollination services. **Insect Conservation And Diversity**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 45-56, 16 fev. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00189.x>.

PRONI, Edson Aparecido; MACIEIRA, Oilton José Dias. Ritmo circadiano da taxa respiratória de *Tetragonisca angustula fiebrigi* (Schwarz), *T. a. angustula* (Latreille) e *Trigona spinipes* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 987-993, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81752004000400036>.

RAKESH, S.r. et al. Studies on diversity, abundance and pollination efficiency of insect pollinators and pollination mechanism involved in sun hemp (*crotalaria juncea*.l.). **Electronic Journal Of Plant Breeding**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 838-852, 23 maio 2019. EJPB, ISPB, CPBG - Tamil Nadu Agricultural University. <http://dx.doi.org/10.5958/0975-928x.2019.00111.x>.

RESENDE, André Luis Santos et al. **Desempenho fitotécnico do consócio couve X coentro e seu efeito na abundância de joaninhas, em sistema de cultivo orgânico**. Embrapa: Circular técnica 26, Seropédica, p.1-6, dez. 2008.

ROUBIK, David W.. The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, [s.l.], v. 417, n. 6890, p. 708-708, jun. 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/417708a>.

RUSSELL, Avery L. et al. Bees learn preferences for plant species that offer only pollen as a reward. **Behavioral Ecology**, [s.l.], v. 27, n. 3, p. 731-740, 9 dez. 2015. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/arv213>.

SCHIESTL, Florian P.; JOHNSON, Steven D.. Pollinator-mediated evolution of floral signals. **Trends In Ecology & Evolution**, [s.l.], v. 28, n. 5, p. 307-315, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2013.01.019>.

SILINGARDI, Helena Maura Torezan. Flores e animais: uma introdução à história natural da polinização. : uma introdução à história natural da polinização. In: DEL-CLARO, Kleber; SILINGARDI, Helena Maura Torezan. **Ecologia das Interações Plantas-Animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. Uma abordagem ecológico-evolutiva. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. Cap. 5. p. 113-139.

SOLÓRZANO-GORDILLO, E. de J. et al. Diversidad genética de dos especies de abejas sin aguijón, *Trigona nigerrima* (Cresson) y *Trigona corvina* (Cockerell) en paisajes cafetaleros del Sureste de México. **Acta Zoologica Mexicana**, Mexico, v. 31, n. 1, p. 74, jan. 2015.

STATSOFT, Eletronic Statistics Textbook, 2007. Disponível em: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>.

TEIXEIRA, L. M. R.; ZAMPIEROM, S. L. M. Estudo da Biologia Floral e Entomofauna Associada ao Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus*: Cruciferae): Resultados Prévios. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 135 - 137, jul. 2007.

TEKETAY, Demel. **History, botany and ecological requirements of coffee**. Walia, 01 jan. 1999.

TOLEDO, V. A. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; BAITALA, T. V.; COSTA-MAIA, F. M.; PEREIRA, H. L.; HALAK, A. L.; CHAMBÓ, E. D.; MALERBO-SOUZA, D.

T. Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 4, p. 236 - 246, 2013.

TREANORE, Erin D. et al. Examining the nutritional value and effects of different floral resources in pumpkin agroecosystems on *Bombus impatiens* worker physiology. **Apidologie**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 542-552, 9 jul. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13592-019-00668-x>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). (Org.). Coffee:: World Markets and Trade. 2018. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2018.

WRIGHT, G. A. et al. Caffeine in Floral Nectar Enhances a Pollinator's Memory of Reward. **Science**, [s.l.], v. 339, n. 6124, p. 1202-1204, 7 mar. 2013. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1228806>.