

Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuai Vermelho”

Pollinators and grain production in Arabica coffee crop cv. “Catuai Vermelho”

Darcllet Teresinha MALERBO-SOUZA¹, André Luis HALAK²

¹ Autor para correspondência; Professora Doutora; Departamento de Zootecnia; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAVJ); Universidade Estadual Paulista (UNESP); Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900, Jaboticabal, SP; darcllet@superig.com.br

² Engenheiro Agrônomo; mestrando da Universidade Estadual de Maringá (UEM), PR.

Resumo

Os objetivos desta pesquisa foram estudar a polinização em flores de café (*Coffea arabica* L.), os insetos, o comportamento e seu efeito na produção de grãos. O experimento foi conduzido em setembro de 2004, em Ribeirão Preto, SP; em outubro de 2006, em Carmo do Paranaíba, MG, e em setembro de 2007, em Altinópolis, SP, sendo que a cultivar usada, em todas as localidades, foi a “Catuai Vermelho”. A frequência das visitas dos insetos e o tipo de coleta (néctar e/ou pólen) nas flores, no decorrer do dia, foram obtidos por contagem nos primeiros 10 minutos de cada horário, das 7h00 às 18h00, com três repetições, em cada localidade. Para estimar a porcentagem de frutificação, 25 galhos foram marcados, com linha colorida, e protegidos com armações de arame, revestidas com tecido de náilon, para impedir o acesso dos insetos; outros 25 galhos permaneceram desprotegidos, sendo livremente visitados por insetos, nas três localidades. Em média, os insetos mais frequentes nas flores foram abelhas africanizadas *Apis mellifera* (73,7%), seguida das abelhas *Trigona spinipes* (14,5%) e *Tetragonisca angustula* (9,5%). As abelhas africanizadas coletaram tanto néctar (58,5%) quanto pólen (41,5%) e para néctar, essa abelha aumentou sua frequência até às 13h00, diminuindo em seguida. Para pólen, visitou as flores até às 13h00, com pico de frequência entre 8h00 e 9h00. *T. spinipes* coletou pólen (58,5%) e néctar (41,5%). *T. angustula* coletou apenas pólen. Observou-se que o tratamento descoberto apresentou maior número de grãos (181 grãos, em média) que o coberto (81 grãos, em média), com uma diminuição de 55,25% na produção de grãos na ausência de insetos. O peso médio dos grãos de café provenientes do tratamento descoberto foi significativamente maior (1,13 g) que do coberto (0,94 g).

Palavras-chave adicionais: polinização, *Apis mellifera*, insetos, produtividade.

Abstract

Coffee (*Coffea arabica* L.) plants had the pollination process of their flowers studied in three coffee producing regions in Brazil: the first in Ribeirão Preto, state of São Paulo, in September of 2004, the second in Carmo do Paranaíba, in the state of Minas Gerais, in October of 2006, and, the third, in Altinópolis, state of São Paulo, in September of 2007. In all these locations the coffee variety used was the ‘Catuai Vermelho’. The pollinator species visiting the flowers, the frequency with which the flowers were visited by the insects, and the type of material collected by them (nectar and/or pollen) were determined by counts taking place at the first 10 minutes of each hour from 7:00 AM till 6:00 PM during the months mentioned above. To estimate the fructification percentage, 25 branches were identified with color threads and protected with wire frames covered with a nylon fabric to prevent them from being visited by insects. Another group of 25 branches was similarly identified but remained without any covering so that their flowers were thus freely visited by insects. On the average, the most frequent pollinator was the Africanized bee *Apis mellifera* (73.7%) followed by the bee *Trigona spinipes* (14.5%), and *Tetragonisca angustula* (9.5%). The Africanized bee collected nectar and pollen to almost the same extent: 58.5% of the first and 41.5% of the second. To collect nectar, that species increased its visiting frequency up to 1:00 PM. To collect pollen, *A. mellifera* visited the flowers up to 1:00 PM with frequency peaks between 8:00 and 9:00 AM. *T. spinipes* collected pollen (58,5%) and nectar (41,5%). *T. angustula* collected only pollen. The branches freely visited by insects produced 181 grains on the average whereas those covered with the nylon fabric produced only 81 grains, this meaning a reduction of 55.25% in grain production. Coffee grains produced on the freely visited branches had a mean weight (1.13 g) significantly superior to that of those produced on the covered branches (0.94 g).

Additional keywords: pollination, *Apis mellifera*, insects, productivity.

Introdução

De acordo com COUTO & COUTO (2006), o reconhecimento da importância da polinização com abelhas, no Brasil, encontra-se em fase de plena expansão, conquistando o seu espaço nos centros de pesquisa. Por outro lado, a preocupação com a escassez dos agentes polinizadores naturais é crescente e está mudando o rumo das investigações. Ainda segundo esses autores, os pesquisadores não se preocupam apenas em verificar os agentes polinizadores e sua atuação em uma dada cultura, mas também buscar soluções para contornar os transtornos decorrentes da redução da população destes polinizadores, resultantes da ação devastadora do homem sobre o meio ambiente. A questão é como viabilizar a polinização dirigida, seja manual ou induzida, aumentando a presença do polinizador e ou estimulando a visitação por meio de feromônios ou outras técnicas.

Sabe-se que quase 80% dos vegetais superiores, de interesse econômico, tanto pelos seus frutos como pelas sementes, grãos, fibras e demais produtos, dependem quase que exclusivamente dos insetos para a polinização (McGREGOR, 1976). Algumas espécies, sem a presença benéfica dos insetos, correriam o risco de não produzirem e até de se extinguirem. Segundo o autor, mais de um terço de nossa alimentação depende direta ou indiretamente da polinização efetuada pelas abelhas.

Várias culturas necessitam da polinização cruzada realizada, principalmente pelas abelhas, para a produção de frutos, grãos e sementes, como é o caso das plantas da família Cucurbitaceae, que inclui espécies de grande valor econômico como melancia, melão, chuchu, pepino, abóboras e outras. Muitas vezes ocorre falta de agentes polinizadores ocasionando queda na produção.

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

A economia cafeeira mundial tem passado por grandes transformações nas últimas décadas, com alterações marcantes tanto na produção quanto no consumo. O crescimento da produção de café tem se dado a taxas condizentes com o crescimento da população mundial, mas com alterações geográficas bem significativas. A cada ano que passa, o Brasil vem se consolidando como principal produtor e maior exportador mundial de café arábica.

A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) estimou que a safra de 2011 de café no Brasil será em torno de 43,5 milhões de sacas de 60 kg. Desse total, 32,182 milhões de sacas são referentes à

variedade arábica e as 11,361 milhões restantes se referem à variedade conilon, com redução de 9,5% comparada à safra de 2010. Isto deve ao ano de baixa no ciclo bianual da cultura.

O cafeeiro é um arbusto com dois a quatro metros de altura, tronco cilíndrico e amplamente ramificado nas proximidades da superfície do solo. Suas flores apresentam-se agrupadas em glomérulos axilares protegido por caulículo. O número de flores varia de dois a 19 por axila foliar. A corola é branca e tem o mesmo comprimento que o estilete. O nectário é discóide e produz uma solução, o néctar, com 38% de açúcares, em média (NOGUEIRA-NETO et al., 1959). Os grãos de pólen são numerosos, globosos, com exina grossa e lisa (KRUG, 1965).

Em condições naturais, os botões florais que entraram em dormência durante um período de seca, logo que ocorre uma chuva reiniciam imediatamente seu crescimento, levando à abertura das flores. As flores abrem-se nas primeiras horas da manhã e a corola começa a murchar no segundo dia, caindo no terceiro dia somente 20 a 25% das flores se desenvolvem em frutos maduros, algumas vezes, apenas 10 a 15%. Durante os primeiros quatro a cinco meses de desenvolvimento muitos frutos caem, a maioria dos quais não são fertilizados (FREE, 1993). De acordo com RENA et al. (1986), em São Paulo, o cafeeiro floresce várias vezes durante os meses de agosto a outubro, podendo o florescimento ser antecipado ou retardado, de acordo com a ocorrência de chuvas.

Com relação aos visitantes florais, muitos autores observaram diversas espécies de abelhas, entretanto, a abelha *Apis mellifera* foi a mais frequente (NOGUEIRA-NETO et al., 1959; AMARAL, 1952, 1960, 1972; RAW & FREE, 1977; BADILLA & RAMIREZ, 1991; FÁVERO, 2002; MALERBO-SOUZA et al., 2003). Vários autores também comprovaram a importância dessas abelhas no aumento de grãos de café (AMARAL, 1952, 1960, 1972; SEIN, 1959; MALERBO-SOUZA et al., 2003)

Os objetivos desta pesquisa foram estudar a polinização entomófila em flores do cafeeiro (*Coffea arabica*), var. "Catuaí Vermelho", em diferentes localidades, com o fim de verificar os insetos mais frequentes, o comportamento de forrageamento desses insetos e o efeito dessas visitas na produção quantitativa de grãos.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados em diferentes anos e localidades. Em setembro de 2004, foi realizado em Ribeirão Preto, SP, cuja altitude é de 620 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: 21°10'04" de latitude sul (S) e 47°46'23" de longitude oeste (W), com temperatura média anual ao redor de

21 °C. A área total do cafezal utilizada foi de 10 hectares. Em outubro de 2006, foi em Carmo do Paranaíba, MG, cuja altitude é de 1090 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: 28°50'30" de latitude sul (S) e 46°20'15" de longitude oeste (W), com temperatura média anual ao redor de 20 °C. A área utilizada foi de 55 hectares. E em setembro de 2007, em Altinópolis, SP, cuja altitude média é de 924 metros, com temperatura média anual ao redor de 20,4 °C. A área utilizada foi de 22 hectares. O clima das três localidades, segundo a classificação de Köppen, é o Cwa, isto é, clima mesotérmico, caracterizado por verões quentes e úmidos. A precipitação pluviométrica anual varia de 1500 a 2000 mm. O período seco normalmente permanece de três a quatro meses, coincidindo com a época mais fria do ano (maio a agosto).

Em todas as localidades, não foram introduzidas colméias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* no período experimental, entretanto, havia matas nos arredores dos cafezais, contendo enxames naturais de abelhas africanizadas e ninhos de abelhas nativas. No período em que os dados de frequência e comportamento forrageiro dos insetos foram avaliados, isto é, na florada, nenhuma aplicação de defensivos agrícolas foi realizada. As floradas se iniciaram após as primeiras chuvas, depois do período seco, que foi diferente nos anos observados. Em dois dos anos, 2004 e 2007, essas floradas se iniciaram em setembro e no ano de 2006, em outubro. A cultivar plantada nos cafezais experimentais, em todos os ensaios, foi a "Catuaí Vermelho", além disso, a idade dos cafezais variou entre 10 e 15 anos.

Foi avaliado o horário de abertura e de fechamento dos botões florais, através de observação visual, com quarenta repetições, em cada ano observado. Para isso, os botões florais prestes a abrir foram marcados com linhas coloridas, sendo anotado o horário de abertura. Os botões foram acompanhados no decorrer do dia e o horário de murchamento e, posterior fechamento, foi anotado.

Foram coletados dois exemplares de cada uma das espécies de insetos visitantes da cultura. Esses insetos foram conservados em álcool 70%, devidamente etiquetados, e posteriormente foram identificados por comparação em coleção entomológica do Departamento de Ecologia da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, pela equipe do Prof. Dr. João Maria F. Camargo.

Foram avaliados a frequência das visitas e o tipo de coleta (néctar e/ou pólen) desses insetos nas flores do cafeeiro, no decorrer do dia. Esses dados foram obtidos por contagem nos primeiros 10 minutos de cada horário, das 7h00 às 18h00, com três repetições (três dias distintos), em cada ano estudado. Essa contagem foi realizada percorrendo-se as linhas da cultura, durante 10 minutos, em cada horário,

anotando-se os insetos presentes nas flores e o que eles estavam coletando. O comportamento forrageiro de cada espécie de inseto foi avaliado através de observações visuais, no decorrer do dia, no período experimental.

A constância (C) desses insetos foi obtida por meio da fórmula: $C = (P \times 100)/N$, onde P é o número de coletas contendo a espécie estudada e N é o número total de coletas efetuadas (SILVEIRA-NETO et al., 1976).

Durante o florescimento, galhos foram aleatoriamente marcados, com linha colorida, e protegidos com armações de arame, revestidas com tecido de náilon, para impedir o acesso dos insetos, com 25 repetições. Outros galhos permaneceram desprotegidos, sendo livremente visitados por abelhas e outros insetos, com 25 repetições, em cada ano observado. A partir desses dados, se estimou a taxa de frutificação para as flores cobertas (sem acesso de polinizadores) e para as flores descobertas (acessíveis aos polinizadores).

A colheita e contagem dos grãos foram realizadas quando os mesmos já estavam prontos para serem colhidos. Após serem colhidos, foram separados 40 grãos dos galhos cobertos e 40 dos galhos mantidos descobertos, esses grãos foram imersos em água, para se observar a quantidade de grãos que boiaram (grãos chochos).

Todos os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa ESTAT. Para a comparação de médias, quando necessária, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para analisar a frequência de visitação dos insetos às flores, no decorrer do dia, foi utilizada análise de regressão por polinômios ortogonais, obtendo-se assim equações adequadas aos padrões observados, nas condições do experimento. Este programa estatístico é de domínio público e foi desenvolvido pelo Pólo Computacional da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Unesp, SP.

Resultados e discussão

Flores

Os dias avaliados nas floradas foram 10, 11 e 12 de setembro de 2004; 03, 04 e 09 de outubro de 2006 e 17, 18 e 19 de setembro de 2007. Em 2006, ocorreu atraso no início da floração do cafeeiro devido ao atraso no início do período de chuvas, após o inverno extremamente seco que predominou naquele ano. As flores do cafeeiro se abriram nas primeiras horas da manhã, em torno das 6h00, e a corola começou a murchar no final do segundo dia, em torno das 16h, caindo no final do terceiro dia (17h), portanto, a flor durou cerca de três dias desde sua abertura até o murchamento.

Insetos

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos, nos três anos estudados, com relação à porcentagem dos insetos que visitaram as flores do cafeeiro.

Observou-se declínio na diversidade de visitantes florais de 2004 para 2007. Em estudo publicado por Nicola Gallai, Jean-Michel Salles, Josef Settele e Bernard E. Vaissière foi demonstrada a importância econômica das abelhas como polinizadoras de plantas que servem como alimento para o homem, bem como a vulnerabilidade da produção de alimento ao declínio de polinizadores no mundo (GALLAI et al., 2009).

De acordo com IMPERATRIZ-FONSECA et al. (2007), na agenda da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) os polinizadores já ocupam um lugar de destaque. As informações existentes na literatura mundial sobre polinizadores indicam que o declínio das espécies é real onde foi medido, que sofrem com as alterações climáticas em curso, que não há disponibilidade de polinizadores nativos para a agricultura e que os polinizadores aumentam a produção agrícola de plantas importantes para o consumo humano, como é o caso do café, entre outros aspectos.

Tabela 1 - Porcentagem das espécies de insetos visitantes das flores da cultura do cafeeiro (*Coffea arabica.*), em 2004, 2006 e 2007. *Pollinators visiting flowers of coffee plants during a month period in the years of 2004, 2006, and 2007*

Ordem	Família	Subfamília	Gênero	Espécie	2004	2006	2007
Hymenoptera	Apidae	Apinae	<i>Apis</i>	<i>A. mellifera</i>	71,43a	73,9a	70,3a
	Apidae	Meliponinae	<i>Trigona</i>	<i>T. spinipes</i>	12,38b	12,8b	17,5b
	Apidae	Meliponinae	<i>Tetragonisca</i>	<i>T. angustula</i>	9,21b	6,6b	12,2b
	Vespidae				0,32c	2,0b	
Lepidoptera				5,71b	4,5b		
Outros insetos				0,95c			

Somatórios das médias seguidos da mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Means in the same column, followed by the same small case letter, are not statistically different at the probability level of 5%, according to Tukey's test*

Como pode ser observado na Figura 1, em Ribeirão Preto, SP, foi usada uma pequena área de cafezal, comparado aos outros anos, entretanto, houve uma maior variedade de espécies de insetos (Tabela 1), mesmo a área sendo rodeada por canaviais, muito comuns na região.

Isto pode ter ocorrido porque esse cafezal era rodeado também por fragmentos de mata (área de preservação permanente da propriedade) onde, provavelmente, ocorriam espécies de abelhas e insetos, que visitaram as flores do cafeeiro.

DE MARCO JR & COELHO (2004) verificaram em cafezais no Brasil, que as fazendas próximas a fragmentos florestais tiveram aumento de 14,6% na produção, o que poderia estar relacionado aos serviços de polinizadores. RICKETTS (2004) apontou a importância de fragmentos florestais tropicais para aumentar a atividade do polinizador em culturas de café. Estes estudos demonstraram a importância de abelhas sem ferrão (10 espécies), assim com de *A. mellifera*, como polinizadores. A distância entre a cultura e o fragmento mostrou que o uso dos polinizadores em transectos ao longo das áreas agrícolas aumentou em 20% a produção dessa cultura.

Com relação aos dados obtidos em 2004, em Ribeirão Preto, SP, os insetos mais frequentes nas flores do cafeeiro foram abelhas africanizadas *Apis mellifera*, abelhas *Trigona spinipes*, conhecidas popularmente como irapuás, e abelhas *Tetragonisca*

angustula, conhecidas como jataí. Foram observadas visitas esporádicas de lepidópteros, vespídeos, coleópteros e abelhas solitárias do gênero *Xylocopa*. Por meio de teste de Tukey, observou-se que o inseto mais freqüente nessas flores foram abelhas *A. mellifera*, sendo estatisticamente diferentes das demais espécies.

Neste ano, as abelhas *A. mellifera* coletaram tanto néctar (55,1%) quanto pólen (44,9%) (Tabela 2). Por meio de regressão polinomial no tempo, observou-se que, para néctar, essa abelha aumentou sua frequência até às 14h00 diminuindo em seguida, obedecendo à equação de 2º grau: $Y = -47,13 + 8,54X - 0,32X^2$ ($F = 4,73^{**}$, $R^2 = 0,4231$), onde Y é o número de abelhas e X é o horário do dia. Para pólen, essa abelha visitou as flores até às 13h00, com pico de frequência entre as 8h00 e as 9h00, obedecendo a seguinte equação: $Y = 21,45 - 1,38X$ ($F = 18,69^{**}$, $R^2 = 0,3423$).

As abelhas *T. spinipes* coletaram significativamente mais pólen (61,5%) que néctar (38,5%) (Tabela 3). Para pólen, essa abelha visitou as flores até às 12h00, com pico de frequência às 8 horas, obedecendo a seguinte equação: $Y = 4,37 - 0,27X$ ($F = 4,70^*$, $R^2 = 0,5879$). Para néctar, apresentou várias oscilações durante o dia, com pico de frequência às 15h00.



Figura 1 - Imagem de satélite da área experimental em Ribeirão Preto, SP. *Satellite image of the experimental area in the region of Ribeirão Preto, state of São Paulo.* (Source: GOOGLE EARTH).

As abelhas *T. spinipes* coletaram significativamente mais pólen (61,5%) que néctar (38,5%) (Tabela 3). Para pólen, essa abelha visitou as flores até às 12h00, com pico de frequência às 8h00, obedecendo a seguinte equação: $Y = 4,37 - 0,27X$ ($F = 4,70^*$, $R^2 = 0,5879$). Para néctar, apresentou várias oscilações durante o dia, com pico de frequência às 15h00.

A abelha *T. angustula* coletou somente pólen nas flores do cafeeiro, apresentando várias oscilações durante o dia (Tabela 4). Não foi observado nenhum comportamento forrageiro agressivo entre as espécies observadas.

Tabela 2 - Frequência e média das abelhas *Apis mellifera*, coletando néctar e pólen, nas flores do cafeeiro (*Coffea arabica*), 10 minutos em cada horário, das 7h00 às 18h00, em 2004, 2006 e 2007, considerando-se dados médios de três repetições em cada ano. *Mean frequency of visits by the Africanized honey bee to coffee flowers during the first 10 minutes of each hour from 7:00 AM to 6:00 PM in the years of 2004, 2006, and 2007*

Horário	Néctar				Pólen			
	2004	2006	2007	Média	2004	2006	2007	Média
07h00	0	11	0	3,67	26	1	48	25,00
08h00	0	8	0	2,67	27	3	46	25,33
09h00	3	20	4	9,00	25	5	44	24,67
10h00	6	17	13	12,00	13	5	28	15,33
11h00	12	13	20	15,00	7	5	16	9,33
12h00	17	11	29	19,00	1	5	3	3,00
13h00	21	5	39	21,67	2	7	5	4,67
14h00	23	14	43	26,67	0	2	4	2,00
15h00	20	9	39	22,67	0	4	0	1,33
16h00	15	11	23	16,33	0	8	0	2,67
17h00	7	8	17	10,67	0	5	0	1,67
18h00	0	4	5	3,00	0	0	0	0
Total	124 aA	131 aA	232 aA		101 aA	50 aB	194 aA	

Valores dos somatórios na mesma linha, seguidos de mesma letra minúscula, não diferem entre si, entre os anos, e da mesma letra maiúscula, não diferem entre os tipos de coleta, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *In the sum of visit frequencies small letters compare years and large letters compare type of collected material. The comparisons between means are made by the Tukey's test at 5% probability level.*

Tabela 3 - Frequência e média das abelhas *Trigona spinipes*, coletando néctar e pólen, nas flores do cafeeiro (*Coffea arabica*), 10 minutos em cada horário, das 7h00 às 18h00, em 2004, 2006 e 2007, considerando-se dados médios de três repetições em cada ano. *Mean frequency of visits by Trigona spinipes bee to coffee flowers during the first 10 minutes of each hour from 7:00 AM to 6:00 PM in the years of 2004, 2006, and 2007.*

Horário	Néctar				Pólen			
	2004	2006	2007	Média	2004	2006	2007	Média
07h00	0	1	0	0,33	4	0	11	5,00
08h00	0	1	0	0,33	6	4	11	7,00
09h00	1	1	5	2,33	3	5	9	5,67
10h00	0	1	0	0,33	5	6	7	6,00
11h00	3	1	6	3,33	2	2	6	3,33
12h00	0	1	0	0,33	4	1	12	5,67
13h00	0	2	0	0,67	0	2	0	0,67
14h00	0	0	0	0,00	0	1	0	0,33
15h00	6	0	18	8,00	0	1	0	0,33
16h00	2	0	13	5,00	0	1	0	0,33
17h00	3	0	8	3,67	0	0	0	0
18h00	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	15aB	8aB	50aA		24aA	23aA	56aA	

Valores dos somatórios na mesma linha, seguidos de mesma letra minúscula, não diferem entre si, entre os anos, e da mesma letra maiúscula, não diferem entre os tipos de coleta, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *In the sum of visit frequencies small letters compare years and large letters compare type of collected material. The comparisons between means are made by the Tukey's test at 5% probability level.*

Tabela 4 - Frequência e média das abelhas *Tetragonisca angustula*, coletando pólen, nas flores do cafeeiro (*Coffea arabica*), 10 minutos em cada horário, das 7h00 às 18h00, em 2004, 2006 e 2007, considerando-se dados médios de três repetições em cada ano. *Mean frequency of visits by Tetragonisca angustula bee to coffee flowers during the first 10 minutes of each hour from 7:00 AM to 6:00 PM in the years of 2004, 2006, and 2007.*

Horário	Pólen			
	2004	2006	2007	Média (Mean)
07h00	6	0	14	6,67
08h00	5	2	13	6,67
09h00	2	0	10	4,00
10h00	2	2	7	3,67
11h00	1	2	5	2,67
12h00	6	3	5	4,67
13h00	0	2	0	0,67
14h00	2	2	4	2,67
15h00	3	1	9	4,33
16h00	2	0	7	3,00
17h00	0	1	0	0,33
18h00	0	0	0	0
Total	29a	15a	74a	

Somatório das médias seguidos da mesma letra minúscula, na mesma linha, não difere entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Sum of the means followed by equal small letters, in the same line, do not differ statistically (P>0.05).*

No ano de 2006, o experimento foi conduzido em cafezal em Carmo do Paranaíba, MG, região tradicionalmente produtora de café (Figura 2).

Em grandes áreas cultivadas com monoculturas, como é o caso de Carmo do Paranaíba, observou-se menor diversidade de insetos nas flores (Tabela 1), incluindo abelhas. Nessas áreas, normalmente os fragmentos florestais ficam mais distantes, dificultando a chegada dos insetos no interior das plantações, ficando estes mais nas proximidades da mata. Além disso, com o

início do florescimento, flores se abrem, ao mesmo tempo, em grande quantidade, necessitando, muitas vezes, da introdução de colméias para incrementar a produção. AMARAL (1972) determinou a distribuição das forrageiras, marcando com fósforo radioativo, duas colônias colocadas no centro da plantação de café. As campeiras foram abundantes dentro de 25 m, um pouco numerosas aos 50 m, mas poucas aos 100 m. Ele recomendou que as colmeias sejam distribuídas dentro da plantação a intervalos de 100 m.



Figura 2 - Imagem de satélite da área experimental na cidade de Carmo do Paranaíba, MG. *Satellite image of the experimental area in the region of Carmo do Paranaíba, state of Minas Gerais, Brazil* (Source : GOOGLE EARTH).

Em 2006, os insetos observados visitando as flores do cafeeiro foram: abelhas *A. mellifera*, abelhas *T. spinipes*, abelhas *T. angustula*, lepidópteros e vespídeos (Tabela 1). Como em 2004, também foi observado, por meio de teste de Tukey, que o inseto mais frequente nessas flores foi abelha *A. mellifera*, sendo estatisticamente diferentes das demais espécies. Neste ano, as abelhas *A. mellifera* preferiram coletar néctar (73,2%) comparado à coleta de pólen (26,8%). Por meio de regressão polinomial no tempo, observou-se que apenas a coleta de néctar apresentou padrão de frequência, sendo que aumentou até as 13h00, diminuindo em seguida, de acordo com a seguinte equação de 2º grau: $Y = - 0,045 + 0,540X - 0,039X^2$ ($F = 4,316^*$, $R^2 = 0,3398$) (Tabela 2). As abelhas *T. spinipes* preferiram coletar pólen (74,2%) comparado ao néctar (25,8%) (Tabela 3). Também não foi observado padrão de frequência dessas abelhas nas flores do cafeeiro, por meio de regressão polinomial no tempo (Tabela 3). Observou-se que a abelha *T. angustula* coletou exclusivamente pólen das flores do cafeeiro (Tabela 4). Por meio de regressão polinomial no tempo, essa abelha também não apresentou padrão de frequência, visitando as flores no decorrer do dia.

Em 2007, o experimento foi realizado em Altinópolis, SP (Figura 3), que da mesma forma que Carmo do Paranaíba, é uma região com grandes áreas cultivadas com plantações de café. De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que os insetos visitantes das flores do cafeeiro foram apenas abelhas: *A.*

mellifera, *T. spinipes* e *T. angustula*. Da mesma forma que 2004 e 2006, por meio de teste de Tukey, observou-se que o inseto mais frequente nessas flores foi abelha *A. mellifera*, sendo estatisticamente diferentes das demais espécies.

Neste ano, as abelhas *A. mellifera* coletaram tanto néctar (54,5%) quanto pólen (45,5%) e observou-se que, para néctar, essa abelha visitou as flores das 7h00 às 14h00, diminuindo a frequência no decorrer do dia. Por meio de regressão polinomial no tempo, observou-se que para a coleta de néctar, a frequência aumentou até às 13h00, diminuindo em seguida, obedecendo a seguinte equação de 2º grau: $Y = - 8,74 + 5,36X - 0,36X^2$ ($F=594,54^{**}$, $R^2=0,79$). Para pólen, a frequência dessas abelhas diminuiu no decorrer do dia ($Y = 16,36 - 1,68X$, $F=1677,81^{**}$, $R^2=0,82$) (Tabela 2). As abelhas *T. spinipes* coletaram tanto néctar (47,2%) quanto pólen (52,8%), no decorrer do dia. Para coleta de néctar, a frequência dessas abelhas nas flores aumentou no decorrer do dia, obedecendo a seguinte equação de 1º grau: $Y = - 0,13 + 0,23X$ ($F=18,64^{**}$, $R^2 = 0,17$). Para pólen, a frequência diminuiu no decorrer do dia ($Y = 4,19 - 0,40X$, $F=211,72^{**}$, $R^2=0,72$) (Tabela 3). As abelhas *T. angustula* coletaram exclusivamente pólen, visitando as flores das 7h00 às 16h00, apresentando dois picos de frequência, entre 7h00 e 8h00 e às 15h00 (Tabela 4). Observou-se que essas abelhas diminuíram a frequência no decorrer do dia, obedecendo a seguinte equação de 1º grau: $Y = 4,25 - 0,38X$.



Figura 3 - Imagem de satélite da área experimental na cidade de Altinópolis, SP. *Satellite image of the experimental area in the region of Altinópolis, state of São Paulo, Brazil.* (Source :GOOGLE EARTH)

Quando foram analisados os dados dos três anos estudados (2004, 2006 e 2007), observou-se que, em média, os insetos mais frequentes foram abelhas *A. mellifera* (73,7%), *T. spinipes* (14,5%) e *T. angustula* (9,5%), concordando com ROUBIK (2002) e MANRIQUE & THIMANN (2002).

Em média, as abelhas *A. mellifera* preferiram coletar néctar (58,5%) em comparação ao pólen (41,5%). Para coleta de néctar, essas abelhas visitaram as flores até às 13h00, diminuindo em seguida ($Y = -85,48 + 16,30X - 0,62X^2$, $F = 16,95^{**}$, $R^2 = 0,82$). Para pólen, a frequência diminuiu no decorrer do dia ($Y = 41,59 - 2,56X$, $F = 20,86^{**}$, $R^2 = 0,82$). As abelhas *T. spinipes* preferiram coletar pólen (58,5%) comparado ao néctar (41,5%). Para coleta de pólen, a frequência dessas abelhas diminuiu no decorrer do dia ($Y = 11,50 - 0,69X$, $F = 26,07^*$, $R^2 = 0,78$) e para néctar não houve diferença no decorrer do dia. E as abelhas *T. angustula* coletaram somente pólen nas flores do cafeeiro, diminuindo sua frequência no decorrer do dia ($Y = 9,30 - 0,48X$, $F = 7,58^{**}$, $R^2 = 0,62$).

As diferenças observadas de ano para ano podem ter ocorrido devido ao tamanho dos cafezais, pelas condições climáticas em cada ano estudado, pelas condições nutricionais da planta e do solo, pelo número de enxames naturais nas proximidades e pela presença de fontes de alimento competitivas, que se modificam de ano para ano e de local para local.

Vários autores consideraram que os polinizadores primários do cafeeiro são abelhas sociais, como é o caso das abelhas observadas neste experimento, em especial, a abelha *A. mellifera* (NOGUEIRA-NETO et al., 1959; AMARAL, 1972; FÁVERO, 2002; ROUBIK, 2002; MALERBO-SOUZA et al., 2003; RICKETTS, 2004; BOS

et al, 2007) e em menor abundância abelhas solitárias (KLEIN et al., 2003).

Na Jamaica (RAW & FREE, 1977) e na Costa Rica (BADILLA & RAMIREZ, 1991), também as abelhas *A. mellifera* foram os visitantes mais abundantes.

De acordo com o índice de constância (Tabela 5), desenvolvido por SILVEIRA-NETO et al. (1976), em 2004, as abelhas *A. mellifera* e *T. angustula* foram consideradas espécies acessórias (56,3% e 41,7%, respectivamente). A abelha *T. spinipes* foi considerada espécie acidental (22,9%) nas flores do cafeeiro. Em 2006, obteve-se que, apenas a espécie *A. mellifera* foi constante nas flores do cafeeiro (77,8%). Todas as outras foram consideradas espécies acidentais visitando essas flores, sendo respectivamente, 29,2% e 11,3% para as abelhas *T. spinipes* e *T. angustula*. Em 2007, obteve-se que apenas a espécie *A. mellifera* foi constante nas flores do cafeeiro (75,0%). As outras foram consideradas espécies acessórias visitando essas flores, sendo, respectivamente, 46,0% e 37,5%, para as abelhas *T. spinipes* e *T. angustula*.

Pode-se observar que existem diferenças nas porcentagens de espécies observadas, nas diferentes localidades, nos diferentes anos, entretanto, a abelha *A. mellifera* se mostrou o visitante mais comum nas flores do cafeeiro.

A abelha *A. mellifera* apresentou o comportamento forrageiro de coletar de flor em flor, sem danificar as flores, podendo carregar o pólen em seu corpo nessas visitas e efetuando a transferência do pólen das anteras para os estigmas, de uma flor para outra, portanto, realizando a polinização. Por esse motivo, essa espécie foi considerada agente polinizadora efetiva da cultura.

Tabela 5 - Índice de constância das abelhas *Apis mellifera* (A.m.), *Trigona spinipes* (T.s.) e *Tetragonisca angustula* (T.a.), nas flores do cafeeiro (*Coffea arabica*), em 2004, 2006 e 2007. *Visit constancy index of Africanized honey bee (Apis mellifera), Trigona spinipes, and Tetragonisca angustula to coffee flowers in the years of 2004, 2006, and 2007*

Ano	Índice de constância		
	Espécie Constante	Espécie Acessória	Espécie Acidental
2004	-	A. m. - 56,3% T. a. - 41,7%	T. s. - 22,9%
2006	A. m. - 77,8%	-	T. s. - 29,2% T. a. - 11,3%
2007	A. m. - 75,0%	T. s. - 46,0% T. a. - 37,5%	-

Pode-se observar que existem diferenças nas porcentagens de espécies observadas, nas diferentes localidades, nos diferentes anos, entretanto, a abelha *A. mellifera* se mostrou o visitante mais comum nas flores do cafeeiro. A abelha *A. mellifera* apresentou o comportamento forrageiro de coletar de flor em flor, sem danificar as flores, podendo carregar o pólen em seu corpo nessas visitas e efetuando a transferência do pólen das anteras para os estigmas, de uma flor para outra, portanto, realizando a polinização. Por esse motivo, essa espécie foi considerada agente polinizadora efetiva da cultura.

As abelhas *T. spinipes* também foram observadas nos diferentes anos e apresentou comportamento semelhante ao da abelha *A. mellifera*, visitando várias flores para a coleta de néctar e pólen e não apresentou comportamento agonístico com relação às outras espécies. Além disso, essa abelha não foi observada danificando as flores, isto é, cortando as peças florais e nem perfurando o néctario na base externa da flor, comportamento frequentemente atribuído a ela.

As abelhas *T. angustula* visitaram as flores em menor número e, apesar do seu tamanho reduzido comparado às outras abelhas visitantes, ela ao coletar pólen apresentou comportamento semelhante às espécies maiores, tocando as anteras e estigmas, podendo transferir o pólen. Entretanto, a presença das abelhas *T. angustula* nos campos tem apresentado um declínio com o passar dos anos, como mostrou esse experimento.

Frutos

Com relação à porcentagem de frutificação, observou-se que o tratamento descoberto apresentou maior número médio de grãos (181 ± 56 grãos) que o tratamento coberto (81 ± 27 grãos). Portanto, a ausência dos insetos visitando as flores diminuiu em 55,25% a produção dos grãos. Esses dados comprovaram que cafezais que não são visitados ou são pouco visitados por insetos, principalmente abelhas, a produção tenderá a ser menor, concordando com os dados obtidos por AMARAL (1972), FÁVERO (2002),

ROUBIK (2002), MALERBO-SOUZA et al. (2003).

O peso médio dos grãos de café provenientes do tratamento descoberto foi 1,13g, sendo significativamente maior que o peso médio do tratamento coberto (0,94g). Outros autores concluíram que o peso dos frutos foi 25% maior quando os polinizadores têm acesso às flores do cafeeiro (RICKETTS, 2004; KLEIN et al, 2008)

Com relação à porcentagem de grãos chochos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos descoberto (10%) e coberto (12,5%).

BOREUX et al. (2010) comparando a polinização de abelhas e o efeito das práticas de manejo da cultura de café, observaram que a abundância de abelhas contribuiu mais na produção do cafeeiro, em número de grãos, que a prática da calagem, por exemplo. Entretanto, a irrigação da cultura foi considerada um fator importante. Os autores citaram que os cafeicultores deveriam ficar atentos tanto para a presença das abelhas como também para a irrigação da cultura para contribuir na melhoria da quantidade e qualidade da produção de café.

Conclusões

Nas condições em que foi conduzido esse experimento, pode-se concluir que a abelha africanizada *Apis mellifera* é um inseto constante e o mais frequente nas flores do cafeeiro preferindo coletar néctar nesta cultura. Pelo seu comportamento forrageiro foi considerado agente polinizador efetivo da cultura. A ausência de insetos diminuiu em 55,25% a produção de grãos do cafeeiro, além de diminuir o peso desses grãos.

Mesmo em diferentes localidades, a abelha *A. mellifera* é uma espécie frequente e constante nas flores do cafeeiro, podendo ser manejada para polinização dirigida, nesta cultura. Outras espécies de abelhas também visitam as flores do cafeeiro, frequentemente, como *Trigona spinipes* e *Tetragonisca angustula*.

Referências

- AMARAL, E. **Ensaio sobre a influência de *Apis mellifera* L. na polinização do cafeeiro** (Nota prévia). Piracicaba: Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, 1952. 6p. (Boletim Técnico, 9).
- AMARAL, E. Ação dos insetos na polinização do cafeeiro "Caturram". **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.35, p.139-147, 1960.
- AMARAL, E. **Polinização entomófila de *Coffea arabica* L., raio de ação e coleta de pólen pela *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera; Apidae), em cafezal florido**. 1972. 82f. Tese de Livre Docência - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.
- BADILLA, F.; RAMIREZ, B. Polinización del café por *Apis mellifera* L. y otros insetos em Costa Rica. **Turrialba**, Costa Rica, v.41, n.3, p.285-288, 1991.
- BOREUX, V.; CHEPPUDIRA, K. G.; VAAST, P.; GHAZOU, J. Bee pollination and coffee production in the context of various management practices. In: WORLD FOOD SYSTEM – A CONTRIBUTION FROM EUROPE, 1., 2010. Zurich. **Proceedings...** Zurich: Department of Environmental Sciences, 2010. p.321.
- BOS, M.; VEDDELER, D.; BOGDANSKI, A. K.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TYLIANAKIS, J. Caveats to quantifying ecosystem services: fruit abortion blurs benefits from crop pollination. **Ecological Applications**, Ithaca, v.17, p.1841-1849, 2007.
- COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 193p.
- DE MARCO JR, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, Madri, v.13, p.1245-1255, 2004.
- FÁVERO, A. C. **Polinização entomófila em soja (*Glycine max* L. Merrill, var. FT 2000) e café (*Coffea arabica* L., variedades Catuaí Vermelho – IAC 144 e Mundo Novo)**. 2002. 44f. Monografia – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. New York: Academic Press, 1993. 684p.
- GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. Economic variation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, Hanover, v.68, n.3, p.810-821, 2009.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; GONCALVES, L. S. A iniciativa brasileira de polinizadores e os avanços internacionais no conhecimento da importância das abelhas como polinizadores de interesse agrícola. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. p.1-2
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, London, v.40, p.837-845, 2003.
- KLEIN, A. M.; CUNNINGHAM, S. A.; BOS, M.; STEFFAN-DEWENTER, I. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. **Ecology**, Washington, v.89, n.4, p.935-943, 2008.
- KRUG, C. A. **Cultura e Adubação do cafeeiro**. 2ª ed. Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo, 1965. 277p.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, p.272-278, 2003.
- MANRIQUE, A. J.; THIEMANN, R. E. Coffee (*Coffea arabica*) pollination with africanized honeybees in Venezuela. **Interciencia**, Venezuela, v.27, n.8, p.414-416, 2002.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. MAPA/ PROCAFÉ e Fundação Procafé, 2002. 387p.
- McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: Agricultural Research Service. 1976. 496p.
- NOGUEIRA-NETO, P.; CARVALHO, A.; ANTUNES, H. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. **Bragantia**, Instituto Agrônomo de Campinas, v.18, p.441-468, 1959.
- RAW, A.; FREE, J. B. The pollination of coffee (*Coffea arabica*) by honeybees. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.54, p.365-369, 1977.
- RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; YAMADA, T. **Cultura do Cafeeiro**. Associação Brasileira para pesquisa de Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1986. 447p.

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

ROUBIK, D. W. The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, London, v.417, p.208, 2002.

SEIN, F. Ayudan las abejas al cafetalero? **Hacienda, Mexico**, v.55, p.36-50, 1959.

SILVEIRA-NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de Ecologia dos Insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419p.