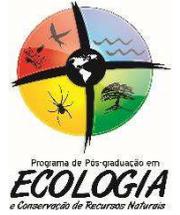




UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais



**EFEITO DOS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO NA PRODUÇÃO
E QUALIDADE DE SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus
annuus* L.)**

Ana Luisa de Sousa e Castro Melo

Uberlândia – MG, 2014

Ana Luisa de Sousa e Castro Melo

**EFEITO DOS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO NA PRODUÇÃO
E QUALIDADE DE SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus
annuus* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Solange Cristina Augusto

Ana Luisa de Sousa e Castro Melo

**EFEITO DOS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO NA PRODUÇÃO
E QUALIDADE DE SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus
annuus L.*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2014

Prof^ª. Dr^ª. Maria José de Oliveira Campos

UNESP

Prf^ª. Dr^ª. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira

UFU

Prof^ª. Dr^ª. Solange Cristina Augusto

UFU

(Orientador)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M528e Melo, Ana Luisa de Sousa e Castro, 1988
2017 Efeito dos serviços de polinização na produção e qualidade de
 sementes de girassol (*Helianthus Annuus L.*) [recurso eletrônico] / Ana
 Luisa de Sousa e Castro Melo. - 2017.

 Orientadora: Solange Cristina Augusto.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.

 Modo de acesso: Internet.

 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1273>

 Inclui bibliografia.

 Inclui ilustrações.

 1. Ecologia. 2. Abelha-européia. 3. Polinizadores. 4. Girassol -
Sementes. I. Augusto, Solange Cristina, (Orient.) II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Dedico à minha avó Euclair de Oliveira,
meu maior exemplo de força e
perseverança.

Agradecimentos

Agradeço à minha família. Especialmente aos meus pais e meus padrinhos pelo constante incentivo para que eu sempre suba mais um degrau e realize meus sonhos;

À minha irmã Déborah, que sempre foi e continua sendo meu exemplo;

Ao melhor amigo que alguém podia ter, Danilo, por ser meu apoio;

E as minhas queridas primas Amanda, Letícia e Andressa, sempre ao meu lado.

À professora Dr^a. Solange Cristina Augusto, pelos anos de ensinamento que foram indispensáveis à minha vida profissional e pessoal;

E aos colegas do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas pela ajuda indispensável à conclusão deste trabalho e especialmente à Camila Nonato Junqueira, pelo incentivo e ajuda da qual sempre serei grata.

À Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais e à Universidade Federal de Uberlândia pelas oportunidades e aos funcionários da Fazenda Água Limpa, especialmente ao Sr. Francisco Célio de Assis, que muito se empenhou em fazer com que o experimento fosse bem sucedido;

Às professoras professora Dr^a. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira e Dr^a. Maria José de Oliveira Campos pela disponibilidade em participar da banca examinadora;

À professora Dr^a. Maria Cristina Gaglianone por me receber na Universidade Estadual Norte Fluminense e ao professor Dr. Ivo José Curcino Vieira pelo auxílio no Laboratório de Ciências Químicas;

E à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Índice

Lista de figuras.....	vi
Lista de tabelas.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	x
Introdução.....	1
Material e Métodos.....	8
Área de estudo.....	8
Espécie vegetal.....	11
Procedimentos.....	12
Tratamentos de polinização.....	12
Amostragem de visitantes.....	13
Comportamento dos visitantes florais.....	14
Efeito dos grupos funcionais <i>Apis</i> e <i>Não-Apis</i> na produtividade.....	14
Análise de dados.....	15
Resultados.....	16
Tratamentos de polinização.....	16
Amostragem de visitantes.....	17
Efeito dos grupos funcionais <i>Apis</i> e <i>Não-Apis</i> na produtividade.....	22
Discussão.....	23
Referências.....	29

Lista de Figuras

- Figura 1. Localização do cultivo experimental de girassol (●) na Fazenda Água Limpa, em Uberlândia, Minas Gerais. Fonte: Google Earth, 2013.....9
- Figura 2. Vista geral do cultivo experimental irrigado de girassol, quatro dias após a semeadura. Fazenda Água Limpa, Uberlândia, Minas Gerais.....10
- Figura 3. (a) Flor ligulada, (b – f) Sequência de abertura das flores tubulares. (d) Flor masculina; (e) Flor feminina.....11
- Figura 4. Inflorescências utilizadas durante o experimento de tratamentos de polinização em cultivo de girassol em Uberlândia, Minas Gerais. (A) Controle negativo e (B) Polinização aberta.....12
- Figura 5. Variação entre o tratamento de exclusão de visitantes florais (CN) e polinização aberta (PA). (A) Peso de mil aquênios (g); (B) Peso do óleo em 5g de sementes (g).....16
- Figura 6. Número médio de visitas de abelhas do gênero *Apis* (A) e *Não-Apis* (B) coletando pólen e néctar ao longo dos dias de observação. H1: 08h30 à 10h30; H2: 11h30 à 13h30; H3: 14h30 à 16h30.....19
- Figura 7. Média da variação no número de indivíduos observados entre abelhas da espécie *Apis mellifera* e *Não-Apis* (abelhas nativas), em 10 capítulos por dia de experimento.....20
- Figura 8. Distribuição dos táxons de abelhas nativas (*Não-Apis*) e, em segundo plano, a abundância de *Apis mellifera* (A.mel) observados por dia. Legendas: Hal – Halictidae, Exo – *Exomalopsis*, Tri – *Trigona*, Bom – *Bombus*, Par – *Paratrigona*.....21
- Figura 9. (A) *Trigona spinipes* coletando tecido vegetal e (B) *Paratrigona* sp. coletando pólen de flores masculinas em capítulos de um cultivo experimental de girassol na Fazenda Água Limpa - Uberlândia, Minas Gerais.....21
- Figura 10. Correlação não paramétrica entre do peso das sementes (peso de mil aquênios) em gramas. (A) Raiz quadrada do número de visitantes florais pertencentes à espécie *Apis mellifera*; (B) Função logarítmica do número de visitas de *Não-Apis*.....22
- Figura 11. Análise de variância entre o peso das sementes (peso de mil aquênios) em gramas e o número de espécies observadas em cada capítulo. Diferentes letras supraescritas representam valores médios significativamente diferentes.....23

Lista de Tabelas

Tabela 1. Fases de desenvolvimento do híbrido de girassol (*Helianthus annuus*), Hélio 360, entre os meses de Abril (Germinação) e Outubro (Colheita) de 2012, na Fazenda Água Limpa, Uberlândia-MG.....10

Tabela 2. Número de abelhas nativas visitantes de cultivo de girassol (*Helianthus annuus* L.) na Fazenda Água Limpa, Uberlândia-MG. FO: Frequência de ocorrência (pf: pouco frequente, f: frequente, mf: muito frequente).....18

CASTRO-MELO, A. L. S. Efeito dos serviços de polinização na produção e qualidade de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 45p

As abelhas são as principais responsáveis pela manutenção das espécies de plantas nativas e cultivadas por apresentarem alta fidelidade, constância floral e comportamento especializado de coleta de recursos durante suas visitas sendo de grande importância para manutenção dos serviços de polinização. Dentre as plantas utilizadas na agricultura, 75% são dependentes direta ou indiretamente de agentes polinizadores. *Apis mellifera*, é a principal espécie utilizada para a polinização de culturas agrícolas, no entanto devido ao seu recente declínio, abelhas nativas (Não-*Apis*) tem sido consideradas alternativas viáveis para serviços de polinização. Dentre os cultivos comerciais, destaca-se o girassol, oleaginosa de grande importância econômica mundial e que é beneficiado pela polinização por abelhas. *Apis mellifera* é um dos principais polinizadores desse cultivo, no entanto a presença de abelhas Não-*Apis* incrementam a produção por aumentar o número de visitas de *A. mellifera*. Em vista da típica utilização e da importância de *A. mellifera* para a polinização em cultivos de girassol e das dificuldades causadas pelo declínio de polinizadores, os objetivos do trabalho foram (i) identificar os visitantes florais em um cultivo experimental de girassol e avaliar a influência destes visitantes na polinização, produção e qualidade das sementes e (ii) verificar o efeito de diferentes grupos funcionais de polinizadores (*Apis* e Não-*Apis*) sobre a quantidade (peso) e qualidade (quantidade de óleo) das sementes. O estudo foi realizado na Fazenda Água Limpa (UFU), Uberlândia, MG entre os meses de junho e julho de 2012 em um plantio experimental de girassol (*Helianthus annuus* L.). Para avaliar a importância da polinização por abelhas na produção e qualidade das sementes de girassol realizou-se um experimento de exclusão de visitantes florais. Foram ensacados 30 capítulos de girassol para controle negativo (exclusão de visitantes) e outros 30 para polinização aberta. Após o período de maturação, os capítulos foram colhidos para posterior quantificação de óleo por capítulo. O levantamento dos visitantes florais foi realizado por meio de um censo ao longo das linhas de cultivo. Houve diferença significativa entre os tratamentos de polinização de controle negativo e polinização aberta para os parâmetros peso de mil aquênios e quantidade de óleo em 5 gramas de semente. O incremento foi de 49% no peso das sementes e 305% na quantidade de óleo produzida. Foram coletadas 252 abelhas nativas de 28 espécies correspondentes à 14 gêneros e 7 tribos. A tribo Apini apresentou o maior número de espécies e maior número de indivíduos. Observou-se uma correlação positiva entre o peso das sementes e o número de visitas de Não-*Apis*. Sendo assim, o manejo consorciado de *A. mellifera* e abelhas Não-*Apis* aliada a uma conservação da vegetação natural no entorno de áreas de cultivo acarretará em um maior incremento de produtividade e da qualidade das sementes de girassol.

Palavras-chave: *Apis mellifera*, abelhas Não-*Apis*, manejo de polinizadores, biodiversidade, conservação.

CASTRO-MELO, A. L. S. Effect of pollination services in the production and quality of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.). M. S. thesis, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 45p

Bees are responsible for the maintenance of native and cultivated plant species because they present high fidelity, floral constancy and specialized resources collection behavior during their visits with great importance for the maintenance of pollination services. Among cultivated plants, 75% are directly or indirectly dependent of pollinators. *Apis mellifera*, is the main species used for crop pollination, however due to its recent decline, native bees (Non-*Apis*) has been considered as a viable alternative for pollination services. Among commercial crops, we highlight the sunflower, a oilseed with major global economic importance which benefits from bee pollination. *Apis mellifera* is the main pollinator of this crop, however the presence of Non-*Apis* bees increment production by increasing the number of visits of *A. mellifera*. Considering the typical use and the importance of *A. mellifera* for sunflower pollination and the difficulties caused by pollinators decline, the main objectives were (i) to identify floral visitors in an experimental sunflower crop and evaluate the influence of these visitors in pollination, production and quality of seeds and (ii) to determine the effect of different functional pollinators groups (*Apis* and non-*Apis*) in the quantity (weight) and quality (amount of oil) of seeds. The study was conducted in the Fazenda Água Limpa (UFU), Uberlândia, MG between the months of June and July of 2012 in an experimental sunflower crop (*Helianthus annuus* L.). To assess the importance of pollination by bees on production and quality of sunflower seeds, we held an experiment to exclude floral visitors. 30 sunflower inflorescence were bagged for negative control (excluding visitors) and another 30 for open pollination. After the maturation period, the inflorescence were collected for oil production quantification. Floral visitors survey was carried out through a census along crop lines. There was a significant difference between pollination negative control and open pollination treatments for the parameters thousand achenes weight and oil quantity in 5 grams of seed. There was a increase of 49% in seed weight and 305% in the amount of oil produced. 252 native bees corresponding to 28 genera and 14 species and 7 tribes were collected. The tribe Apini presented the highest number of species and a greater number of individuals. There was a positive correlation between seed weight and the number of visits of Non-*Apis*. Thus, the consortium management of *A. mellifera* and Non-*Apis* bees combined with the conservation of natural vegetation surrounding crop areas will result in a greater increase in productivity and quality of sunflower seeds.

Key words: *A. mellifera*, Non-*Apis* bees, pollinators management, biodiversity, conservation

1. INTRODUÇÃO

As abelhas são as principais responsáveis pela manutenção das espécies de plantas nativas, principalmente em decorrência de sua evolução e adaptação mútua as angiospermas (Stevens 2001). Abelhas são visitantes florais obrigatórios, pois suas larvas são alimentadas com misturas de pólen e néctar e os adultos buscam ativamente alimento nas flores (Ramalho *et al.* 1991).

Elas apresentam alta fidelidade, constância floral e comportamento especializado de coleta de recursos durante suas visitas (Kearns & Inouye 1997), sendo responsáveis por 90% do sucesso reprodutivo das plantas com flores (Waser *et al.* 1996), e as tornando melhor adaptadas ao ambiente, através da formação de sementes viáveis e melhores frutos (Kearns & Inouye 1997).

A polinização constitui um serviço ecossistêmico primordial ao homem, sendo fundamental a 87,5% da reprodução das plantas com flores (Waser *et al.* 2011). Dentre as plantas utilizadas na agricultura, 75% são dependentes direta ou indiretamente de agentes polinizadores (Klein *et al.* 2007), sendo seu sucesso reprodutivo mais dependente da polinização do que de outros fatores como a fertilidade do solo ou as condições climáticas (Buchmann & Nabhan 1996).

Plantas nativas e cultivadas se beneficiam da polinização, podendo ser os polinizadores imprescindíveis para a produção de frutos ou somente um fator para a quantidade e a qualidade dos frutos formados (DeMarco & Coelho 2004), aumentando o valor proteico, o teor das fibras e o número de sementes produzidas (Sundriyal & Sundriyal 2004), além de aumentar também o valor econômico do produto final.

A composição de espécies de polinizadores presentes em um cultivo agrícola é influenciada pela presença de fragmentos de mata nativa (Kevan *et al.* 1997) e sua distância do cultivo (Greenleaf & Kremen 2006), devido a disponibilidade de locais de

nidificação e recursos alimentares. A variação na composição de espécies pode alterar a produção do cultivo devido às interações interespecíficas resultantes do aumento da competição por recurso (Greenleaf & Kremen 2006).

Calcula-se que hoje 38,9% da área total existente no mundo é empregada com cultivos anuais, tendo este percentual aumentado 10,9% (493 milhões de hectares) desde o início das transformações tecnológicas na agricultura, a Revolução Verde, na década de 1960 (Scolari 2006). Simultaneamente, ocorreu a redução de 2,37% das áreas florestais, perdendo-se mais de 100 milhões de hectares de área verde no planeta (Wood *et al.* 2000), o que leva a uma redução significativa das áreas de vegetação natural (Wilcock & Neiland 2002).

A agricultura tem se tornado cada vez mais dependente dos polinizadores, tornando seu papel cada dia mais evidente tanto em países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento (Gallai *et al.* 2009, Carré *et al.* 2009). *Apis mellifera* L. 1758, a abelha do mel, é a principal espécie utilizada para a polinização de culturas agrícolas no mundo (Free 1993). É uma espécie generalista, amplamente distribuída, de fácil manejo (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012) e que, com seus serviços de polinização, movimentam 14,8 bilhões de dólares por ano nos Estados Unidos (Morse & Calderone 2000). Seu padrão de voo é rápido e agitado entre as flores, tornando-as eficientes na dispersão de pólen (Couto & Couto 2007). Existem mais de dois milhões de colônias de *A. mellifera* no Brasil sendo utilizadas para a produção de mel e seus derivados e para serviços de polinização em diversos cultivos, destacando-se os cultivos de maçã (*Malus domestica* Borkh) e melão (*Cucumis melo* L.) (De Jong *et al.* 2006).

Embora seja uma espécie amplamente utilizada para serviços de polinização em diversos cultivos agrícolas, *A. mellifera* é relativamente ineficiente quanto à polinização da maioria dos cultivos, se considerarmos o número de flores visitadas por abelha (1

flor/3-6 visitas) (Greenleaf & Kremen 2006), além de ser uma espécie exótica que pode alterar a estrutura das interações entre as abelhas nativas e as plantas na comunidade natural (Santos *et al.* 2012) através da introdução de novos parasitas e doenças e competir com as espécies nativas por local de nidificação e fontes de recursos (Silveira *et al.* 2006).

No começo dos anos 2000, as populações de *Apis mellifera* começaram a declinar nos Estados Unidos, em consequência de vários fatores, levando ao que é conhecido como “Colony Collapse Disorder” (CCD). Tal fenômeno é caracterizado pela perda rápida e inexplicável da população adulta da colmeia sem que haja nenhuma carência de alimento ou destruição da mesma por meio de outros insetos (VanEngelsdorp *et al.* 2009), além de não serem encontradas abelhas mortas nem dentro, nem nos arredores da colmeia (Rocha & Alencar 2012).

Este episódio se difere de outros relatos de elevada mortalidade de colônias de abelhas melíferas pela perda da população ser particularmente concentrada nas abelhas forrageiras que não retornam as colmeias, deixando para trás a rainha com abelhas jovens e um pequeno grupo de adultos que trabalha dentro do ninho, provocando o enfraquecimento da colônia (VanEngelsdorp *et al.* 2009). Acredita-se que muito desse declínio se deve à utilização indiscriminada de pesticidas na agricultura, que aparenta levar ao comprometimento do sistema imunológico das abelhas e as deixar mais vulneráveis à ação de parasitas (Rocha & Alencar 2012).

O impacto negativo do colapso das colônias já vem sendo sentido na produção agrícola de todo o mundo, aumentando o custo dos alimentos e ameaçando a viabilidade de várias culturas. No entanto, espécies de abelhas nativas que também visitam culturas agrícolas e que, até onde se sabe, estão menos vulneráveis as doenças que atacaram as colônias de *A. mellifera*, constituem uma alternativa viável ao problema da produção de alimentos no planeta (Winfrey *et al.* 2007).

Abelhas nativas, grupo normalmente citado como Não-*Apis* por se referir a todas as abelhas que não são do gênero *Apis*, e que são tão eficientes quanto à abelha do mel em relação aos serviços de polinização prestados (Ricketts *et al.* 2004) e podem contribuir de forma comercial e viável para a polinização de diversos cultivos, desde que sejam as espécies utilizadas para tal fim sejam amplamente distribuídas geograficamente e cujo manejo e multiplicação de ninhos sejam conhecidos (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012). Considerando o nível de socialidade, estas abelhas podem ser agrupadas em duas grandes guildas considerando as estratégias de forrageamento: guilda das abelhas sociais e guildas das abelhas solitárias (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2006).

Dentre as abelhas de comportamento social, observa-se uma estrutura hierárquica muito bem organizada na qual existe cooperação entre operárias ou fêmeas coespecíficas (Michener 1974, Alves-dos-Santos 2002) e forrageamento em grupo. Nesta guilda, destacam-se dois grupos de importante valor econômico que se comportam de forma satisfatória em relação a polinização tanto em estufas quanto em áreas abertas, sendo elas: as espécies do gênero *Bombus* e as da tribo Meliponini.

As espécies do gênero *Bombus*, conhecidas como mamangavas-de-solo, são mais eficientes que as abelhas do gênero *Apis* para a polinização das famílias Solanaceae e Ericaceae, pela sua capacidade de vibrar e retirar o pólen de suas anteras poricidas (Garófalo *et al.* 2012).

As abelhas sem ferrão, os meliponíneos, constituem um grupo de abelhas da região tropical e neotropical (Michener 2007) utilizadas comercialmente em vários tipos de cultivo devido a sua constância floral, forrageamento contínuo e pouca agressividade, sendo capazes, por exemplo, de forragear efetivamente em casas de vegetação (Heard 1999). A espécie *Melipona subnitida* Ducke, por exemplo, foi utilizada para o aumento da produção de pimentão em ambiente protegido, produzindo frutos mais pesados e com

mais sementes que na ausência dos polinizadores, mesmo sendo as flores de pimentão autógamas (Cruz *et al.* 2005). *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, mostrou aumentar a qualidade dos frutos de tomateiro produzido em estufa (Bartelli 2013) e *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier, a abelha iraiá, que apresenta mais de 2.000 indivíduos em cada uma de suas colônias, tem sido utilizada para a polinização de morangueiro no Japão, em casas de vegetação aquecidas, (Maeta *et al.* 1992) e no Brasil (Malagodi-Braga 2002).

A guilda das abelhas de comportamento solitário, cuja construção e o provisionamento das células de cria são realizados individualmente, apresenta sítios de nidificação mais dificilmente encontrados fazendo com que estas espécies, mesmo que mais eficientes, permaneçam como polinizadores potenciais em relação a maioria dos cultivos (Garófalo *et al.* 2012).

Nos Estados Unidos e na Europa, há mais de 40 anos, abelhas solitárias vem sendo bem estudadas e utilizadas na agricultura (Alves-dos-Santos 2004), sendo destacada a constante utilização comercial das espécies da família Megachiliidae. A espécie *Megachile rotundata* Fabricius (Megachiliidae) é amplamente utilizada para o incremento da produção de alfafa (*Medicago sativa* L.) (Stubbs *et al.* 1994, Pitts *et al.* 2011) e a espécie *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Megachiliidae) para a maior produção de vários frutíferas, destacando-se a maçã (Bosch & Kemp 2001, Bosch & Kemp 2002, Maccagnani *et al.* 2003).

No Brasil, destaca-se a utilização de abelhas do gênero *Xylocopa* para o incremento da produção de cultivos comerciais de maracujá-amarelo (Camillo 2003, Yamamoto *et al.* 2012; Junqueira *et al.* 2013). Além de serem encontrados diversos estudos sobre a importância de espécies nativas no incremento de diversos parâmetros de produção em cultivos comerciais (Delaplane & Mayer 2000). Espécies da tribo Centridini são importantes visitantes florais em cultivos de maracujá-doce (Gaglianone *et al.* 2010)

e polinizadores efetivos em acerola (Vilhena & Augusto 2007, Vilhena *et. al* 2011). *Exomalopsis analis* Spinola foi considerada potencial espécie polinizadora de tomateiro em cultivos abertos de tomate (Santos 2013).

Considerando todos os polinizadores, 73% das plantas cultivadas no planeta são polinizadas por alguma espécie de abelha (FAO 2004) e mesmo assim, somente um número muito pequeno é manejado para serviços de polinização (Kremen 2008). *Apis mellifera* permanece como a principal espécie responsável pela manutenção dos serviços de polinização em monoculturas devido a sua versatilidade, fácil manejo e bom preço no mercado (Klein *et al.* 2007). No entanto, as abelhas nativas vem se mostrando uma opção confiável em cultivos comercial (Christmann & Aw-Hassan 2012), tendo em vista a constante diminuição do número de colônias de *A. mellifera* e à maior susceptibilidade das abelhas do mel às doenças observadas no CCD (Winfrey *et al.* 2007), sendo importante continuar investindo na introdução de espécies nativas manejáveis em culturas comerciais.

Dentre os cultivos comerciais, destaca-se o girassol que é uma oleaginosa de desenvolvimento vigoroso e de grande importância mundial pela excelente qualidade do óleo produzido por suas sementes e pelo aproveitamento de seus subprodutos para a produção de rações balanceadas (Rossi 1998). É um cultivo que não necessita de maquinário especializado, de ciclo curto e que se adapta facilmente a solos e climas pouco favoráveis, sendo cada vez mais utilizado para a produção de biocombustíveis no Sudeste do Brasil, principalmente na entressafra dos cultivos típicos da região (Freitas e Nunes-Silva 2012).

A produção mundial de sementes de girassol é tradicionalmente dominada pela Ucrânia, Rússia e Argentina que, juntas, produziram 19.720 toneladas no ano de 2012. O Brasil ocupa o 25º posição no ranking mundial e o 4º na América Latina, atrás de

Argentina, Bolívia e Paraguai, de acordo com o último levantamento da *Food and Agriculture Organization* (FAO).

DeGrandi-Hoffman & Watkins (2000) verificaram que, no girassol, operárias de *A. mellifera* eram observadas com mais pólen no corpo em cultivos onde a abundância de abelhas nativas era maior, enquanto que Greenleaf & Kremen (2006), demonstraram que abelhas nativas, mesmo que em baixa abundância, indiretamente aumentavam a produção de híbridos de girassol aumentando o número de visitas de *A. mellifera*.

Em vista da típica utilização e da importância de *A. mellifera* para a polinização em cultivos de girassol, das dificuldades causadas pelo declínio de polinizadores em todo o mundo e a possibilidade de incremento no número de visitas de *A. mellifera* na presença de abelhas nativas, os objetivos do trabalho foram:

- (i) Identificar os visitantes florais em um cultivo experimental de girassol e avaliar a influência destes visitantes na polinização, produção e qualidade das sementes.
- (ii) Verificar o efeito de diferentes grupos funcionais de polinizadores (*Apis* e *Não-Apis*) sobre a quantidade (peso) e qualidade (quantidade de óleo) das sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Água Limpa (19°05'48'' S 48°21'05'' W), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, na cidade de Uberlândia, MG entre os meses de junho e julho de 2012. A fazenda apresenta 104 ha de área preservada, sendo formada por um complexo de vegetação que abrange cerrado sentido restrito, cerrado denso, vereda e mata de galeria e 151,72 ha de área com frutíferas e pastagem (Neto 2008). O clima Aw, segundo a classificação de Köppen, é marcado por duas estações bem definidas, uma seca e uma chuvosa (Rosa *et al.* 1991)

Foi realizado um plantio experimental de girassol (*Helianthus annuus* L.), utilizando o híbrido Hélio 360 (*Helianthus annuus* L. LTDA) em uma área de 1,400 m² (70 m de comprimento x 20 m de largura). A área semeada era limitada por uma extensa plantação de soja, cultivos de laranja, maracujá e pequenas áreas de feijão, abacaxi e banana e encontrava-se a cerca de 220 m de uma área de cerrado sentido restrito seguida por uma vereda (Figura 1).

Os dados climáticos de todo o período de desenvolvimento do cultivo de girassol foram obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda Água Limpa, a 425 m do plantio experimental. Durante a floração, observou-se precipitação pluvial de 2,51 mm, temperatura média de 18,8 °C, umidade relativa do ar de 74,84 % e velocidade média do vento de 0,38 m.s⁻¹.

Implantou-se um sistema de irrigação por microaspersão para o plantio direto. A semeadura foi realizada com espaçamento entre linhas de 0,5 m e com quatro sementes por metro em cada linha. A profundidade de semeadura foi de aproximadamente 0,05m,

sendo realizado um desbaste, após a emergência das plantas, para que permanecesse apenas uma planta por cova (Figura 2).



Figura 1. Localização do cultivo experimental de girassol (●) na Fazenda Água Limpa, em Uberlândia, Minas Gerais. Fonte: Google Earth, 2013.

Durante todo o período anterior ao florescimento do cultivo, foram feitos acompanhamentos o desenvolvimento das plantas e o desenvolvimento de pragas.

A partir do início da fase reprodutiva, ainda antes da abertura das primeiras flores tubulares, os capítulos necessários para o desenvolvimento de todos os experimentos foram ensacados. Quando os primeiros capítulos ensacados encontravam-se em fase R5.5, fase de floração plena na qual as flores liguladas estão amarelas e completamente expandidas e 50% das flores tubulares do capítulo estão abertas, iniciou-se o período de coletas de dados em dias alternados (totalizando 8 dias de coleta) até o final da floração.



Figura 2. Vista geral do cultivo experimental irrigado de girassol, após a germinação. Fazenda Água Limpa, Uberlândia, Minas Gerais.

2.2 Espécie Vegetal

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual, da ordem Asterales e família Asteraceae. Sua inflorescência, conhecida como capítulo, é composta por dois tipos de flores: 1. Flores liguladas, incompletas, com ovário e cálice rudimentar e corola transformada, semelhante a uma pétala, de cor amarelo-alaranjada (Figura 3a); 2. Flores tubulares, férteis e hermafroditas, formadas por cálice, corola, androceu e gineceu (Figura 3b-f) (Rossi 1998).

Esta é uma planta alógama, que apresenta discordância morfofisiológica de maturação de estames e pistilos (protandria) e grãos de pólen pesados e grandes, dificultando assim a polinização anemófila (Vrânceanu 1977).



Figura 3. (a) Flor ligulada, (b – f) Sequência de abertura das flores tubulares. (d) flor masculina; (e) flor feminina.

A protandria é um processo no qual as flores passam por uma fase masculina (Figura 3d), quando da sua antese, liberando pólen.

Durante as duas etapas de desenvolvimento as flores produzem néctar, permanecendo assim atrativas aos visitantes florais que enquanto forrageiam pelo capítulo a procura de pólen e/ou néctar, promovem a polinização das flores (Paiva *et al.* 2002).

2.3. Amostragem de abelhas nativas

Foram realizadas observações ao longo das cinco linhas abertas no cultivo em intervalos de horário pré-estabelecidos (8h30–10h30, 11h30–13h30, 14h30–16h30). O coletor caminhava pausadamente por 10 minutos entre as cinco linhas de cultivo disponíveis por intervalo, totalizando 20h de observação e captura ao longo da floração.

Em cada intervalo as espécies forrageando nos capítulos demarcados eram identificadas e registradas sem que houvesse interação. Espécies não identificadas em campo, a exceção das observadas nos capítulos experimentais, eram coletadas com auxílio de tubos falcon ou rede entomológica, sacrificados em acetato de etila e individualizadas para posterior identificação em laboratório. Todos os exemplares sacrificados foram depositados na coleção do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas da Universidade Federal de Uberlândia.

As espécies amostradas foram identificadas e classificadas de acordo com Silveira *et al.*, 2002 e sua frequência de ocorrência calculada segundo Buschini (2006), onde $FO = \text{número de amostras da espécie } i / \text{número total de amostras} \times 100$. Se $FO \geq 50\%$, a

espécie é muito frequente (mf), se $FO < 50\%$ e $\geq 25\%$, a espécie é frequente (f) e se $FO < 25\%$ a espécie é considerada pouco frequente (pf).

2.4. Tratamentos de polinização

Para avaliar a importância da polinização na formação das sementes foi conduzido um experimento com três tratamentos: 1. Controle, 30 capítulos ensacados ainda em botão, sem polinização cruzada (Figura 4a); 2. Polinização aberta, 30 capítulos identificados em condições naturais e sem manipulação (Figura 4b); 3. Polinização assistida, 80 capítulos diferentes (em estágio R5.5) eram abertos, 10 por dia, e tinham suas visitas monitoradas por 5 minutos em cada um dos três intervalos de observação. Devido à grande movimentação de abelhas entre os capítulos, realizamos três quantificações dos polinizadores: no primeiro, terceiro e quinto minuto de observação. Foi também verificado o tipo de recurso coletado e as interações com outros visitantes quando possível.



Figura 4. Inflorescências utilizadas nos tratamentos de polinização em cultivo de girassol em Uberlândia, Minas Gerais. (A) Controle (B) Polinização aberta e (C) Polinização assistida.

Após a maturação e a colheita os capítulos foram mantidos em laboratório sob boas condições de temperatura e ventilação por 15 dias. Mensuramos o diâmetro dos capítulos antes que seus aquênios fossem debulhados. Na sequência suas sementes foram contadas, pesadas e armazenadas para posterior análise.

A extração do óleo foi feita a partir de um processo contínuo desenvolvido para culturas oleaginosas, denominado Soxhlet (Lunelli, 2013) e ocorreu no Laboratório de Química da Universidade Estadual Norte Fluminense, sob a supervisão do Prof. Dr. Ivo José Curcino Vieira no Laboratório de Ciências Químicas (LCQui), com a utilização de um evaporador rotativo Fisaton 801 a única alteração realizada, uma vez que a utilização deste aparelho diminui o tempo de evaporação do solvente. Foram utilizados 150ml de n-hexano para cada amostra contendo 5g de sementes triturada para obter a quantidade de óleo produzida nos tratamentos de controle e polinização aberta.

2.4. Análise de dados

Comparamos os tratamentos de polinização, controle negativo e polinização aberta, em relação ao peso de 1000 aquênios (g) e à quantidade de óleo em 5g de sementes de girassol (g) através de um teste t.

Para testar o efeito dos grupos funcionais *Apis* e *Não-Apis* na produção de sementes de girassol foi realizada uma análise de variância (ANOVA). Nela, os capítulos foram agrupados de acordo com o número de espécies observadas em suas flores (riqueza de espécies) e tiveram seus valores médios de produtividade (peso de mil aquênios) comparados.

A fim de testar a relação entre o peso das sementes e o número de visitas aos capítulos, foram realizadas duas correlações de Spearman entre o peso de mil aquênios

(g) e o número de visitas de abelhas da espécie *A. mellifera* e o peso de mil aquênios (g) e o número de visitas do grupo Não-*Apis*. Para atender aos pressupostos de normalidade dos testes, foi necessária uma transformação em raiz referente ao número de visitas de *A. mellifera* e uma logarítmica, nos dados de número de visitas do grupo Não-*Apis*.

3. RESULTADOS

3.1. Tratamento de polinização

Houve diferença significativa entre os tratamentos de polinização de controle negativo (CN) e polinização (PA) aberta para os parâmetros avaliados: peso de mil aquênios (PA=60,77±1,024 g; CN=48,37±1,637 g) ($t=-3,515$; $df=58$; $p=0,001$) e quantidade de óleo em 5 gramas de semente (PA=2,280±0,328; CN=0,842±0,401) ($t=-8,773$; $df=18$; $p<0,001$) (Figura 5A e 5B).

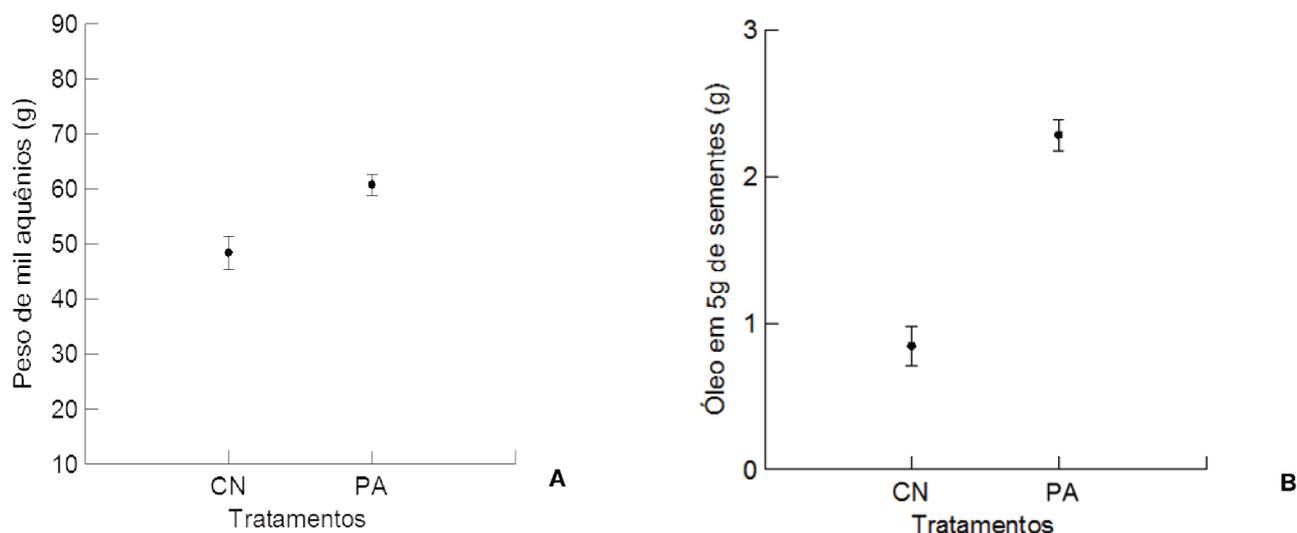


Figura 5. Variação entre o tratamento de exclusão de visitantes florais (CN) e polinização aberta (PA). (A) Peso de mil aquênios (g); (B) Peso do óleo em 5g de sementes (g).

Projetando estes resultados de produtividade para um cultivo comercial padrão do híbrido H360, variedade de girassol auto compatível utilizada no experimento, temos que

sem a presença de polinizadores seriam produzidos 2.263,95 kg.ha⁻¹ de grãos que gerariam 407,51kg.ha⁻¹ de óleo enquanto que a produção embasada na biodiversidade presente na área (OP) produziria 2.891,70 kg.ha⁻¹ de grãos para posteriormente gerar 1.301,26 kg.ha⁻¹ de óleo.

3.2. Amostragem dos visitantes

Foram coletadas na área de estudo 252 abelhas nativas de 28 espécies correspondentes à 14 gêneros e 7 tribos. A tribo Apini apresentou o maior número de espécies (nº de spp. = 9; 32,14%) e maior número de indivíduos (n = 156; 61,90%), seguida pela tribo Exomalopsini (nº spp. = 7; 25,00%) (n = 57; 22,61%) (Tabela 2).

Apis mellifera é uma abelha que coleta recursos em grande escala e de forma organizada. No período da manhã, observa-se uma preponderância de indivíduos coletando pólen, enquanto que no intervalo das 11h30 às 13h30 estas abelhas coletam tanto pólen quanto néctar e no período das 14h30 às 16h30, observa-se uma maior coleta de néctar (Figura 6A). As abelhas Não-*Apis* são observadas durante todo o dia, geralmente em menor número e no período de maior atividade de *A. mellifera*, sendo menos avistadas no começo da manhã (Figura 6B).

Tabela 2. Número de abelhas nativas visitantes de cultivo de girassol (*Helianthus annuus* L.) na Fazenda Água Limpa, Uberlândia-MG. FO: Frequência de ocorrência (pf: pouco frequente, f: frequente, mf: muito frequente).

Família/Subfamília/Tribo/Subtribo	Espécies	N	FO
Andrenidae			
Oxaeinae	<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	3	pf
Apidae			
Apinae			
Apini			
Bombina	<i>Bombus atratus</i> Franklin, 1913.	10	f
Euglossina	<i>Euglossa</i> sp.	1	pf
	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	6	f

Meliponina	<i>Melipona quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836	1	pf
	<i>Melipona quinquefasciata</i> Lepeletier, 1836	26	mf
	<i>Paratrigona lineata</i> Lepeletier, 1836	38	mf
	<i>Tetragonista clavipes</i> Fabricius, 1804	3	f
	<i>Trigona hyalinata</i> Lepeletier, 1836	21	mf
	<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	50	mf
Centridini	<i>Epicharis flava</i> Friese, 1900	1	pf
Xylocopinae			
Ceratinini	<i>Ceratina</i> sp. 1	3	f
	<i>Ceratina</i> sp. 2	3	f
Xylocopini	<i>Xylocopa suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	1	pf
Exomalopsini	<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853	23	mf
	<i>Exomalopsisauropilosa</i> Spinola, 1853	11	mf
	<i>Exomalopsis fulvofasciata</i> Smith, 1879	14	f
	<i>Exomalopsis minor</i> Schrottky, 1910	2	pf
	<i>Exomalopsis</i> sp. 1	1	pf
	<i>Exomalopsis</i> sp. 2	1	pf
	<i>Exomalopsis</i> sp. 3	5	f
Halictidae			
Halictinae			
Augochlorini	<i>Augochloropsis</i> sp.	16	mf
Halictini	<i>Halictini</i> sp. 1	5	f
	<i>Halictini</i> sp. 2	3	f
	<i>Halictini</i> sp. 3	1	pf
	<i>Halictini</i> sp. 4	1	pf
	<i>Halictini</i> sp. 5	1	pf
	<i>Halictini</i> sp. 6	1	pf
Total		252	

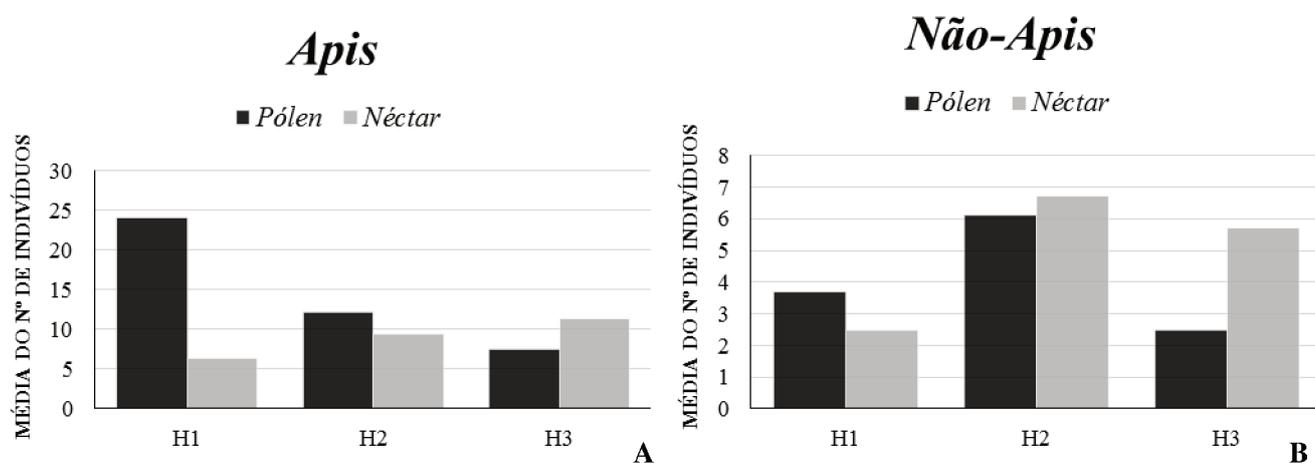


Figura 6. Número médio de visitas de abelhas do gênero *Apis* (A) e Não-*Apis* (B) coletando pólen e néctar ao longo dos dias de observação. H1: 08h30 à 10h30; H2: 11h30 à 13h30; H3: 14h30 à 16h30.

Apesar da predominância absoluta de indivíduos da espécie *A. mellifera*, verificase o aumento do número de abelhas nativas nos capítulos observados à medida que o número de *A. mellifera* diminui. *Apis mellifera* foi mais abundante no quarto dia de experimento (n=179), enquanto que para as outras espécies, grupo *Não-Apis*, o sétimo dia foi o mais abundante (n=51) (Figura 6).

Apesar da predominância absoluta de indivíduos da espécie *A. mellifera*, verificase o aumento do número de abelhas nativas nos capítulos observados à medida que o número de *A. mellifera* diminui. *Apis mellifera* foi mais abundante no quarto dia de experimento (n=179), enquanto que para as outras espécies, grupo *Não-Apis*, o sétimo dia foi o mais abundante (n=51) (Figura 7).

Como era esperado, dentre as abelhas *Não-Apis* houve predominância das espécies sociais. No entanto, foram observadas visitas constantes de abelhas solitárias, bem como o aumento da abundância de espécies sociais quando o número de *A. mellifera* era menor (Figura 8).

Espécies de *Trigona* foram observadas retirando as sementes de girassol formadas do capítulo para coletar tecido vegetal nas páleas (Figura 9A). Observou-se também a presença frequente de meliponíneos do gênero *Paratrigona* que, devido ao seu porte muito pequeno, não aparentam realizar a polinização efetiva das flores de girassol por transitar entre as flores e não sobre elas coletando na grande maioria das vezes pólen das flores masculinas (Figura 9B).

Apis mellifera foi a abelha dominante nos capítulos analisados em todo o período de observação, apresentando número médio de visitas simultâneas por capítulo de $12,24 \pm 6,80$ e frequência de ocorrência (FA) de 75,47%, sendo seguida pelos indivíduos dos gêneros *Trigona* (FA = 4,70%), *Paratrigona* (FA = 3,07%) e *Exomalopsis* (FA = 1,02%).

Os outros grupos observados, juntos, corresponderam à 0,68% das observações sendo divididos em abelhas Halictidae (FA = 0,51%) e *Bombus* (FA = 0,17%).

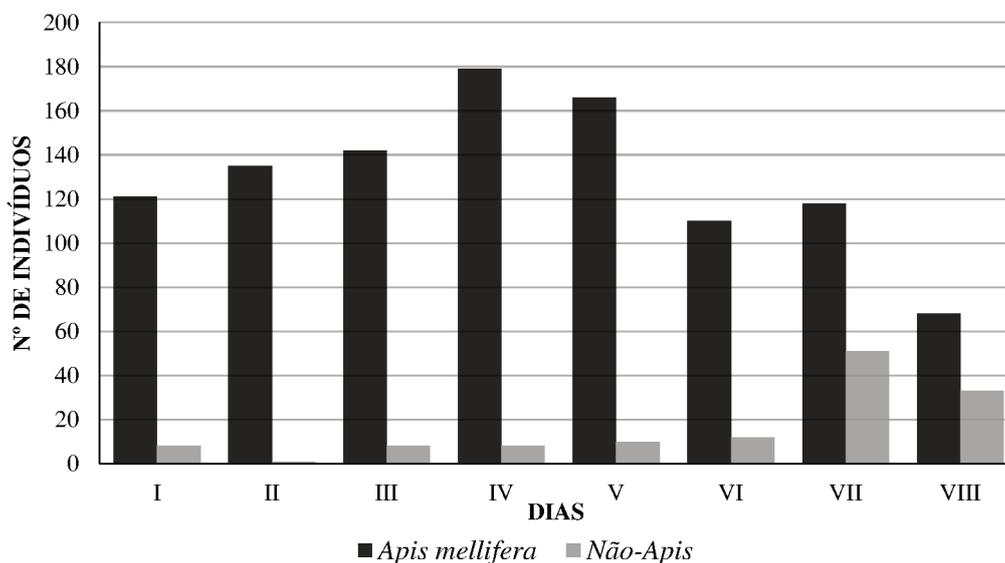


Figura 7. Média da variação no número de indivíduos observados entre abelhas da espécie *Apis mellifera* e *Não-Apis* (abelhas nativas), em 10 capítulos por dia de experimento.

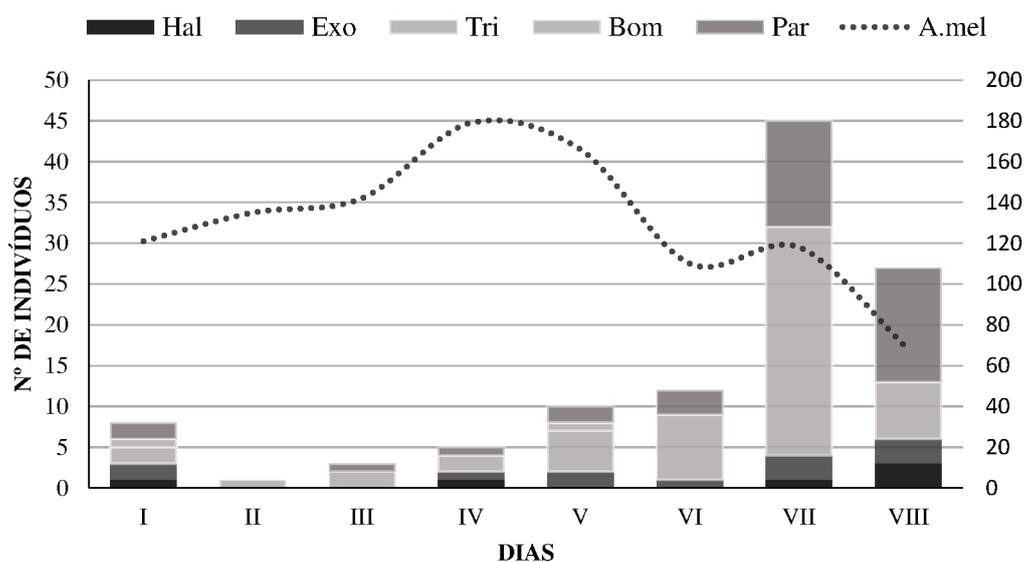


Figura 8. Distribuição dos táxons de abelhas nativas (*Não-Apis*) e, em segundo plano, a abundância de *Apis mellifera* (A.mel) observados por dia. Legendas: Hal – Halictidae, Exo – *Exomalopsis*, Tri – *Trigona*, Bom – *Bombus*, Par – *Paratrigona*.

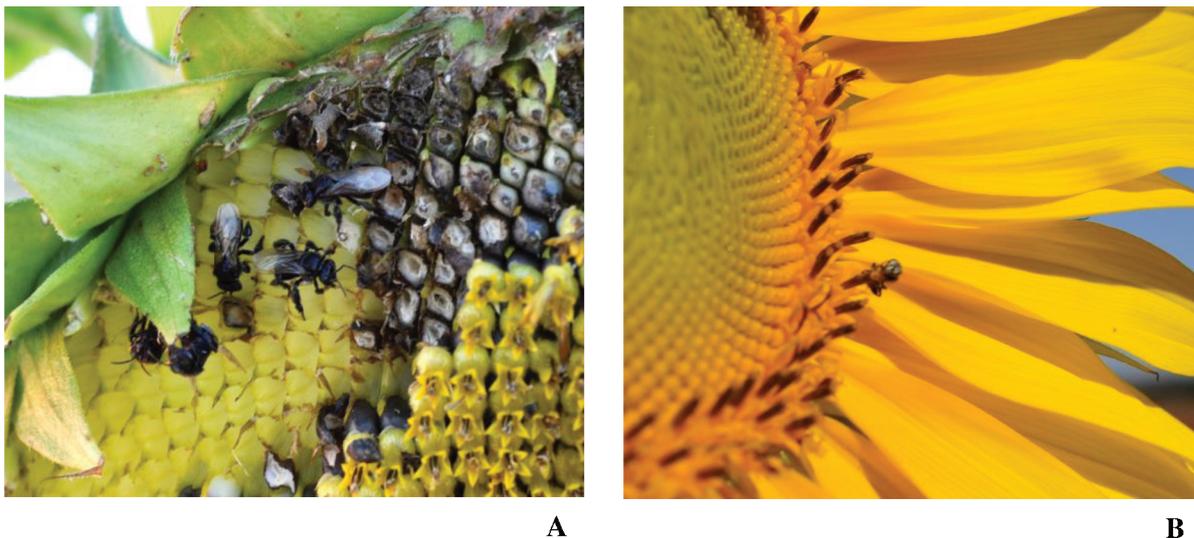


Figura 9. (A) *Trigona spinipes* coletando tecido vegetal e (B) *Paratrigona lineata* coletando pólen de flores masculinas em capítulos de um cultivo experimental de girassol na Fazenda Água Limpa - Uberlândia, Minas Gerais.

3.3. Efeito dos grupos funcionais *Apis* e *Não-Apis* na produtividade

Considerando o efeito dos grupos funcionais sobre a produção do girassol, observou-se uma correlação positiva entre o peso das sementes (peso de mil aquênios) e o número de visitas de *Não-Apis* ($r_s = 0,320$; $gl = 67$; $p < 0,01$), enquanto que o número de visitas de abelhas da espécie *A. mellifera* não foi significativa ($r_s = 0,021$; $gl = 67$; $p > 0,05$) (Figura 10).

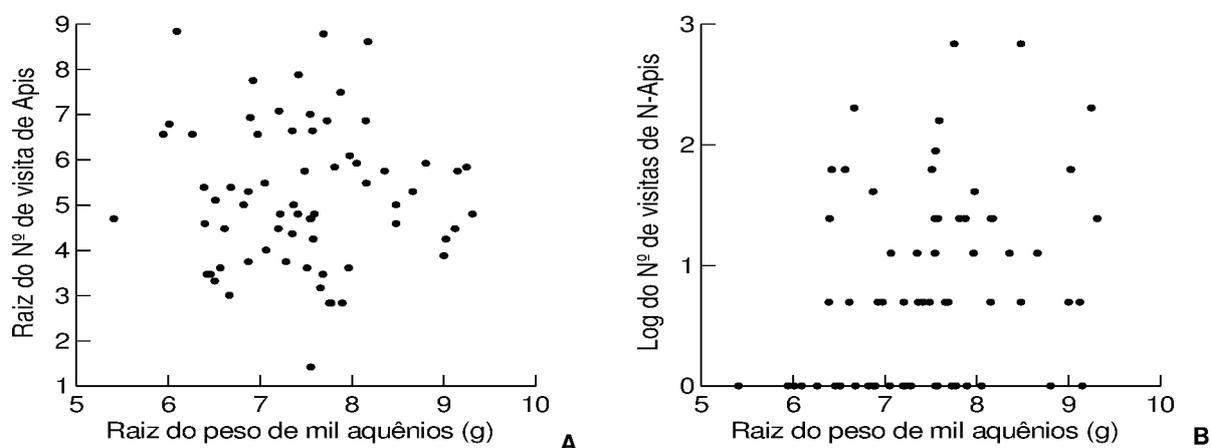


Figura 10. Correlação não paramétrica entre do peso das sementes (peso de mil aquênios) em gramas. (A) Raiz quadrada do número de visitantes florais pertencentes à espécie *Apis mellifera*; (B) Função logarítmica do número de visitas de *Não-Apis*.

Comparando a produção de sementes entre capítulos visitados somente por *A. mellifera* e aqueles também visitados por mais de uma espécie de abelhas do grupo Não-*Apis* observou-se um efeito positivo do aumento da riqueza de polinizadores sobre o peso de mil aquênios. Os capítulos visitados por quatro espécies de abelhas eram aproximadamente 40% mais pesados que aqueles visitados por uma única espécie ($F_{3,62} = 5,720$; $p = 0,002$) (Figura 11).

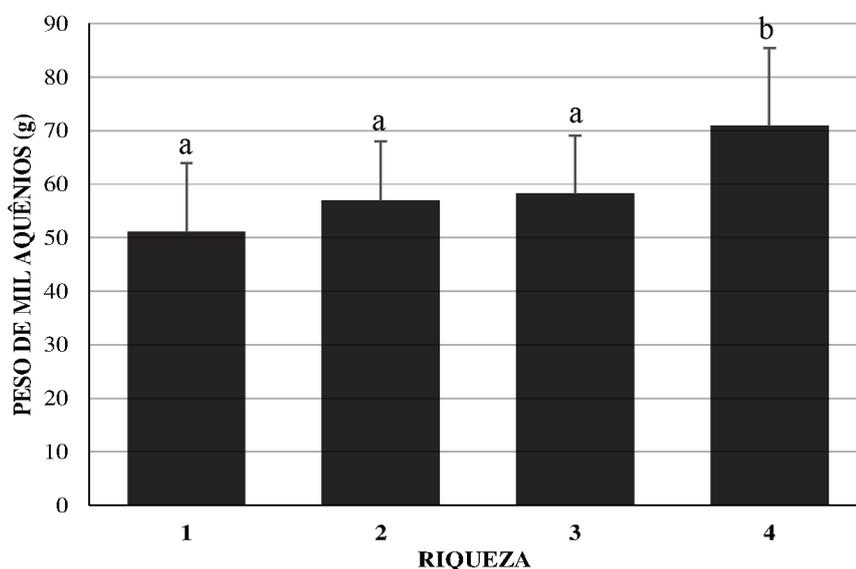


Figura 11. Análise de variância entre o peso das sementes (peso de mil aquênios) em gramas e o número de espécies observadas em cada capítulo. Diferentes letras supraescritas representam valores médios significativamente diferentes.

4. DISCUSSÃO

A presença de visitantes florais incrementou tanto a produção quanto a qualidade das sementes analisadas no trabalho, assim como observado em outros trabalhos realizados com girassol (Du Toit 1990, Nderitu *et al.* 2008, Oz *et al.* 2009, Chambó *et al.* 2010) e em outras culturas que são beneficiadas por agentes polinizadores como morango

(Albano *et al.* 2009), canola (Sabbahi *et al.* 2005), gergelim (Andrade 2009) e goiaba (Alves & Freitas 2007).

Culturas autocompatíveis como o girassol, os feijões e a soja (Free 1993; Rizzardo *et al.* 2008) são “pouco dependentes” da polinização biótica, uma vez que suas flores se autopolinizam e produzem resultados economicamente satisfatórios. No entanto, isso não exclui o fato de que existe um déficit na produção e que quando na presença de polinizadores, principalmente abelhas, a produção é beneficiada.

Verificou-se um incremento significativo no peso e quantidade de óleo das sementes quando comparou-se as inflorescências com e sem abelhas. Se nos atermos ao fato de que as sementes de girassol são a quarta maior fonte de óleo comestível do planeta (Castro & Farias 2005) e à recente política governamental de uso do biodiesel de girassol na matriz energética brasileira, os resultados demonstram a grande contribuição dos polinizadores para o incremento da produção de óleo de girassol e, sobretudo, para a qualidade destas sementes.

Os resultados sobre a abundância dos visitantes mostram que *A. mellifera* é a espécie dominante. Esta espécie tem sido apontada como principal polinizador deste cultivo em diferentes estudos pelo mundo (McGregor 1976, Parker 1981, Moreti & Marchini 1992, Moreti *et al.* 1993, Hoffman 1994; Dag *et al.* 2002, Moreti 2005). Kasina *et al.* (2007) observou que a quantidade de pólen de girassol coletado por operárias de *A. mellifera* pode chegar a 97,7% do total, demonstrando assim, sua fidelidade ao cultivo, sendo, portanto, o polinizador mais confiável para plantios comerciais de girassol.

O pico de frequência de observação de *A. mellifera* foi no período da manhã, provavelmente devido à deiscência das anteras que também ocorre neste horário e leva à maior disponibilidade de pólen, sendo estas abelhas observadas cada vez em menor número até o final do dia. Quanto à coleta de néctar, esta apresenta comportamento

contrário, sendo mais frequente no final da manhã e diminuindo a medida que o recurso se torna mais escasso, que é no final da tarde. Este comportamento se dá provavelmente devido a produção de néctar ocorrer tanto nas flores masculinas quanto femininas (Free 1993) e de forma constante e compensadora durante todo o dia (Paiva 2002, Alves 2008), fazendo com que seja mais interessante às abelhas polinizadoras do girassol forragear por este recurso depois do pico de produção de pólen.

As abelhas Não-*Apis* apresentaram um comportamento mais homogêneo ao longo do dia de coleta, sendo observadas coletando tanto pólen quanto néctar em todos os intervalos. Estas usualmente eram mais frequentes no meio do dia, entre as 11h30 e as 13h30, horário no qual coincidem os picos de liberação de pólen e néctar pelas flores tubulares. Acredita-se que a preferência destas abelhas por este horário é devido à característica comum das abelhas nativas de coletar tanto pólen quanto néctar em uma mesma viagem, sendo que a única exceção a este comportamento esteve entre as espécies da família Halictidae, que somente foram observadas coletando pólen no período da manhã, como já descrito por Paiva (2002).

Analisando os resultados referentes à produtividade dos capítulos, expressa no peso de mil aquênios, observa-se que *A. mellifera* exerce um papel essencial na manutenção dos níveis de produção deste cultivo, mesmo não sendo observada correlação significativa entre o peso de mil aquênios e o número de visitas. Acredita-se que este resultado se deve à grande constância e alta frequência destas abelhas no cultivo durante toda a floração, que fez com que a variação observada no número de visitas não fosse relevante. Este fato não diminui a importância da presença desta abelha, uma vez que as inflorescências visitadas somente por *A. mellifera* apresentaram peso médio de 50g, em um cultivo onde a média máxima encontrada foi de 70g, o que corrobora com os dados

expostos por Kasina *et al.* (2007), que conseguiu verificar a correlação entre a abundância da espécie e o peso das sementes em um cultivo comercial no Quênia.

Adicionalmente, verifica-se ao longo dos dias de observação que, à medida que o número de *A. mellifera* diminui nas linhas de cultivo aumenta a frequência de avistamento de espécies Não-*Apis* e por isso, podemos inferir que exista um número máximo de colônias de *A. mellifera* por hectare, para que o cultivo não fique saturado e as abelhas Não-*Apis* possam contribuir para a produção, uma vez que estes indivíduos apresentam correlação positiva com o peso de mil aquênios.

Dentre as Não-*Apis*, as abelhas sociais foram as mais frequentes, comportamento este já esperado devido às características de forrageamento deste grupo e ao grande número de indivíduos por colônia (Heard 1999). Destacam-se entre elas como muito frequentes no cultivo as espécies do gênero *Trigona*, que neste trabalho foram descritas como prejudiciais à formação das sementes, assim como em outros cultivos (Gallo *et al.* 2002), a espécie *Paratrigona lineata*, que devido ao seu tamanho diminuto e comportamento de coleta não se mostrou adequada à cultura e a espécie *Melipona quinquefasciata*, espécie natural e abundante na região cujo tamanho é similar ao das abelhas do mel e o comportamento adequado à transferência de pólen entre as flores.

Entre as espécies solitárias, a tribo Exomalopsini é frequentemente observada em cultivos de girassol (Morgado *et al.* 2002; Machado & Carvalho 2006), normalmente em frequências menores que a observada neste trabalho, no qual foi um dos grupos que se mostrou mais frequente quando o número de *A. mellifera* era menor. Acredita-se que a maior abundância deste gênero na região se deva às características de nidificação deste grupo que ocorre geralmente em ambientes abertos e à comum utilização de plantas ruderais para a coleta de recursos (Zucchi 1973), o que facilita sua ocorrência em ambientes alterados, como as proximidades de cultivos (Deprá 2012).

Espécies de Exomalopsini foram observadas em todos os intervalos de coleta, sendo mais frequente nos horários mais quentes do dia e, frequentemente observada realizando vibração (Buchmann 1983) nas flores tubulares no final da tarde. Este comportamento era registrado nos momentos em que não havia pólen exposto na extremidade das flores tubulares e fazia com que o pólen contido no interior das anteras fosse retirado e, logo, levava à diminuição da autopolinização e aumento das taxas de polinização cruzada no cultivo.

Sabe-se que a complexidade do ambiente beneficia a coleta de recursos e a nidificação de abelhas, uma vez que, estes fatores estão em muitas das vezes alocados em diferentes tipos de habitat. Ricketts (2004), De Marco & Coelho (2004), Boti et al. (2005), Chacoff & Aizen (2006) e vários outros autores demonstraram que a diversidade e a riqueza de espécies em cultivos agrícolas está diretamente relacionada à sua proximidade de áreas naturais, ressaltando a importância da matriz de entorno em cultivos beneficiados pela polinização.

No caso do girassol a realidade é a mesma, uma vez que estudos ao redor do mundo demonstraram que a presença de abelhas aumenta em mais de 50% a produção (Moreti *et al.* 1993, Hoffman 1994, Kasina *et al.* 2007). No presente trabalho, o incremento observado foi de 25%, valor menor que os já descritos, mas acredita-se que este fato se dê em resposta aos novos híbridos, cada vez mais morfocompatíveis, produzidos atualmente. No entanto, vale ressaltar que o incremento observado para a produção de óleo foi de 305% o que reforça que, apesar de manter a produção de sementes, tais híbridos sem a presença de abelhas polinizadoras no cultivo, não mantem a qualidade das sementes formadas.

Abelhas Não-*Apis*, apesar de apresentar uma reduzida abundância quando comparada com as abelhas do mel, demonstram neste trabalho um papel complementar

de grande agregação financeira à produção de girassol. Estas, quando associadas à *A. mellifera* produziram um aumento de até 40% no peso dos capítulos onde foram observadas, demonstrando que a riqueza de espécies foi fator fundamental ao incremento da produção, como já observado por Klein *et al.* (2009). Tanto pela polinização efetiva realizada pelas abelhas Não-*Apis* quanto, principalmente, ao aumento da movimentação que elas provocam entre as abelhas melíferas durante seu forrageamento (DeGrandi-Hoffman & Watkins 2000, Greenleaf & Kremen 2006).

Certamente a maior utilização de abelhas, tanto nativas quanto introduzidas, em cultivos comerciais de girassol acarretará em um maior incremento de produtividade e da qualidade das sementes produzidas em uma mesma área. A presença da abelha *A. mellifera* como principal polinizador do girassol é fundamental para a manutenção da viabilidade financeira deste cultivo, no entanto, o consórcio das mesmas com abelhas Não-*Apis* leva ao aumento acentuado da produção e deve ser estimulado.

No Brasil, a introdução de espécies da família Apidae vem sendo realizado com sucesso como em cultivos de maracujá-amarelo polinizado por abelhas da tribo Xylocopini (Freitas & Oliveira Filho 2003, Junqueira *et al.* 2013) e acerola polinizados por abelhas da tribo Centridini (Magalhães & Freitas 2012). No presente trabalho, as abelhas da tribo Exomalopsini e a espécie *Melipona quinquefasciata* demonstraram comportamento favorável e constância nas flores e por isso, acredita-se que estas sejam polinizadoras potencialmente adequadas para um possível manejo de Não-*Apis* em cultivos de girassol. No entanto, ambas são espécies de nidificação em solo, cujo manejo em larga escala seria de difícil acesso. Por isso, mais estudos referentes à utilização de outras abelhas do gênero *Melipona*, cujo manejo já é realizado em grandes escalas, como a *Melipona scutellaris*, abelha generalista que tem sido transportada para diversas regiões

do Brasil (Villas-Boas 2012) ou a *Melipona quadrifasciata* já utilizado na polinização de tomate em consórcio com *A. mellifera* (Bispo dos Santos 2009).

Além disso, ressalta-se aqui que, quanto maior a diversidade de polinizadores presente no cultivo, maior a produção de sementes e, por isso, a melhor maneira de se manter baixo o déficit de produção é através da preservação de fragmentos de vegetação natural no entorno de áreas de cultivo de girassol.

5. REFERÊNCIAS

- ALBANO, S., SALVADO, E., DUARTE, S., MEXIA, A. & BORGES, P. 2009. Pollination effectiveness of different strawberry floral visitors in Ribatejo, Portugal: selection of potential pollinators: Part 2. *Adv. Hort. Sci.* 23:246–253.
- ALVES, T. T. L. 2008. Biologia floral e produtividade de grãos de três híbridos de girassol. Universidade Federal do Ceará, Brasil.
- ALVES, J. E. & FREITAS, B. M. 2007. Requerimentos de polinização da goiabeira. *Ciência Rural* 37:1281–1286. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000500010>
- ALVES-DOS-SANTOS, I. 2002. A vida de uma abelha solitária. *Ciência Hoje* 179: 60-62.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. 2004. Conhecimento e criação de abelhas solitárias. um desafio. *Rev. Tecnologia e Ambiente* 10:99–113. Criciúma.
- ANDRADE, P.B. 2009. Potenciais polinizadores e requerimentos de polinização do gergelim. Universidade Federal do Ceará, Brasil.
- BARTELLI, B. F. 2013. Adaptação e serviços de polinização de *Melipona quadrifasciata* LEPELETIER, 1836 (Hymenoptera, Meliponina) em cultivo fechado de *Lycopersicon esculentum* MILL. (Solanaceae). Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.
- BISPO DOS SANTOS, A. S., ROSELINO, A. C. & BEGO, L. R. 2009. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and molecular research: GMR* 8:751–7. <https://doi.org/10.4238/vol8-2kerr015>
- BOSCH, J. & KEMP W.P. 2001. How to manage the blue orchard bee, *Osmia lignaria*, as an orchard pollinator. *Sustainable Agriculture Network*, Washington, DC. 98pp.

- BOSCH, J. & KEMP W.P. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bull. Entomol.* 92: 3-16.
- BOTI, J.B.; CAMPOS, L.A.O.; MARCO, P. & VIEIRA, M.F. 2005. Influência da distância de fragmentos florestais na polinização da goiabeira. *Revista Ceres*, v.52, p.863-874, 2005.
- BUCHMANN, S.L. & NABHAN G.P. 1996. The Forgotten Pollinators. Washington D.C.: *Shearwater Press*. 292 pp.
- BUSCHINI, M. L. T. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie*. v. 37, p. 58-66, 2006. <https://doi.org/10.1051/apido:2005059>
- CAMILLO, E. 2003. Polinização de maracujá. *Holos* Editora, Ribeirão Preto, SP.
- CARRÉ, G., ROCHE, P., CHIFFLET, R., MORISON, N., BOMMARCO, R., HARRISON-CRIPPS, J., KREWENKA, K., POTTS, S.G., ROBERTS, S.P.M., RODET, G., SETTELE, J., STEFFAN-DEWENTER, I., SZENTGYÖRGYI, H., TSHEULIN, T., WESTPHAL, C., WOYCIECHOWKI, M. & VAISSIÈRE, B.E., 2009. Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. *Agriculture. Ecosyst. Environ.* 133, 40–47.
- CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J.M. Fases de desenvolvimento da planta de girassol. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (Documento, 58)
- CASTRO, C. de; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. 2005 In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed.). Girassol do Brasil. Londrina: EMBRAPA Soja. p. 163-218.
- CHACOFF, N. P. & AIZEN, M. A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43: 18-17. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01116.x>
- CHAMBÓ, E. D. 2010. Polinização em genótipos de girassol. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil.
- CHRISTMANN, S. & AW-HASSAN, A. A. 2012. Farming with alternative pollinators (FAP)—An overlooked win-win-strategy for climate change adaptation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 161:161–164. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.030>
- COUTO, R.H.N.; COUTO, L.A. 2007. Utilização de polinizadores na conservação e sustentabilidade da agricultura. *Mensagem Doce*. 90.
- CRUZ, D. D. O., FREITAS, B. M., ANTÔNIO, L. & MÔNICA, E. 2005. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper.

Pesq. agropec. bras. 40:1197–1201. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200006>

- DAG, A., LIOR, E. & AFIK, O. 2002. Pollination of confection sunflowers (*Helianthus annuus* L.) by honey bees (*Apis mellifera* L.). *American Bee Journal*, Hamilton, v.142, n.6, p.443-445.
- DELAPLANE, K.S. & MAYER D.F. 2000. Crop Pollination by bees. *Entomol. Exp. Appl.* 99:127-129. <https://doi.org/10.1079/9780851994482.0000>
- DeGRANDI-HOFFMAN, G. & WATKINS, J. C. 2000. The foraging activity on honey bees *Apis mellifera* and non-*Apis* bees on hybrid sunflowers (*Helianthus annuus*) and its influence on cross-pollination and seed set. *J. Apic. Res.* 32: 37-45. <https://doi.org/10.1080/00218839.2000.11101019>
- DE JONG, D.; GOLÇALVES, L.S. & AHMAD, F. et al. 2006. Honey Bee. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. et al. (Eds.) Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. Ribeirão Preto: *Holos*, 63-73.
- DE MARCO JR., P. & COELHO, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation* 13: 1245-1255. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000019402.51193.e8>
- DEPRÁ, M. S. 2012. Abelhas polinizadores de *Solanun lycopersicum* L. (Solanaceae) em áreas de plantio inseridas em diferentes paisagens no município de São José de Ubá, RJ. Universidade Estadual Norte Fluminense, Brasil.
- DU TOIT, A.P. 1990. The importance of certain insects as pollinators of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *South African of Plant and Soil* 7: 159-162. <https://doi.org/10.1080/02571862.1990.10634559>
- FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – The international response. In: Freitas, B. M. & J. O. P. Pereira (Eds.) Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination.
- FREE, J.B. 1993. Insect Pollination of Crops. *Academic Press*. London, 684 pp.
- FREITAS, B.M. & OLIVEIRA FILHO, J.H. 2003. Ninhos racionais de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, Santa Maria 33 (6): 1135-1139. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600021>
- FREITAS B. M., NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA V.L., CANHOS D. A. L., ALVES, D. A., SARAIVA, A.M. (Orgs). Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e recursos naturais. São Paulo: Edusp, 2012. p. 103-118.

- GAGLIANONE, M. C., ROCHA, H. H. S., BENEVIDES, C. R., JUNQUEIRA, C. N. & AUGUSTO, S. C. 2010. Importância De Centridini (Apidae) Na Polinização De Plantas De Interesse Agrícola: O Maracujá-Doce (*Passiflora Alata* Curtis) Como Estudo De Caso Na Região Sudeste Do Brasil. *Oecologia Australis* 14:152–164. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.08>
- GALLAI, N., SALLES, J.M., SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68:810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- GALLO, D. et al. Entomologia agrícola. São Paulo: FEALQ, 2002. 920p.
- GARÓFALO, C. A., MARTINS, C. F., AGUIAR, C. M. L., DEL LAMA, M. A., ALVES-DOS-SANTOS, I. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização do Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA V.L., CANHOS D. A. L., ALVES, D. A., SARAIVA, A.M. (Orgs). Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e recursos naturais. São Paulo: Edusp, 2012. p. 183-202.
- GREENLEAF, S. S. & KREMEN, C. 2006. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:13890–5. <https://doi.org/10.1073/pnas.0600929103>
- HEARD, R.A. 1999 The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*, Stanford, v.44, p.183-206. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.183>
- HOFFMANN M., 1994. Observações sobre a polinização entomófila de *Helianthus annuus* L. em Viamão, Rio Grande do Sul. *An Soc Entomol Bras*, Londrina 23(3), 391-397.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., CANHOS, D. A. L., ALVES, D. A. & SARAIVA, A. M. 2012 Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. *EDUSP*, São Paulo.
- IMPERATRIZ-FONSECA V.L., DE JONG, D. & SARAIVA A.M. 2006. Bees as Pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting the best practices. *Holos* ed., Ribeirão Preto, BR.
- JUNQUEIRA, A. C. N., HOGENDOORN, K. & AUGUSTO, S. C. 2012. The Use of Trap-Nests to Manage Carpenter Bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini), Pollinators of Passion Fruit (Passifloraceae: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) The Use of Trap-Nests to Manage Carpenter Bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini). *Annals of the Entomological Society of America* 105:884–889. <https://doi.org/10.1603/AN12061>
- JUNQUEIRA, C. N., YAMAMOTO, M., OLIVEIRA, P. E., HOGENDOORN, K. & AUGUSTO, S. C. 2013. Nest management increases pollinator density in passion fruit orchards. *Apidologie* 44:729–737. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0219-4>

- KASINA, M., NDERITU, J., NYAMASYO, G. & ORONJE, M. L. 2007. Sunflower pollinators in Kenya : Does diversity influence seed yield ? *African Crop Science Conference Proceedings* 8:1149–1153.
- KEARNS, C. & INOUE D. 1997. Pollinators, Flowering plants, and conservation biology. *Bioscience* 47:297-307. <https://doi.org/10.2307/1313191>
- KEVAN, P. G., GRECO, C. F. & BELAOUSSOFF, S. 1997 Log-normality of biodiversity and abundance in diagnosis and measuring ecosystemic health: pesticide stress on pollinators on blueberry heaths. *J. Appl. Ecol.* 34, 1122–1136. <https://doi.org/10.2307/2405226>
- KLEIN, A.M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A, KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 274:303–13. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- KLEIN, A.M., MUELLER, C.M., HOEHN, P & KREMEN, C. 2009. Understanding the role os species richness for pollination services. In: BUNKER, A.H.D., LOREAU, M, PERRINGS, C. & NAEEM S. (eds). Biodiversity, ecosystem functioning and human wellbeing: na ecological and economic perspective. Pp. 195-208. *Oxford Univesrity Press*, Oxford, Reino Unido.
- KREMEN, C. 2008 Crop pollination services from wild bees. In: James, R.R., Pitts-Singer, T.L. (eds). *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*, pp. 10–26. *Oxford University Press*, Oxford, Reino Unido. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195316957.003.0002>
- MACCAGNANI, B., LADURNER, E., SANTI, F. & BURGIO, G. 2003. *Osmia cornuta* (Hymenoptera, Megachilidae) as a pollinatorof pear (*Pyrus communis*): fruit- and seed-set. *Apidologie*, 34, 207-216. <https://doi.org/10.1051/apido:2003009>
- MACHADO, C. S. & CARVALHO, C. A. L. DE. 2006. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. *Ciência Rural* 36:1404–1409. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000500009>
- MAETA Y., TEZUKA T., NADANO H. & SUZUKI K., 1992 - Utilization of the Brazilian stingless bee *Nannotrigona testaceicornis* as a pollinator of strawberries. *Honey bee Science*, 13(2): 71-78.
- MAGALHÃES, C.B. & FREITAS, B. M. 2012. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. *Apidologie*, 44: 234-239. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0175-4>
- MALAGODI-BRAGA K.S. 2002. Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne-Rosaceae). Universidade de São Paulo, Brazil.

- MCGREGOR, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated plants. Agriculture Handbook N° 496. *Agricultural Research Service*, Washington.
- MICHENER CD. 1974. The Social Behavior of the Bees: A Comparative Study. Cambridge, MA. *Harvard Univ. Press*. 404 pp.
- MICHENER, C.D. 2007. The Bees of the World, 2nd Ed. *The Johns Hopkins University Press*, Baltimore, 953 pp.
- MORETI, A.C.C.C. & MARCHINI, L.C Observações sobre as abelhas visitantes da cultura do girassol (*Helianthus annuus*) em Piracicaba, SP. *Zootecnia*, v.30, n. único, p.21-27, 1992.
- MORETI, A. C. de C. C.; SILVA, E. C.; ALVES, M. L.T. M. F.; SILVA, R. M. B. & OTSUK, I. P. 1993. Observações iniciais sobre a polinização do girassol (*Helianthus annuus* L.) efetuada por *Apis mellifera* L., Pindamonhangaba, SP. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 50, n. 1, p. 31-34.
- MORETI, A.C. de C.C. 2005. Polinização: o principal produto das abelhas. In: Congresso Baioano de Apicultura e Encontro de Meliponicultura, Vitória da Conquista. *Anais...* Vitória da Conquista: SEAGRI, 28-63.
- MORGADO, L. N.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SANTANA, M. P. 2002. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras - MG. *Ciência e Agrotecnologia*. 26 (6):1167-1177.
- MORSE, R.A. & CALDERONE, N.W. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in *Bee Culture*, 132(3):1-15.
- NDERITU, J., NYAMASYO, G., KASIA, M. & ORONJOE, M.L. 2008. Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District Eastern Kenya. *Span. J. Agric. Res.*, 6, 271–278. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008062-318>
- NETO, P.L. 2008. Levantamento planimétrico n° 36.243, Prefeitura de Uberlândia, Minas Gerais.
- OZ, M.; KARASU, A.; ÇAKMAK, I.; GOKSOY, A.T. & TURAN, Z.M. 2009. Effects of honey bee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). *African Journal of Biotechnology* 8: 1037- 1043.
- PAIVA, G.J.; TERADA, Y. & TOLEDO, V.A.A. 2002. Behavior of *Apis mellifera* L. Africanized honeybees in sunflower (*Helianthus annuus* L.) and evaluation of *Apis mellifera* L. colony inside covered area of sunflower. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 4, p. 851 - 855.
- PARKER, F. D. 1981. Sunflower pollination: abundance, diversity and seasonality of bees and their effects on seed yields. *J. Apic. Res.* 20: 49-61. <https://doi.org/10.1080/00218839.1981.11100473>

- PITTS-SINGER T.L. & CANE J.H. 2011. The Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata*: The World's Most Intensively Managed Solitary Bee. *Annu. Rev. Entomol.* 56, 221-237. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144836>
- RAMALHO, M., KLEINER-GIOVANNINI, A. & IMPERATRIZ-FONSECA V.L. 1991. Ecologia alimentar de abelhas sociais. In Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas, ed. PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. *Editora Manole* 225-52.
- RICKETTS, T. H., DAILY, G. C., EHRLICH, P. R. & MICHENER, C. D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101:12579–82. <https://doi.org/10.1073/pnas.0405147101>
- RIZZARDO, R.A.G., FREITAS, B.M., MILFONT, M.O. & SILVA, E.M.S. 2008. A polinização de culturas agrícolas com potencial para produção de biodiesel: um estudo de caso com a mamona (*Ricinus communis* L.). In Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas, *FUNPEC*, Ribeirão Preto, p.293-299.
- ROCHA, M. C. DE L. & ALENCAR, S. 2012. Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: Proposta metodológica de acompanhamento. P. 88 *Ibama* (Ibama). Brasília.
- ROSA, R., LIMA S.C.C. & ASSUNÇÃO W.L. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *S & N.* 3:91-108. Roubik,
- ROSSI, R. O. Girassol. Curitiba: *Tecnoagro*, 1998. 333 p.
- SABBAHI, R., OLIVEIRA, D. DE & MARCEAU, J. 2005. Influence of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Density on the Production of Canola (Crucifera: Brassicaceae). *J. Econ. Entomol.* 98:367–372. <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.367>
- SANTOS, A. O. R. 2013. Polinizadores potenciais de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) Em áreas de cultivo aberto. Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.
- SANTOS, G. M. M., AGUIAR, C. M. L., GENINI, J., MARTINS, C. F., ZANELLA, F. C. V. & MELLO, M. A. R. 2012. Invasive Africanized honeybees change the structure of native pollination networks in Brazil. *Biol. Invasions*, 14: 2369-2378. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0235-8>
- SILVEIRA, F.A., PINHEIRO-MACHADO, C., ALVES-DOS-SANTOS, I., KLEINERT, A.M.P & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2006. Taxonomic constraints for the conservation and sustainable use of wild pollinators – the Brazilian wild bees. In *Pollination Bees. The conservation link between agriculture and nature*, ed. KEVAN, P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. *Ministério do Meio Ambiente*, Brasília-DF. 2:47-56

- SCOLARI, D. D. G. 2006. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. *Revista da Fundação Milton Campos*, Brasília, DF, 25: 09-86.
- STEVENS, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 12, July 2012 [and more or less continuously updated since].
- STUBBS CS, DRUMMOND F.A. & OSGOOD E.A. 1994. *Osmia ribifloris bidermannii* and *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae) introduced into the lowbush blueberry agroecosystem in Maine. *J. Kans. Entomol. Soc.* 67:173-185.
- SUNDRIYAL M. & SUNDRIYAL R.C. 2004. Wild edible plants of the Sikkim Himalaya: nutritive values of selected species. *Econ. Bot.* 58:286–299. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0286:WEPOTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0286:WEPOTS]2.0.CO;2)
- VANENGELSDORP, D., EVANS, J. D., SAEGERMAN, C., MULLIN, C., HAUBRUGE, E., NGUYEN, B. K., FRAZIER, M., FRAZIER, J., COX-FOSTER, D., CHEN, Y., UNDERWOOD, R., TARPY, D. R. & PETTIS, J. S. 2009. Colony collapse disorder: a descriptive study. *PloS one* 4:e6481. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006481>
- VRÂNCEANU, A.V. El Girassol. Madrid: *Mundi Prensa*, 1977. 379p.
- VILHENA, A. & AUGUSTO, S. 2007. POLINIZADORES DA ACEROLEIRA *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) EM ÁREA DE CERRADO NO TRIÂNGULO MINEIRO. *Biosci. j.(Online)*:14–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006481>
- VILHENA, A. M. G. F., RABELO, L. S., BASTOS, E. M. A. F. & AUGUSTO, S. C. 2011. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie* 43:51–62.
- VILLAS-BOAS, J. 2012. Manual tecnológico: mel de abelhas sem ferrão. Série Manual Tecnológico. Brasília, Instituto Sociedade, População e Natureza.
- WASER, N.M., CHITTKA, L, PRICE M.V., WILLIAMS N.M. & OLLERTON J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology* 77: 1043–1060. <https://doi.org/10.2307/2265575>
- WASER, N. M., OLLERTON, J. & ERHARDT, A. 2011. Typology in pollination biology: Lessons from a historical critique. *Journal of Pollination Ecology* 3:1–7. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2011\)2](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2011)2)
- WILCOCK, C.; NEILAND, R. 2002. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Plant Science*, 7(6): 270-277. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02258-6](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02258-6)
- WINFREE, R., WILLIAMS, N.M., DUSHOFF, J. & KREMEN, C., 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters* 10(11): 1105–1113. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01110.x>

- WOOD, A.; STEDMAN-EDWARDS, P. & MANG, J. 2000 The Root Causes of Biodiversity Loss. World Wildlife Fund and Earthscan Publications Ltd. London, UK. *Conservation Ecology* 5(1): 12.
- YAMAMOTO, M., SILVA, C. I., AUGUSTO, S. C., BARBOSA, A.A.A. & OLIVEIRA, P. E. 2012. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in central Brazil. *Apidologie*. DOI: 10.1007/s13592-012-0120-6.
- ZUCCHI, R. 1973. Aspectos bionômicas de *Exomalopsis aureopilosa* e *Bombus atratus* incluindo considerações sobre a evolução do comportamento social (Hymenoptera-Apoidea). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil. 172p.