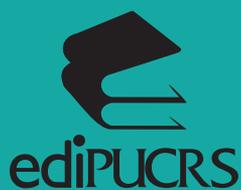
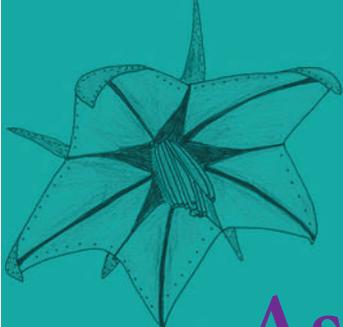




As abelhas e a agricultura

Sidia Witter
Patrícia Nunes-Silva
Betina Blochtein
Bruno Brito Lisboa
Vera L. Imperatriz-Fonseca





As abelhas e a agricultura

Sidia Witter
Patrícia Nunes-Silva
Betina Blochtein
Bruno Brito Lisboa
Vera L. Imperatriz-Fonseca





Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Chanceler

Dom Jaime Spengler

Reitor

Joaquim Clotet

Vice-Reitor

Evilázio Teixeira

Conselho Editorial

Jorge Luis Nicolas Audy | **Presidente**

Jeronimo Carlos Santos Braga | **Diretor**

Jorge Campos da Costa | **Editor-Chefe**

Agemir Bavaresco

Ana Maria Mello

Augusto Buchweitz

Augusto Mussi

Bettina Steren dos Santos

Carlos Gerbase

Carlos Graeff-Teixeira

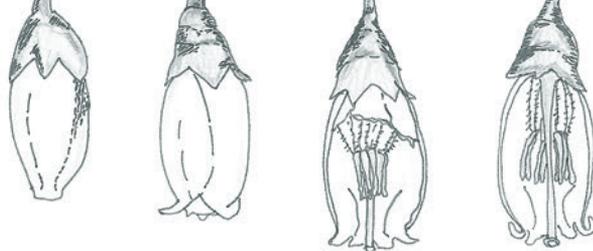
Clarice Beatriz da Costa Söhngen

Cláudio Luís Crescente Frankenberg

Érico João Hammes

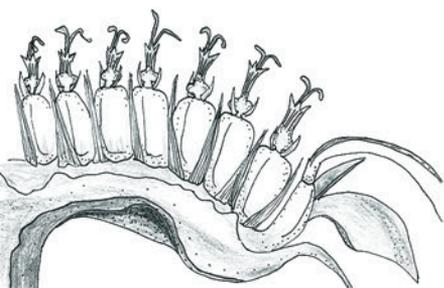
Gilberto Keller de Andrade

Lauro Kopper Filho



As abelhas e a agricultura

Sidia Witter
Patrícia Nunes-Silva
Betina Blochtein
Bruno Brito Lisboa
Vera L. Imperatriz-Fonseca



edIPUCRS

Porto Alegre, 2014



© 2014, EDIPUCRS

Capa Bruno Nunes Silva

Diagramação Bruno Nunes Silva

Revisão de Texto Tarcila Lucena e EDIPUCRS

Edição revisada segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.



EDIPUCRS – Editora Universitária da PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 33

Caixa Postal 1429 – CEP 90619-900

Porto Alegre – RS – Brasil

Fone/fax: (51) 3320 3711

E-mail: edipucrs@pucrs.br

Site: www.pucrs.br/edipucrs

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A141 As abelhas e a agricultura [recurso eletrônico] / Sidia Witter et al. – Dados Eletrônicos. – Porto Alegre : EDIPUCRS, 2014.
143 p.

Modo de Acesso: <<http://www.pucrs.br/edipucrs>>
ISBN 978-85-397-0658-7

11. Abelhas. 2. Polinização. 3. Agricultura. I. Witter, Sidia.

CDD 574.524

Ficha catalográfica elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação da BC-PUCRS.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial, bem como a inclusão de qualquer parte desta obra em qualquer sistema de processamento de dados. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal), com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenizações diversas (arts. 101 a 110 da Lei 9.610, de 19.02.1998, Lei dos Direitos Autorais).



Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todos que tornaram esta obra possível.

Aos colegas Annelise Souza Rosa, Bernadete Radin, Betina Blochtein, Breno Magalhães Freitas, Claudia Inês da Silva, Clemens Schlindwein, Cristiane Krug, Cristiano Kern, Cristiano Menezes, Daniel Guidi, Daniela Ferreira, Dieter Wittmann, Fernando Dias, Juliana Galaschi Teixeira, Karen Strickler, Letícia Azambuja Lopes, Mariano Pairet, Nadilson Ferreira, Patrícia Nunes-Silva, Ricardo Ott, Sergio Bavaresco, Sidia Witter, Tiago Silveira e Vania Maria Ambrosi Spanzerla, pela disponibilização das fotografias que compõem este volume.

A Bruno Nunes Silva, pelo projeto editorial e pelas ilustrações técnicas.

A Flávia Tirelli, pelas ilustrações que enriquecem a apresentação dos conteúdos deste livro.

A Tarcila Lucena e Marcelo Carpinetti, pela revisão final dos textos.

Aos agricultores que apoiaram estudos contemplados nesta obra, disponibilizando suas áreas para pesquisas, bem como aos estudantes, técnicos e agrônomos que colaboraram em atividades de campo.

À Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio), pelo incentivo e apoio para a re-realização de atividades acadêmicas e de pesquisa que contribuíram para a elaboração desta publicação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro ao projeto Rede Brasileira sobre Polinização de Canola, Processo nº 556635/2009-4, referente ao Edital MCT/CNPq/CT-AGRO nº 24/2009, o qual contemplou a publicação da presente obra.

Autores

Sidia Witter

Bióloga, doutora em Zoologia, pesquisadora da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Porto Alegre, RS.

Patrícia Nunes-Silva

Bióloga, doutora em Entomologia, pós-doutoranda vinculada ao programa de pós-graduação em Zoologia da Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, RS.

Betina Blochtein

Bióloga, doutora em Zoologia, professora titular na Faculdade de Biociências, membro do programa de pós-graduação em Zoologia da Faculdade de Biociências e diretora do Instituto do Meio Ambiente da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, RS.

Bruno Brito Lisboa

Engenheiro agrônomo, doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Porto Alegre, RS.

Vera L. Imperatriz-Fonseca

Bióloga, doutora em Ciências Biológicas, área de Zoologia, professora colaboradora do Instituto de Estudos Avançados (IEA-USP) e professora sênior do Instituto de Biociências (IB-USP) da Universidade de São Paulo. Atua no Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITVDS), Belém, PA.

Sumário

Apresentação	9
Introdução	11
1. O que é polinização?	17
2. Características das abelhas e visita às flores.....	23
3. Abelhas como polinizadoras	27
4. A produtividade agrícola e os polinizadores	31
5. Utilização dos serviços da polinização na agricultura: uma nova abordagem	35
6. Culturas agrícolas cultivadas a campo e sua relação com polinizadores	37
6.1. Acerola	38
6.2. Alfafa.....	42
6.3. Canola	46
6.4. Cebola	50
6.5. Girassol	53
6.6. Maçã.....	56
6.7. Maracujá.....	60
6.8. Mirtilo.....	63
6.9. Soja.....	67
7. Culturas agrícolas cultivadas em ambiente protegido e sua relação com polinizadores .	71
7.1. Berinjela	73
7.2. Morango.....	76
7.3. Pimentão	81
7.4. Tomate.....	83
8. Paisagem agrícola e os polinizadores.....	89
9. Ações para manter e/ou atrair polinizadores na propriedade rural.....	93
9.1. Como identificar espécies de abelhas nativas e os locais onde estabelecem seus ninhos.....	94
9.2. <i>Habitats</i> para polinizadores em áreas agrícolas	108
9.2.1. Onde moram as abelhas e como fornecer <i>habitats</i> a elas.....	108
9.3. Plantas para sustentar polinizadores em áreas agrícolas.....	119
9.3.1. Onde são encontradas as plantas que sustentam os polinizadores e importância da diversidade	119
9.4. Redução do uso de pesticidas de risco para os polinizadores	128
9.5. Práticas agrícolas e polinizadores.....	131
Referências	138



Apresentação

O livro *As abelhas e a agricultura* é uma surpreendente boa notícia, pois os seus excelentes ensinamentos são de vital importância para a Agricultura Brasileira e para a defesa do nosso Meio Ambiente. Foi para mim, ambientalista e estudioso das nossas abelhas indígenas, um agradável e importante acontecimento o lançamento deste livro. Ele nos ensina como as abelhas indígenas devem ser manejadas de um modo técnico adequado. Este livro é também muito valioso por mostrar aos agricultores que as florestas e campos nativos são importantes também para permitir a defesa e a recomposição de trechos da vegetação natural, berço das abelhas e de outros animais de nossa fauna e que, ao mesmo tempo, permitirão maiores safras de grãos e frutos.

Parabéns. Este livro é sem dúvida um grande marco econômico, de defesa e bom uso da Natureza, não apenas para o Sul da Federação Brasileira, mas também para todos os Estados e para os países da América Tropical.

Paulo Nogueira-Neto



Introdução

Quando falamos em abelha, logo pensamos em mel e ferroadas. Realmente, para a maioria das pessoas, abelha é sinônimo de mel e agressividade, e a abelha-doméstica (*Apis mellifera*) é a espécie mais conhecida (Figura 1). A sua importância como produtora de mel, fonte natural de açúcar com grande valor energético e medicinal, é inegável. Além disso, as abelhas fornecem ao homem outros produtos de importância comercial, como o pólen, a própolis e a cera. Mas é na visita feita de flor em flor para a coleta de alimento que as abelhas executam a polinização, um serviço muito importante cujo valor econômico é desconhecido para muitas pessoas.

(abaixo)

FIGURA 1: Abelha melífera ou domésticas (*Apis mellifera*), a espécie mais conhecida.

Foto: Fernando Dias.



Os serviços de polinização são importantes tanto para os ecossistemas (Wratten et al., 2012) quanto para a agricultura (Ricketts et al., 2008). Enquanto na natureza esse serviço garante a reprodução e a manutenção das populações de angiospermas, que são as plantas com flores (Ollerton et al., 2011), nos agroecossistemas ela é responsável pela produção e qualidade dos frutos (Klein et al., 2007). Para responder à pergunta sobre a importância da polinização na alimentação humana, um grupo de pesquisadores avaliou os cultivos agrícolas mais exportados em 2005, usando as tabelas internacionais da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), e concluíram que 39 das 57 culturas mais exportadas dependem em algum grau de polinização biótica, ou são beneficiadas pela visita dos polinizadores (Klein et al., 2007).

A polinização também é importante para as plantas silvestres que alimentam animais, alguns em perigo de extinção. Um exemplo disso é a lobeira (*Solanum lycocarpum*), que é polinizada por abelhas nativas especializadas em vibrar flores (Oliveira-Filho & Oliveira, 1988). Silva (2009) verificou que essa planta foi uma das espécies mais utilizadas pelas abelhas *Xylocopa* para coleta de pólen no Cerrado. O serviço de polinização realizado por abelhas nativas é fundamental para a produção dos frutos silvestres dessa planta, os quais são importantes na alimentação do lobo-guará, agindo como vermífugo nesses animais (Figura 2) (Amboni, 2007).

Muitos animais atuam como agentes polinizadores, mas as abelhas são os principais (Delaplane & Mayer, 2000; Shepherd et al., 2003; Ricketts et al., 2008). Isso ocorre, pois, mesmo variando em tamanho, forma e nos hábitos de vida, todas as espécies de abelhas

(abaixo)

FIGURA 2: Lobo-guará – maior canídeo sul-americano, ameaçado de extinção.
Foto: Sergio Bavaresco.



precisam visitar um grande número de flores diariamente para satisfazerem suas necessidades alimentares individuais, de suas crias ou das suas colônias (Michener, 2000).

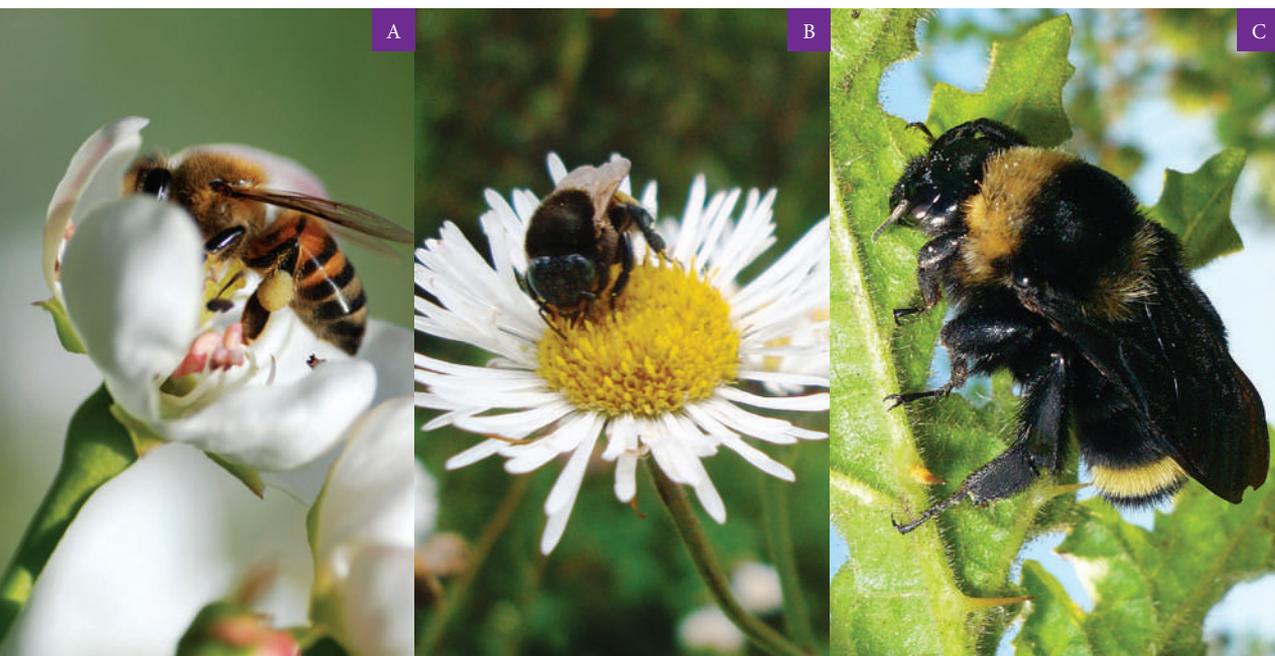
A maioria das espécies vive de forma solitária, enquanto outras apresentam variados níveis de organização social. Nas espécies solitárias, após a emergência, os machos voam ao redor dos ninhos esperando uma fêmea emergir para copular. Após ser fecundada, a fêmea vai construir o seu ninho, geralmente uma cavidade no solo ou em substratos vegetais; ela coleta néctar nas flores (fonte de açúcares) e pólen (fonte de proteínas) em inúmeras viagens diárias. Ao retornar ao ninho, mistura os dois, armazenando-os em massa circular (conhecida como pão da abelha), sobre a qual põe seu ovo. A quantidade de células de cria por ninho varia de acordo com a espécie e após a construção de todas as células de cria e oviposição, ela fecha o ninho e o abandona. Portanto, nas espécies solitárias, não há contato entre a mãe e os filhos (prole). A fêmea fundadora do ninho morre antes de as crias nascerem, o que impede o contato entre as gerações (Michener, 2000).

Uma pequena parte das espécies de abelhas é considerada verdadeiramente social (eussocial). São as espécies que vivem em sociedades onde existe uma rainha, responsável pela reprodução; operárias, que realizam os trabalhos no ninho (cuidado com a cria, construção, limpeza, coleta e armazenamento do alimento, defesa do ninho) e machos. Nessas colônias há cuidado com a prole e também sobreposição de gerações, ou seja, a mãe está presente no ninho quando seus filhos emergem (Michener, 2000). São exemplos de abelhas eussociais as abelhas melíferas (Apini), as abelhas-sem-ferrão (Meliponini) e as mamangavas do gênero *Bombus* (Bombini) (Figura 3).

(abaixo)

FIGURA 3: Abelhas sociais: A) abelha-doméstica (Apini); B) abelhas sem ferrão (Meliponini); C) abelhas mamangavas (Bombini).

Fotos: Fernando Dias, Leticia Lopes e Patrícia Nunes-Silva.



Mas existem espécies de abelhas que se enquadram em categorias intermediárias entre esses dois extremos, diferenciando-se pela presença e domínio de uma rainha, como será visto na seção 9.1.

No mundo todo, a abelha-doméstica é a mais utilizada nos serviços de polinização, pois é a única com atual distribuição global e com tecnologia conhecida para sua criação e manejo (Delaplane & Mayer, 2000). Entretanto, muitas flores, pela sua anatomia, precisam de outros tipos de abelhas como polinizadoras, como as mamangavas (*Bombus*, para o tomate e pimentão, e *Xylocopa*, para o maracujá, por exemplo), ou abelhas-sem-ferrão (para tomate e berinjela), como será visto nas seções 6.7, 7.1 e 7.4.

Foi na década de 1990 que a bombicultura (a criação das abelhas do gênero *Bombus*) desenvolveu-se na Holanda e na Bélgica. A principal abelha criada é a *Bombus terrestris*, espécie com ampla distribuição geográfica na Europa, e a *Bombus impatiens*, na América do Norte (Figura 4). A produção de colônias de abelhas mamangavas

(abaixo)

FIGURA 4: Criação e utilização de mamangavas para polinização de culturas em estufas: A) *Bombus terrestris*; B) *Bombus impatiens*; C) colmeias para polinização; D) cultivo em estufa.

Fotos: Patrícia Nunes-Silva.



para a agricultura em estufas gerou uma indústria bilionária (mais de um milhão de colônias vendidas por ano para a agricultura desde 2006, inclusive para países que aceitam animais exóticos) (Velthuis & van Doorn, 2006). Além disso, houve um grande avanço científico nas questões relacionadas com a biologia, manejo e introdução de espécies em novos ambientes. Na América do Sul, essas abelhas foram introduzidas no Chile para polinização de fruteiras (Palacios, 2007). Estão na natureza e foram detectadas na Argentina, sendo possível que se expandam para o Brasil (Saraiva et al., 2012).

Com o manejo da paisagem, o uso de pesticidas e a destruição ambiental, as populações de polinizadores começaram a declinar em alguns países do Hemisfério Norte (Biesmeijer et al., 2006; Kosior et al., 2007; Potts et al., 2010; Cameron et al., 2011). A partir dessa constatação, a polinização agrícola passou a ser avaliada economicamente. O valor da polinização foi estimado em €153 bilhões/ano. Para frutas e verduras, o valor global das exportações foi de €50 bilhões em 2005 (Gallai et al., 2009). Para a agricultura dos Estados Unidos, por exemplo, o valor da polinização por insetos para as culturas que dependem diretamente de polinização, como maçãs, amêndoas e mirtilos, foi estimada em 15 bilhões de dólares (Calderone, 2012). No Brasil, apenas oito culturas dependentes de polinizadores são responsáveis por US\$ 9,3 bilhões em exportações (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2004, 2005).

Com esse declínio das populações de polinizadores, a busca de novas espécies de abelhas locais para os serviços de polinização iniciou-se em várias regiões do mundo, uma vez que a importação de espécies exóticas tem sofrido restrições regionais (Goka, 2006; Velthuis & van Doorn, 2006; Winter et al., 2006). No Brasil, os esforços para utilização de polinizadores nativos têm sido para as abelhas *Centris*, *Xylocopa* e muitas espécies de Meliponini, como será exemplificado nas seções específicas para cada cultura. Contudo, há muitas outras que podem apresentar potencial para serem utilizadas como polinizadoras.

É preciso buscar soluções para manter os polinizadores nas propriedades rurais e seus arredores. Precisamos de uma paisagem amigável aos polinizadores, que forneça a eles um local para nidificar, além de alimento e materiais para construção dos ninhos.

Assim, esta publicação tem por objetivo disponibilizar aos agricultores e a outros setores da sociedade informações sobre a importância da polinização agrícola e os fatores envolvidos nesse processo.

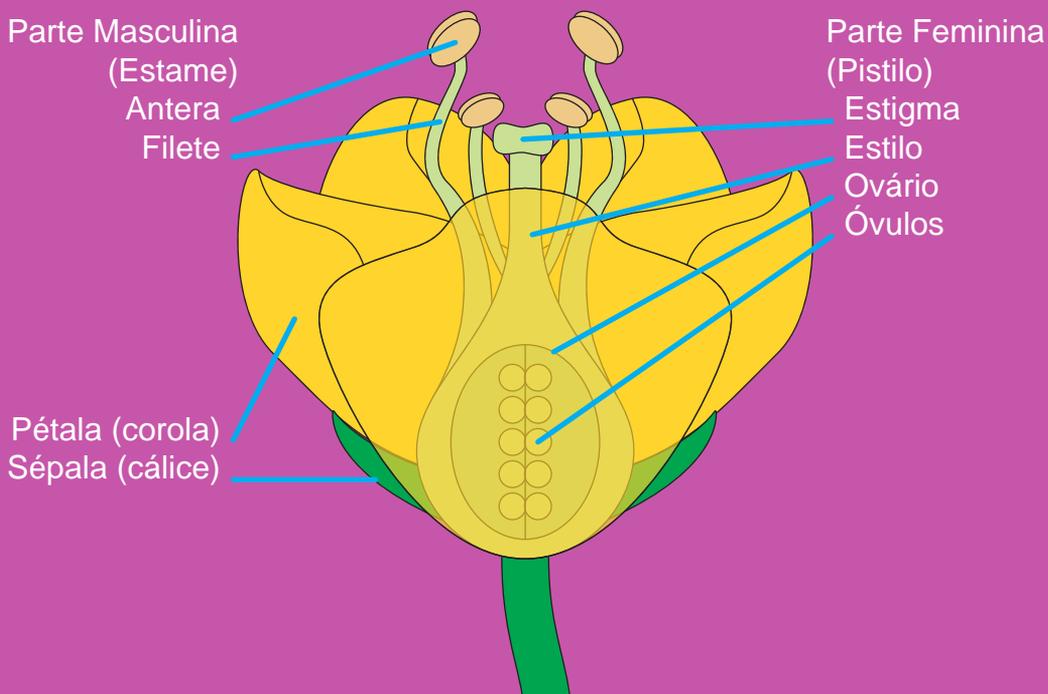


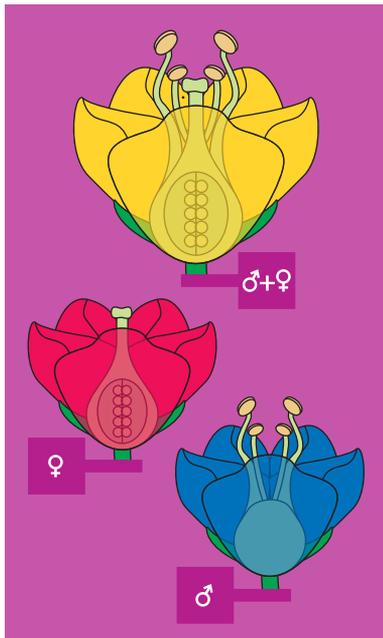
1. O que é a polinização?

Para compreender o processo de polinização é preciso conhecer a morfologia e função da flor. A flor é o órgão sexual responsável pela reprodução da planta. A estrutura das flores varia muito entre as espécies. Geralmente, a flor é constituída pelas sépalas (protegem os botões florais), pelas pétalas (atraem polinizadores), pelos estames (órgão sexual masculino) e pelo pistilo (órgão sexual feminino) (Figura 5). Cada estame está formado pelo filete e a antera, onde são produzidos os grãos de pólen. O pistilo é formado pelo ovário, que contém os óvulos, o estilo e o estigma na parte superior (Figura 5)

(abaixo)

FIGURA 5: Diagrama esquemático mostrando as partes da flor.
Ilustração: Bruno Nunes Silva.





(acima)

FIGURA 6: Flores perfeitas (apresentam partes masculinas e femininas) e imperfeitas (apresentam apenas partes masculinas, flores azuis, ou somente femininas, flores rosas).
Ilustração: Bruno Nunes Silva.

(à direita)

FIGURA 7: Plantas monoicas (partes masculinas e femininas no mesmo pé, na mesma flor ou em flores diferentes); plantas dioicas (partes masculinas e femininas em plantas diferentes).
Ilustração: Bruno Nunes Silva.

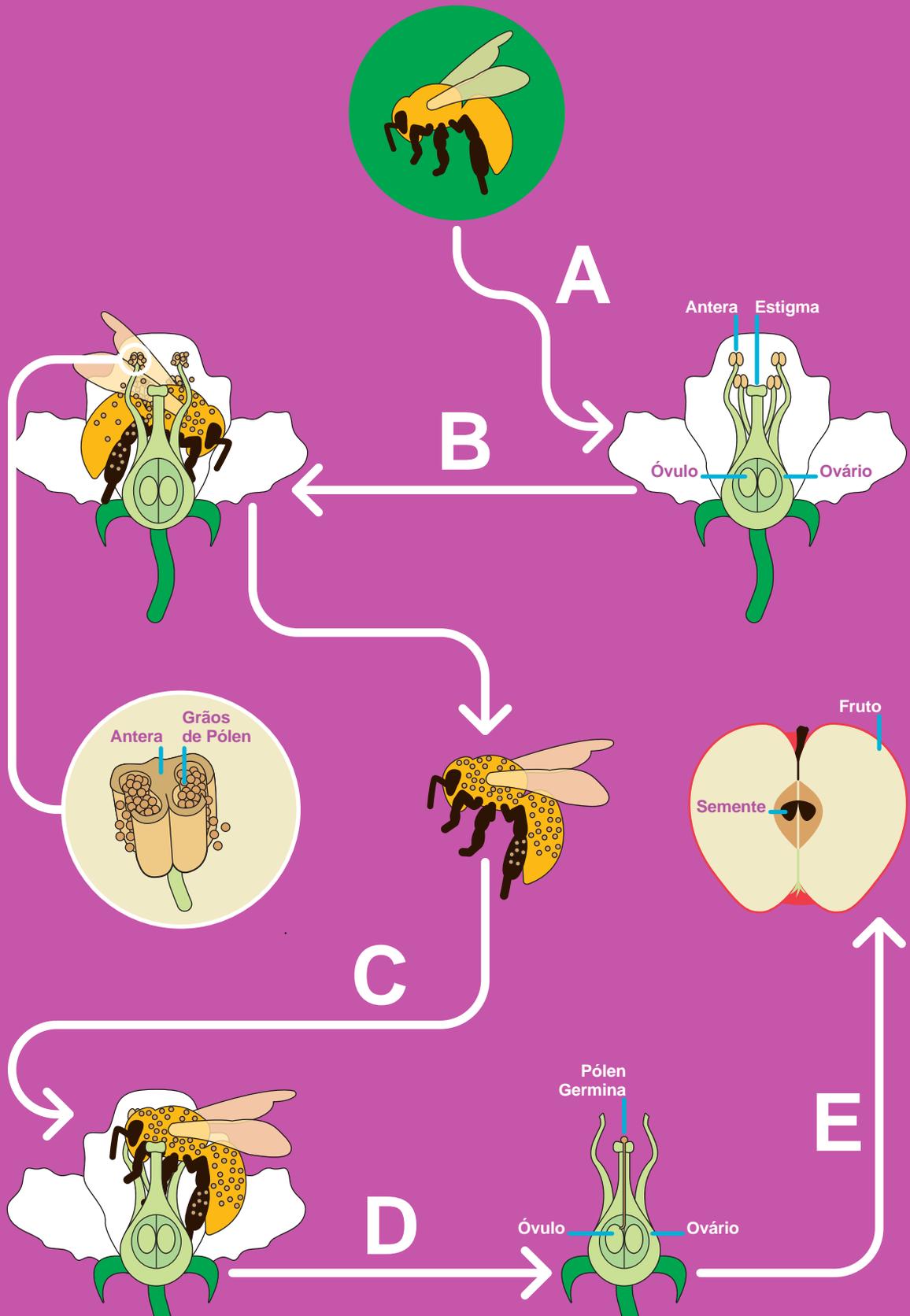
(página à direita)

FIGURA 8: Polinização: A) abelha chega à flor que apresenta parte masculina e feminina; B) abelha toca as anteras (parte masculina da flor) e o pólen adere aos pelos do seu corpo; C) ao visitar outra flor de mesma espécie a abelha transfere os grãos de pólen para o estigma (parte feminina da flor); D) no estigma da flor o pólen germina e forma um tubo que se estende até o ovário fertilizando o óvulo; E) o óvulo é fecundado e forma a semente enquanto o ovário se desenvolve formando o fruto.
Ilustração: Bruno Nunes Silva.

(Delaplane & Mayer, 2000; www.pollinator.ca/capolin). As flores que apresentam estames e pistilos são chamadas de flores perfeitas ou hermafroditas (p.ex., maçã e canola) (Figura 6). Já as imperfeitas são as flores que apresentam somente estames ou somente pistilos (Figura 6). Em algumas espécies, as flores masculinas e femininas podem estar presentes no mesmo indivíduo (p.ex., abóbora e melão). Entretanto, muitas plantas possuem apenas flores masculinas ou somente femininas (p.ex., kiwi e mamão) no mesmo indivíduo (Figura 7) (Delaplane & Mayer, 2000; www.pollinator.ca/canpolin).

Polinização é a transferência do pólen contido na antera (parte masculina) para o estigma (parte feminina) da flor. No estigma, cada grão de pólen, caso seja compatível geneticamente, desenvolve um tubo que cresce até alcançar o óvulo no ovário, fecundando-o. Assim, a fecundação dos óvulos da flor depende do sucesso da polinização. Uma vez fecundados, os óvulos se transformam em sementes e o ovário em fruto (Figura 8) (Delaplane & Mayer, 2000; www.pollinator.ca/capolin).





Como as plantas não podem se deslocar em busca de parceiros sexuais, elas utilizam intermediários para transferir os grãos de pólen das anteras para os estigmas das flores, chamados de agentes polinizadores. Esses agentes podem ser o vento (por exemplo, em pinheiros, milho, trigo, arroz), a água (como em algumas plantas aquáticas), a gravidade (plantas com pólen pesado) e animais.

Dentre os agentes polinizadores, destacam-se os insetos pela eficiência e abundância na natureza. Aproximadamente 75% das culturas e 87,5% das plantas com flores dependem da polinização animal, e as abelhas são reconhecidas como os principais agentes nesse processo (Klein et al., 2007; Ollerton et al., 2011).

A polinização pode ser de dois tipos: autopolinização ou polinização cruzada. Na autopolinização, uma flor recebe seu próprio pólen ou pólen de outras flores da mesma planta. Já a polinização cruzada ocorre quando uma flor recebe pólen de flores de outras plantas de mesma espécie (Figura 9). Experiências indicam que a fecundação entre parentes próximos pode reduzir o vigor e a saúde da planta gerando um número menor de descendentes. Assim, a autopolinização frequentemente produz poucos frutos, frutos menores ou deformados (Delaplane & Mayer, 2000; www.pollinator.ca/capolin).

Algumas plantas com flores perfeitas não aceitam seu próprio pólen, pois possuem um mecanismo fisiológico com base genética denominado autoincompatibilidade – incapacidade das flores de uma planta fértil formar sementes quando polinizadas com seu próprio pólen (Schiffino-Wittmann & Agnol, 2002). Outras plantas apresentam mecanismos que dificultam ou impedem a ocorrência da autopolinização, como a separação espacial das estruturas reprodutivas masculinas e femininas, e/ou o amadurecimento dessas estruturas em momentos distintos (a antera libera o pólen quando o estigma ainda não está maduro – receptivo – e vice-versa).

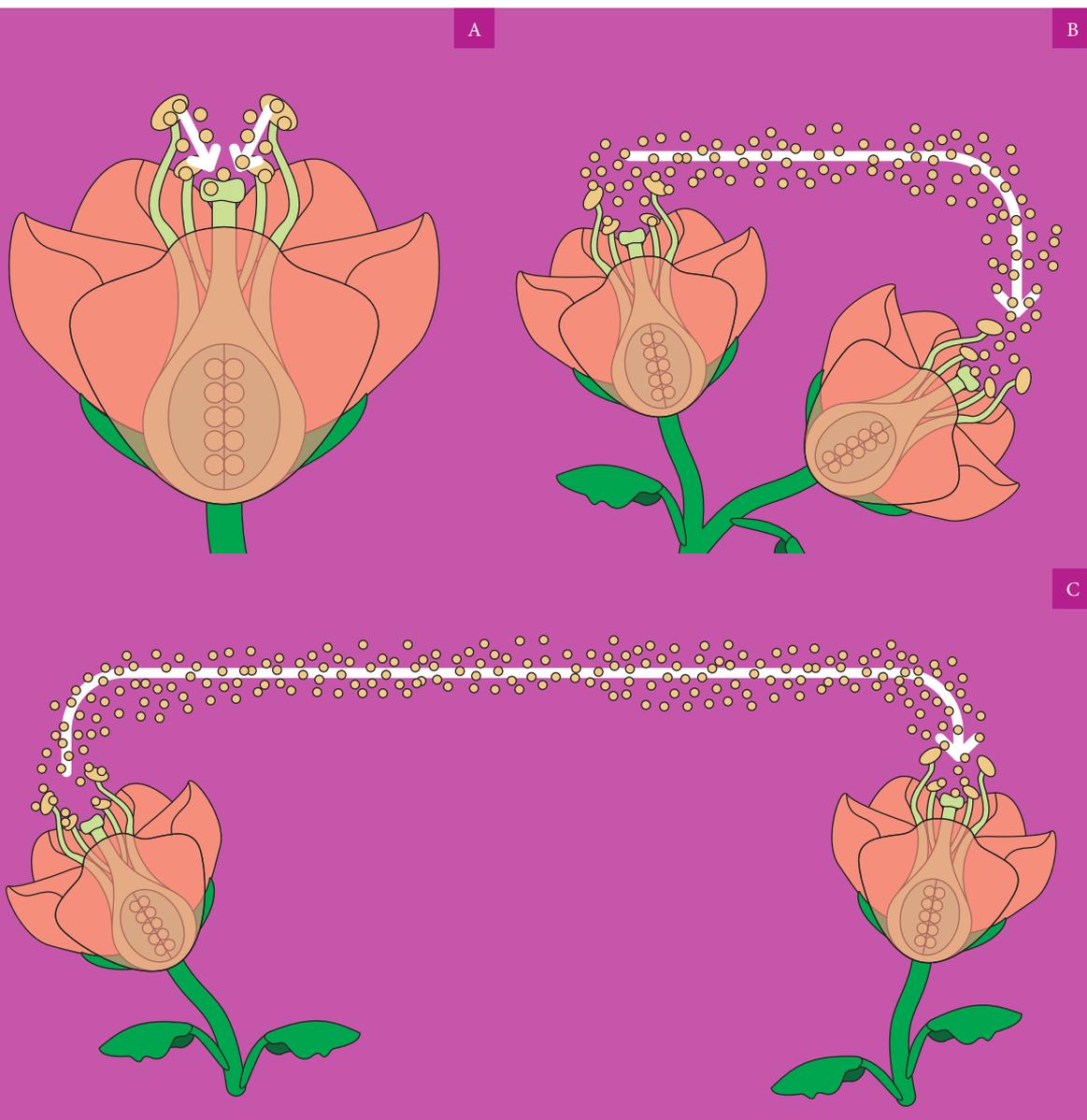
A necessidade de polinização por insetos de uma determinada planta depende da morfologia da flor, do grau de autocompatibilidade exibido pela planta e do arranjo das flores nela ou em plantas vizinhas. As plantas mais dependentes de polinização por insetos são as que possuem flores masculinas e femininas (flores imperfeitas) na mesma planta ou em plantas diferentes de mesma espécie (Figura 7). Nesses casos, os insetos, especialmente as abelhas, são importantes vetores de pólen quando visitam as flores masculinas e femininas. Mesmo nas plantas com flores perfeitas, onde pode ocorrer polinização pelo vento (p.ex., mamona e coco) ou autopolinização (p.ex., soja e feijão), as abelhas podem otimizar a polinização (Free, 1993; Delaplane & Mayer, 2000; Rizzardo et al., 2008, 2012; Milfont et al., 2013).

A deposição (quantidade e qualidade) e distribuição dos grãos de pólen nos estigmas das flores através do vento e autopolinização, apesar de suficientes para promover a formação de frutos e sementes, muitas vezes não são capazes de maximizar o potencial produtivo da planta e assegurar que todas as sementes e frutos que a cultura possui potencial de produzir sejam, de fato, produzidas. Esse déficit de polinização, geralmente em torno de 10 a 15%, não é percebido pelos agricultores (Freitas & Nunes-Silva, 2012).

(abaixo)

FIGURA 9: Tipos de polinização:
A) e B) autopolinização;
C) polinização cruzada.

Ilustração: Bruno Nunes Silva.





2. Características das abelhas e visita às flores

Como mencionado anteriormente, as abelhas dependem das flores para obtenção do alimento. As flores as atraem usando perfumes e suas pétalas vistosas, nas quais às vezes são encontradas certas marcas coloridas, chamadas de guias de néctar, que indicam onde estão suas glândulas produtoras, os nectários. O néctar é uma secreção açucarada que é a matéria-prima para a produção de mel, sendo utilizado pelas abelhas como fonte de energia. As flores produzem também o pólen (gameta masculino), que as abelhas utilizam como fonte de proteína, principalmente para as crias (Delaplane & Mayer, 2000; Michener, 1974, 2000). Portanto, é a busca por recursos alimentares que torna as abelhas eficientes conectores entre o gameta masculino (grãos de pólen) de uma flor e a parte feminina de outra flor da mesma espécie (Figura 8). Esse comportamento promove a polinização, pré-requisito indispensável para que haja a formação de frutos e sementes (Figura 8).

A polinização das flores pelas abelhas não é programada, mas acidental, forçada pela necessidade dessas de coletarem alimento. Elas apresentam aparelho bucal adaptado à sucção de néctar (Buchmann & Nabhan, 1996). O corpo coberto por pelos plumosos e a utilização de estruturas para o transporte do pólen (corbícula e escopas nas pernas traseiras) as tornaram eficientes coletoras de pólen (Figura 10) (Silveira et al., 2002; Delaplane & Mayer, 2000). Além disso, são capazes de manipular as partes florais para alcançar o néctar e/ou pólen disponíveis. Em suas viagens de coleta, são capazes de localizar as flores que oferecem melhores recompensas e, no caso das abelhas eusociais, de comunicar às suas companheiras de ninho a localização da fonte de alimento (Jarau & Hrncir, 2009).

(abaixo)
 FIGURA 10: Corpo coberto por pelos plumosos de mamangava:
 A) *Bombus atratus*; B) *B. pauloensis*;
 C) escopa tibial em Apidae;
 D) escopa abdominal em Megachilidae;
 E) corbícula em *A. mellifera*.
 Fotos: Fernando Dias, Daniel Guidi,
 Leticia Lopes e Patrícia Nunes-Silva.

Algumas espécies de abelhas que vivem durante o ano todo visitam um grande número de plantas diferentes (abelhas generalistas), enquanto outras buscam o seu alimento em uma única espécie vegetal ou em um pequeno número de espécies de plantas aparentadas (abelhas especialistas) (Michener, 2000). Se a população de polinizadores efêtuos e exclusivos de uma determinada planta é suprimida, o sucesso reprodutivo e a manutenção da espécie vegetal não estão mais garantidos e, em médio prazo, ela poderá desaparecer (Schilindwein, 2000). Abelhas especializadas, geralmente solitárias, possuem papel importante



como polinizadoras em formações vegetais abertas e agroecossistemas. Plantas relacionadas às espécies de abelhas especialistas são quase exclusivamente ervas ou pequenos arbustos, os quais, além de pólen, fornecem néctar às abelhas. Numerosas espécies de plantas que oferecem recursos alimentares às abelhas especialistas são comuns em áreas rurais do Brasil e seu manejo adequado pode promover a manutenção e/ou aumento da diversidade desses insetos (Schlindwein, 2004).

Entre as abelhas de hábitos generalistas, a *A. mellifera* é a espécie mais conhecida, devido à sua ampla distribuição geográfica e abundância de ninhos. Uma das vantagens da utilização dessa espécie para polinização de cultivos é o domínio da técnica de criação, a disponibilidade de colônias para colocar nos campos e a facilidade de integrar esses polinizadores com programas de manejo de pragas. O valor comercial mundial do mel em 2007 foi estimado em 1,25 bilhão de dólares (Van Engelsdorp & Meixner, 2010), enquanto o valor global dos serviços de polinização das culturas mais exportadas foi de 212 bilhões de dólares (Figura 11) (Gallai et al., 2009). Entretanto, as abelhas melíferas têm sido conhecidas mais como produtoras de mel do que como polinizadoras.

(abaixo)

FIGURA 11: Culturas de importância agrícola cujas flores são visitadas por *A. mellifera*: A) butiá (Arecaceae); B) pera (Rosaceae); C) pêssego (Rosaceae); D) porongo (Curcubitaceae); E) amora (Rosaceae).
Fotos: Fernando Dias.





3. Abelhas como polinizadoras

A eficiência relativa das várias espécies de abelhas na polinização de culturas de interesse agrícola tem sido objeto de muitos estudos. Apesar de várias culturas dependerem da abelha-doméstica para polinização de suas flores, existem espécies alternativas para esse serviço, como, por exemplo, as espécies de abelhas nativas. Uma análise recente com dados mundiais revelou que as espécies nativas são, em geral, mais eficientes que a abelha melífera para muitas culturas e, constituem uma importante fonte de polinização (Garibaldi et al., 2013). De acordo com esse estudo, existem evidências de que a abelha melífera suplementa mas não substitui os serviços de polinização prestados pelas abelhas nativas. Essas se mostram mais eficientes em alguns casos, mas não são tão abundantes. Outros estudos mostram um efeito positivo da polinização conjunta de abelhas nativas com a *A. mellifera* para a produção de determinadas culturas (Greenleaf & Kremen, 2006). Existem muitas razões para uma maior eficiência na polinização realizada pelas abelhas nativas para as diferentes espécies de plantas, como, por exemplo, o seu comportamento nas flores, sua morfologia e hábitos de vida.

Em espécies de plantas da família Solanaceae e o mirtilo, por exemplo, o comportamento da abelha é um fator determinante no sucesso da polinização de suas flores. Essas plantas requerem polinização por vibração, a qual é realizada por abelhas que vibram o tórax (Nunes-Silva et al., 2010). A abelha-doméstica não faz polinização por vibração (Buchmann, 1983). Dessa forma, outras espécies de abelhas são mais eficientes, como mamangavas e algumas espécies de abelhas-sem-ferrão (mais detalhes nas seções 7.1 e 7.4).

Muitas vezes, o tamanho da abelha é um dos determinantes para sua eficiência como agente polinizadora. Um exemplo é o maracujá. As flores dessa planta são polinizadas por abelhas grandes (do gênero *Xylocopa*), cujo tamanho a torna capaz de transferir o pólen das anteras para o estigma, enquanto as abelhas-domésticas não possuem o tamanho necessário para essa tarefa (mais detalhes no capítulo 6). O tamanho de alguma parte do corpo também pode ser importante: algumas espécies de abelhas possuem língua (glossa) mais longa do que a da abelha melífera, o que lhes permite polinizar flores tubulares com mais eficiência, como o trevo vermelho (Delaplane & Mayer, 2000). Outras espécies de abelhas possuem pernas com estruturas especiais para coleta de óleos florais, o que as tornam eficientes polinizadoras de acerola, evidenciando a importância de estruturas específicas no corpo dos polinizadores (mais detalhes no capítulo 6).

A abelha-doméstica usa néctar para embalar o pólen em sua corbícula e transportá-lo até a colmeia. Muitas abelhas solitárias, em contraste, utilizam suas escopas para o transporte de pólen seco para seus ninhos. Esse pólen seco é muito mais disponível para polinização das plantas. Além disso, algumas espécies de abelhas transportam o pólen em pelos localizados na parte inferior do abdômen, o que o torna mais acessível para a transferência entre as flores, aumentando as chances de polinização (Figura 10D) (Michener, 2000; Mader et al., 2011).

Outra questão a ser considerada é a limitação climática para a atividade das abelhas-domésticas. Em algumas culturas que florescem em temperaturas baixas, a polinização pode ser realizada por abelhas solitárias que voam nessas condições, mas muitas vezes essas abelhas não estão disponíveis na natureza em número suficientemente grande para fornecer esse serviço. Um exemplo é o de certas espécies de abelhas do gênero *Peponapis*, conhecidas popularmente por abelhas das abóboras, devido à estreita relação com flores de Curcubitaceae (família das abóboras). Essas abelhas começam a forragear antes do amanhecer, voando em situações de baixa temperatura e luminosidade, como em dias muito nublados, quando a atividade de outras abelhas é reduzida ou ausente. Por isso, são excelentes polinizadoras de abóboras (Figura 57) (Krug, 2007).

A constatação de que várias plantas de interesse econômico são mais eficientemente polinizadas por abelhas silvestres tem levado a algumas tentativas de preservação, aumento, introdução e manejo das espécies nativas em áreas cultivadas e nas suas margens.

Além disso, o declínio no número de colônias de abelhas-domésticas em áreas temperadas, devido a diversos fatores, como doenças ou parasitas como o ácaro *Varroa destructor* (Moritz et al., 2007; Van Engelsdorp et al., 2008; Potts et al., 2010; Van Engelsdorp & Meixner, 2010), poderá comprometer os serviços de polinização (Natural Research Council, 2006), aumentando a preocupação com a dependência de uma única espécie de polinizador para a agricultura e conservação da biodiversidade. Esses ácaros se alimentam da hemolinfa das larvas e pupas para se desenvolverem. Os machos das abelhas são mais parasitados do que as operárias e a rainha, e são os vetores dos ácaros para colônias dos arredores, uma vez que os machos têm entrada livre nas várias colmeias. Nas operárias parasitadas, o ciclo de vida é abreviado, e elas praticamente não forrageiam (Rosenkranz et al., 2010). No Brasil, a abelha-doméstica africanizada pode sobreviver ao ácaro *Varroa* devido ao comportamento higiênico que apresentam (Moraes et al., 2009).

Apesar de esse parasita ter diminuído a disponibilidade de polinizadores em regiões temperadas do mundo, o mais importante foi que ele também serviu de alerta à necessidade de haver polinizadores alternativos para a produção de alimentos. A Síndrome do Desaparecimento das Abelhas (conhecida como Colony Collapse Disorder, CCD), já provocou a morte de aproximadamente 30% das colônias de *A. mellifera* por ano nos Estados Unidos (Neumann & Carreck, 2010). Essa síndrome não tem causa única. Cientistas têm considerado também algumas doenças, contaminações das colônias com o ácaro *Varroa destructor*, vírus associados com o ácaro, fungos e pesticidas (Bromenshenk et al., 2010). No Brasil, temos alguns relatos de perdas súbitas de colônias, mas por causas desconhecidas.

Um grupo bastante promissor para os serviços de polinização na agricultura é o das abelhas-sem-ferrão (Heard, 1999; Malagodi-Braga & Kleinert, 2004; Del Sarto et al., 2005). Certas características dessas abelhas, quando comparadas com as abelhas domésticas, as tornam particularmente adequadas para a polinização de diversas culturas em estufas, principalmente em ambientes com espaço reduzido. Isso se deve à ausência de ferrão funcional, baixa agressividade de diversas espécies, menor tamanho populacional das colônias e menor amplitude do voo de forrageamento (Slaa et al., 2006). As abelhas-sem-ferrão vivem em regiões tropicais do mundo, sendo conhecidas aproximadamente 200 espécies no Brasil e 400 espécies na região Neotropical (Moure et al., 2007), e podem ser potencialmente utilizadas como polinizadoras em diversas espécies de plantas cultivadas (Heard, 1999). As abelhas-sem-ferrão apresentam diversas características importantes para sua utilização como polinizadoras de plantas cultivadas (Slaa et al., 2006; Venturieri et al., 2012). Entre elas, destacam-se:

- Alta diversidade de espécies – implica variedade de tamanhos e ecologia, o que viabiliza a polinização de um grande número de plantas tropicais, muitas das quais de interesse agrícola;
- Fidelidade às flores – as campeiras, em geral, visitam uma única espécie de planta em um único voo de forrageamento; comunicam às companheiras do ninho as plantas selecionadas para coleta de alimento;
- Domesticação – as colônias podem ser mantidas em colmeias racionais;
- Ausência de ferrão funcional – facilita a instalação, manutenção e manejo das colmeias; essa característica também as torna adequadas ao manejo para polinização de culturas agrícolas em áreas povoadas e/ou em ambientes protegidos;
- Colônias perenes – as colônias sobrevivem por longos anos, permitindo forrageamento contínuo dentro de certos limites climáticos;
- Incapacidade de abandonar o ninho – as rainhas fecundadas não conseguem voar;
- Armazenamento de grande quantidade de alimento no ninho – possibilita a sobrevivência da colônia durante períodos de escassez.



4. A produtividade agrícola e os polinizadores

As baixas produtividades agrícolas são atribuídas a fatores climáticos, doenças e a práticas de manejo (Bohart et al., 1970; Currah, 1981). No entanto, raramente são relacionadas a deficiências na polinização, que pode ser um dos fatores limitantes. No Brasil, os serviços de polinização têm sido pouco valorizados. Diferentemente de outros países onde a polinização é considerada um fator de produção agrícola e de manutenção dos ecossistemas naturais, poucos são os cursos acadêmicos na área agrícola nos quais esse assunto é abordado profundamente em nosso país. A ênfase sempre é dada a novas variedades, agroquímicos, técnicas de cultivos, controle de pragas e no equilíbrio ecológico isoladamente, como se nada disso interagisse de uma forma ou de outra com o processo de polinização das plantas (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2005). Se o equilíbrio ecológico depende da capacidade das florestas de se perpetuarem, e o objetivo final do cultivo agrícola está relacionado à produção de frutos e sementes, não é possível dissociar os vários aspectos desse processo dos serviços de polinização.

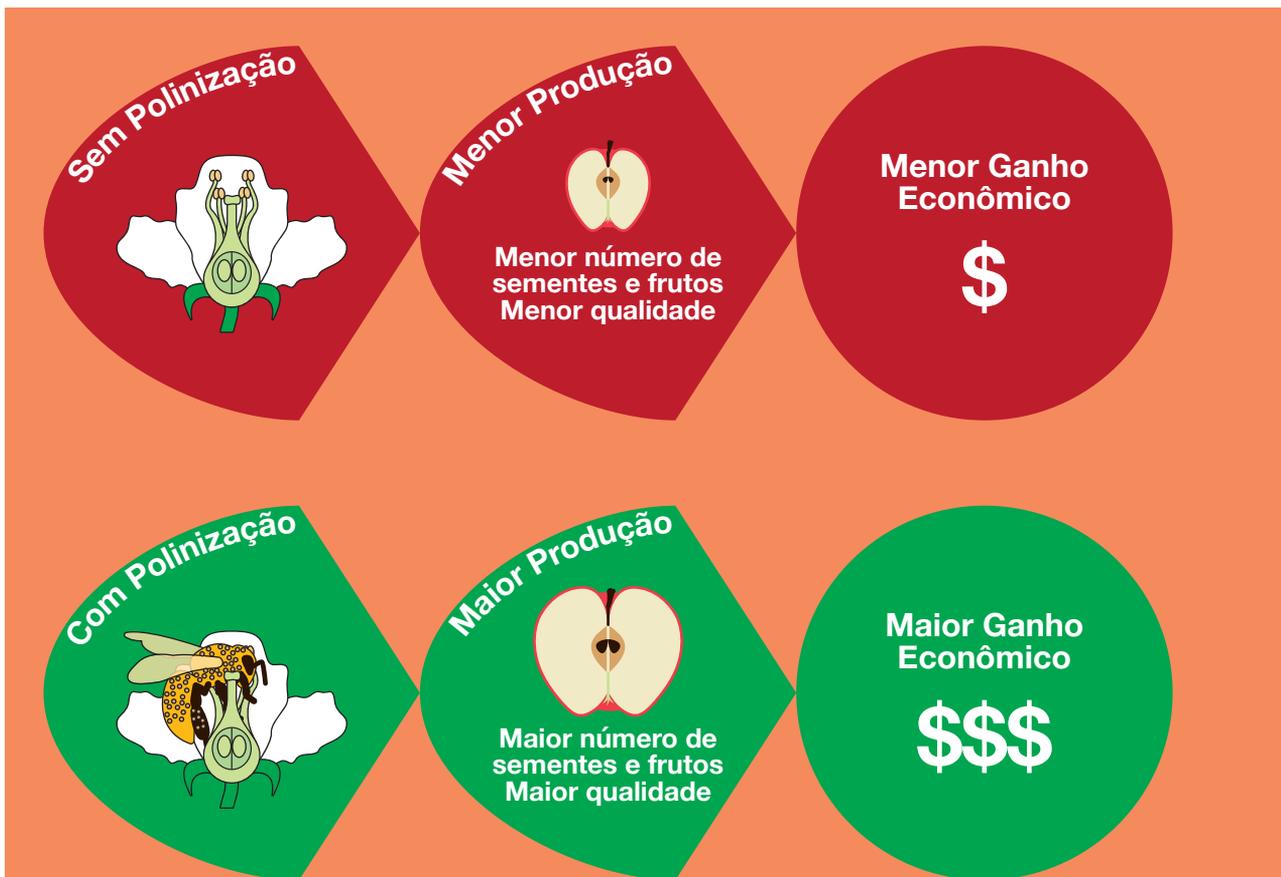
A polinização é um fator de grande importância na produção em várias culturas agrícolas. Além do aumento no número de frutos, a polinização, quando bem realizada, também leva a um aumento no número e qualidade das sementes (teor de óleos), no tamanho, peso e qualidade do fruto (acidez, teor de açúcares e volume de suco) e na melhoria de seu formato (diminui os índices de deformação), encurtando o ciclo de certas culturas agrícolas e ainda uniformizando o amadurecimento dos frutos, o que diminui as perdas na colheita (Figura 12) (Williams et al., 1991) (mais detalhes nos capítulos 6 e 7).

As flores da mamona, por exemplo, são polinizadas pelo vento; entretanto, a abelha-doméstica as visita, contribuindo para uma melhoria na qualidade dos frutos no que diz respeito ao conteúdo e à qualidade de óleos das sementes (Figura 13) (Rizzardo et al., 2008). Portanto, uma melhora na polinização pode afetar diversos componentes da produção agrícola. Além disso, as abelhas produziram mel de qualidade a partir das flores de mamona, o que melhora o valor agregado desse serviço (Rizzardo et al., 2008).

No Brasil, prevalece a ideia de que a simples introdução de colmeias de abelhas na área plantada já é suficiente para obterem-se níveis ideais de polinização. Os serviços de polinização têm sido utilizados em larga escala no país em culturas de expressão econômica como a maçã, na Região Sul, e o melão, nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Essas iniciativas se resumem, na maioria dos casos, à introdução de colônias de *A. mellifera* nas áreas cultivadas com pouco manejo, direcionamento dos serviços de polinização e cuidados com os agentes polinizadores nativos (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2005). Em vários países, os produtores investem no manejo de paisagens, procurando tornar suas propriedades mais adequadas para atrair e desenvolver populações de polinizadores naturais (Wratten et al., 2012).

(abaixo)
 FIGURA 12: A polinização pode ser um fator de produção de muitas culturas agrícolas.
 Ilustração: Bruno Nunes Silva.

(página à direita)
 FIGURA 13: Abelha melífera melhora a qualidade dos frutos de mamona.
 Foto: Fernando Dias.







5. Utilização dos serviços da polinização na agricultura: uma nova abordagem

Para utilizarmos uma espécie de abelha como polinizadora, precisamos conhecer sua biologia, bem como reproduzi-la em escala comercial. Inicialmente, como mencionado acima, a abelha utilizada para essas funções era somente a *A. mellifera*, que não é nativa das Américas, mas adaptou-se muito bem nesse continente após ter sido introduzida. Nos países onde a agricultura é mais avançada, outros polinizadores de importância agrícola foram testados, destacando-se as mamangavas do gênero *Bombus* (Velthuis & van Doorn, 2006) e as abelhas solitárias *Megachile* (Pitts-Singer & Cane, 2011) e *Osmia* (Bosh & Kemp, 2002). Na Europa, a utilização da abelha *B. terrestris* na polinização em estufas de tomate, berinjela e pimentão resultou no aumento da qualidade desses frutos e na criação de companhias de biotecnologia para criação em larga escala dessas abelhas (Velthuis & van Doorn, 2006).

Para os habitantes de áreas naturais, o uso e manejo de polinizadores silvestres para a agricultura e produção de mel, no caso de abelhas sociais, suas atividades muito promissoras, que podem ser desenvolvidas. Mas ainda são poucos os conhecimentos disponibilizados sobre o assunto. Faltam, por exemplo, informações a respeito da efetividade das abelhas domésticas e da densidade de colônias necessária para a otimização da polinização e, conseqüentemente, da produtividade de muitos cultivos. Como resultado disso, comumente há desvalorização dos serviços de polinização no meio agrícola (Freitas, 1998). Há poucas informações disponíveis no Brasil sobre a dependência de polinização de várias culturas agrícolas e plantas silvestres de importância econômica ou social. Especialmente para variedades locais e espécies nativas, faltam dados sobre polinizadores efetivos, eficiência

de polinização e resposta econômica à polinização. Por isso, o valor da polinização para as culturas agrícolas brasileiras é praticamente desconhecido, assim como o que se perde com os possíveis níveis de polinização inadequados atuais.

Giannini et al. (no prelo) fizeram uma simulação do valor econômico dos polinizadores a partir da taxa de dependência das culturas agrícolas por polinizadores proposta por Gallai & Vaissière (2009) em culturas já listadas previamente por Klein et al. (2007). Esse valor foi obtido multiplicando-se essa taxa pelo valor de produção de cada cultura estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Brasil no ano de 2011. Segundo os pesquisadores, para certas culturas, o valor econômico chegaria a alguns bilhões de reais, principalmente nas muito produtivas e altamente dependentes de polinização por insetos, como o cacau. Eles salientam que, para a soja, o algodão e o café, apesar da dependência moderada de polinização por insetos, o valor desse serviço também chegaria à casa dos bilhões devido ao alto valor dessas culturas. Dessa maneira, a agricultura brasileira pode beneficiar-se muito da polinização biótica (polinização por animais). É provável que muitas vezes as baixas produtividades possam ser atribuídas a níveis não ideais de polinização, que resultam da redução, inadequação e/ou ausência de polinizadores eficientes para as diferentes culturas nas áreas agrícolas. Isso poderia ser evitado através da utilização de polinização manejada, já que melhores práticas de manejo de polinizadores nas culturas significam melhor valor econômico. Nesse aspecto, as abordagens caminham paralelamente.

Muitos são os exemplos de cultivos de importância agrícola cujos estudos demonstram a necessidade da presença de diferentes espécies de abelhas para polinização das flores. Estudos sobre diferentes espécies de abelhas consideradas polinizadoras efetivas para determinadas culturas já estão disponibilizados na literatura científica. A seguir, trataremos de alguns desses casos.



6. Culturas agrícolas cultivadas a campo e sua relação com polinizadores



6.1. Acerola (*Malpighia emarginata* DC)

Aspectos gerais da cultura

A aceroleira é uma frutífera nativa das ilhas do Caribe, América Central e norte da América do Sul. No Brasil, é cultivada em escala comercial nos Estados da Bahia, Pernambuco, Paraíba, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Norte, Pará e Amazônia. Os frutos possuem alto teor de vitamina C, e seu consumo é indicado no combate de várias doenças. Apresenta elevado potencial para produtos processados (suco integral e polpa congelada) e indústria farmacêutica (Ritzinger & Ritzinger, 2011).

Polinização

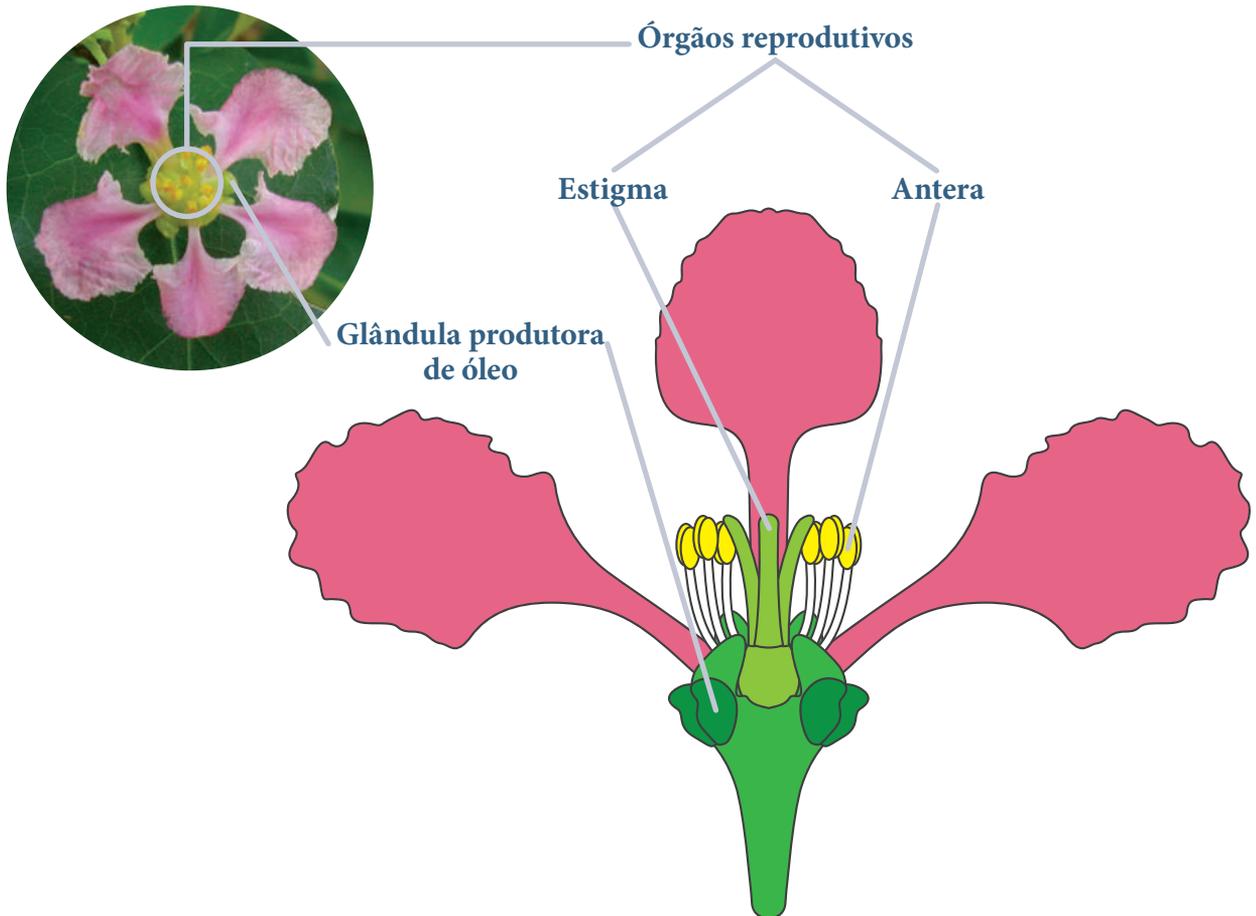
A aceroleira produz pequenas inflorescências constituídas de três a cinco flores perfeitas. Cada flor possui cinco sépalas verdes, cinco pétalas franjadas, de coloração variando de branca a diferentes tonalidades de rosa, dez estames e três pistilos, e ovário com três estiletos e estigmas (Figura 14). Em geral, os estigmas estão situados na mesma

(abaixo)

FIGURA 14: Esquema mostrando as partes da flor de acerola.

Foto: Clemens Schlindwein.

Ilustração: Bruno Nunes Silva.



altura das anteras. Apesar da proximidade entre anteras e estigmas, os grãos de pólen liberados pelas anteras dependem de insetos polinizadores para que cheguem até os estigmas e fecundem a flor. Os grãos de pólen são pegajosos, não sendo dissemináveis pelo vento nem pela ação da gravidade (Ritzinger et al., 2004; Siqueira et al., 2011). Na base das sépalas das flores localizam-se de seis a dez glândulas grandes, produtoras de óleo, as quais apresentam coloração esverdeada, e seu número é diferente entre as variedades e entre indivíduos de uma mesma variedade (Siqueira et al., 2011).

Polinizadores

Com frequência, observa-se baixo índice de frutificação apesar do florescimento abundante. Dentre os fatores envolvidos na redução do número de frutos vingados em acerola, destaca-se a falta de polinização efetiva, sendo que a produção de frutos está diretamente relacionada à presença e abundância das abelhas (Ritzinger et al., 2004; Schlindwein et al., 2006). Siqueira et al. (2011) avaliaram a polinização em diferentes cultivares e verificaram que ocorre autopolinização nas flores, garantindo a produção de frutos, mas com baixa produtividade no final da estação seca, quando os visitantes florais são menos frequentes. Segundo os pesquisadores, o aumento da atividade de polinizadores contribui para o incremento da produção, porém de maneira distinta entre os cultivares. Eles salientam a necessidade de mistura de variedades no plantio e a grande importância dos polinizadores na polinização cruzada, a qual aumenta de forma expressiva a taxa de frutificação nessa cultura.

As flores de acerola caracterizam-se pela produção de óleos florais (em glândulas florais) como recompensa para os seus visitantes, não sendo atrativas para insetos que buscam néctar. Assim, as flores não são atrativas para as abelhas-domésticas, que normalmente não as visitam (Vilhena et al., 2007). A *A. mellifera*, nos poucos casos de visitação às flores de acerola, busca pólen, mas somente quando não há outras fontes mais abundantes ou atrativas no entorno do pomar. Estudos mostram que a colocação de colônias de *A. mellifera* no interior dos pomares não resulta em aumento na produção de frutos (Yamane & Nakasone, 1961).

Para garantir uma produção comercialmente viável, são necessárias práticas de manejo dos polinizadores nativos, especialmente de espécies de abelhas *Centris*, pertencentes ao grupo Centridini (Guedes et al., 2011; Siqueira et al., 2011). De acordo com Guedes et al. (2011), resultados obtidos a partir da polinização cruzada manual complementar promovem um incremento de 61 a 74% na produção de frutos de acerola durante o período seco, indicando que há um grande déficit de polinização devido à baixa abundância de abelhas daquela espécie.

As fêmeas das abelhas *Centris* (Figura 15) possuem grupos de pelos espatulados especiais nas pernas anteriores e médias, cuja função é coletar óleos das flores de acerola (Vilhena & Augusto, 2007) para alimentar as larvas e/ou para revestir e impermeabilizar as células de cria (Alves-dos-Santos et al., 2007). Essas abelhas são solitárias e, consideradas eficientes polinizadoras de flores de acerola pela frequência e comportamento nas flores (Guedes et al., 2011; Siqueira et al., 2011). Durante a coleta de óleo nas flores de acerola, os grãos de pólen aderem à parte ventral do corpo das abelhas coletoras de óleos e são transferidos para a parte feminina das próximas flores visitadas (Vilhena & Augusto, 2007; Siqueira et al., 2011). A análise do pólen encontrado no seu corpo indica que diversas espécies de *Centris* alimentam suas larvas quase exclusivamente com pólen de acerola (Siqueira et al., 2011).



A utilização de ninhos-armadilhas nas plantações de aceroleira mostra que *Centris analis* e *Centris tarsata* ocupam orifícios oferecidos em madeira e podem ser facilmente manejadas (Schilindwein, 2006). O hábito de construir ninhos em cavidades preexistentes pode permitir a captura e o transporte de ninhos para o aumento populacional nas áreas de plantio de acerola (Figura 16) (Garofalo et al., 2004). Em relação às espécies de *Centris* que nidificam no solo, de difícil manejo, a manutenção de áreas com solo arenoso, no entorno dos plantios, pode facilitar a ocorrência de nidificação e aumento das populações destas espécies, principalmente daquelas que nidificam em agregados (Vilhena & Augusto, 2007).

As abelhas que coletam óleos nas flores dependem também de outros recursos importantes para sua manutenção e reprodução, tais como néctar e resinas, que são coletados em outras plantas visitadas. Além da aceroleira, é importante que nos arredores da plantação existam fontes de néctar em abundância para garantir recursos energéticos para as abelhas adultas (Guedes et al., 2011). O próprio produtor pode observar quais plantas são visitadas por essas abelhas em seus pomares, avaliando que outras plantas devem ser consorciadas à acerola.

Para uma maior eficiência na polinização da aceroleira, recomendam-se medidas que possam preservar e aumentar as populações dos insetos polinizadores, que na sua maioria são abelhas nativas. Atualmente, recomenda-se estimular a nidificação e a manutenção das populações naturais das abelhas desse gênero em áreas agrícolas, criando-se as seguintes condições: evitar ou reduzir a utilização de agrotóxicos; conservar áreas com a vegetação natural; diminuir a aração do solo, preservando áreas onde existam ninhos naturais; conservar plantas herbáceas que florescem quando a cultura-alvo não estiver em floração; preservar a vegetação nativa ao redor da área cultivada (Vilhena & Augusto, 2007; Siqueira et al., 2011).

(página à esquerda)

FIGURA 15: Abelhas do gênero *Centris*, eficientes polinizadoras de flores de acerola.

Fotos: Fernando Dias.

(abaixo)

FIGURA 16: Ninhos-armadilhas utilizados para nidificação de abelhas coletoras de óleos.

Foto: Clemens Schilindwein.



6.2. Alfafa (*Medicago sativa* L.)

Aspectos gerais da cultura

A alfafa, considerada a “rainha das forrageiras”, é originária do atual Irã, e sua história está ligada aos povos criadores de cavalos e aos movimentos dos exércitos conquistadores que a disseminaram durante guerras e invasões (Schifino-Wittmann, 2008). É uma planta cultivada nas regiões temperadas e tropicais secas do mundo, considerada uma das forrageiras mais importantes, quer pela abrangência de área explorada, quer por reunir características tais como produtividade, qualidade proteica, palatabilidade e digestibilidade (Ferreira et al., 2008; Rassini et al., 2003). Seu cultivo é ideal tanto para o gado de leite como para o de corte. No contexto de um sistema de culturas, controla a erosão do solo, diminui as epidemias de pragas e doenças que atacam as plantas e contribui para a quantidade de nitrogênio disponível para culturas sucessoras (Schifino-Wittmann, 2008). Além disso, os brotos de alfafa podem ser utilizados na alimentação humana, possuindo alta atividade antioxidante, sendo também suas folhas fontes de vitaminas (Schifino-Wittmann, 2008).

No Brasil, a alfafa foi introduzida no Rio Grande do Sul a partir do Uruguai e da Argentina. Entre os fatores que dificultam sua expansão no Brasil, destacam-se a limitada produção de sementes, a disponibilidade de cultivares adaptados aos trópicos, o pouco conhecimento dos produtores sobre as exigências da cultura quanto à fertilidade do solo, do manejo, e das práticas de irrigação e requerimentos de polinização. O aumento em termos de quantidade e qualidade na produção de sementes constitui uma condição fundamental para a difusão do cultivo dessa forrageira no Brasil. Necessitando de polinização cruzada, deficiências nesse processo são alguns dos fatores que mais dificultam a produção de sementes no nosso país (Ferreira et al., 2008; (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Alfafa/SistemaProducaoAlfafa>; Orth et al., 1991).

Polinização

Para a produção de sementes de alfafa é necessário adotar práticas de manejo que tenham por finalidade a alta produção de sementes e atenção especial com relação ao controle de pragas e ervas daninhas, manejo da irrigação e disponibilidade de polinizadores em quantidade e qualidade (Ferreira et al., 2008).

A flor de alfafa é geralmente de cor púrpura, completa e formada pelas sépalas, pétalas, partes masculinas (estames) e femininas (estigma). São cinco pétalas diferentes: o estandarte, que é a pétala superior e a maior das cinco; as asas, duas pétalas menores situadas ao lado do estandarte; e a quilha, que está envolvida pelas asas e que se forma por duas pétalas soldadas, localizadas mais internamente (Del Pozo Ibañes, 1977). Os estames (parte masculina) são em número de dez, compactados e formando um tubo que fica mantido sob pressão dentro das pétalas da quilha. Quando a tensão da quilha é liberada, o tubo salta contra a pétala estandarte (Figura 17), expondo os estames. Esse processo de liberação (disparo) dos estames é conhecido como *tripping*, que também resulta na exposição do estigma (parte feminina) da flor (McGregor, 1976). Assim, para haver polinização, deve ocorrer estímulo mecânico (Schifino-Wittmann, 2008), caso contrário, as partes reprodutivas permanecem escondidas dentro da flor, impossibilitando a ocorrência da polinização. Vários estímulos

podem provocar o *tripping*, tais como a ação de insetos e as variações de temperatura, umidade e velocidade do vento (Rodriguez & Eroles, 2008). O fruto da alfafa é um legume ou vagem, podendo conter até uma dúzia de sementes (McGregor, 1976).

Polinizadores

As abelhas – e, mais raramente, outros insetos – podem estimular a liberação dos estames da flor. Essa liberação funciona como um gatilho e ocorre quando a abelha, na procura de néctar ou pólen na flor, exerce pressão sobre a quilha, causando a separação das pétalas que a compõem. Dessa forma, os órgãos reprodutores da flor são jogados para cima atingindo o polinizador, o que causa a transferência do pólen dos estames para a abelha, a qual o transporta para outra flor (McGregor, 1976).

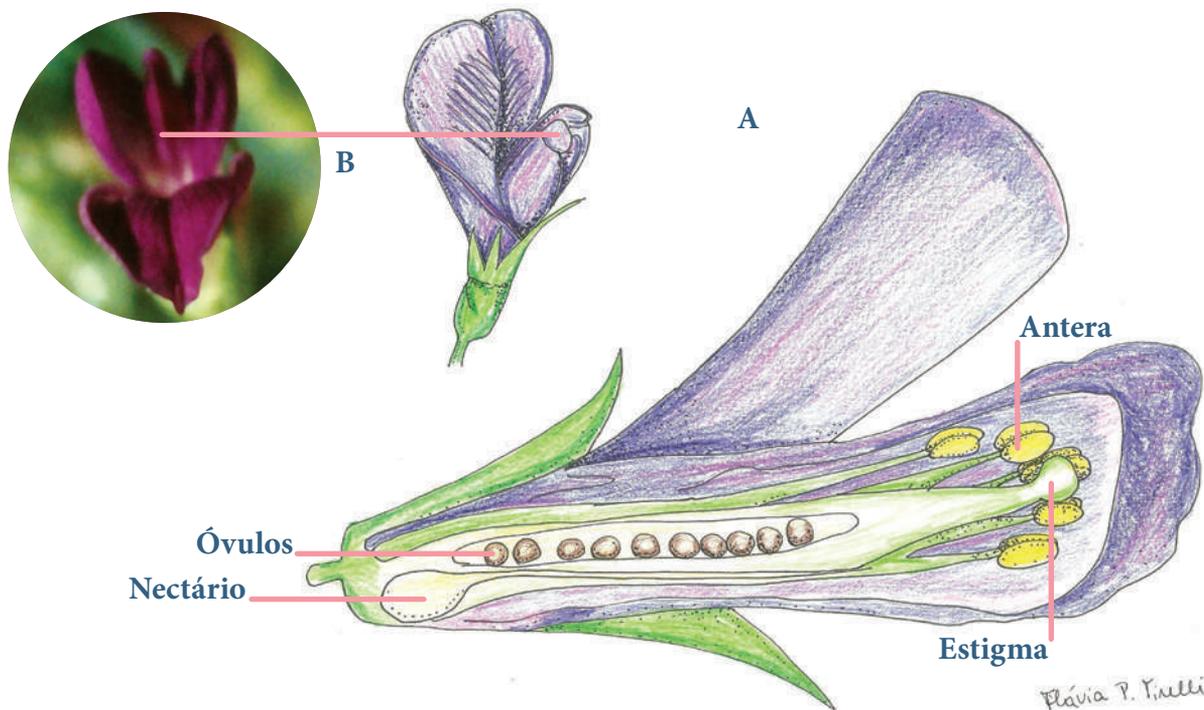
A eficiência da polinização é proporcional à capacidade de disparo dessa estrutura. Quando a abelha dispara a flor, as estruturas reprodutivas prendem o inseto pela cabeça, e esse tem que se esforçar para se liberar. Isso faz com que elas normalmente desprezem tais flores ou retirem o néctar sem o disparo, acessando a flor pelo lado externo (Orth, 1991). A pancada decorrente da liberação dos estames não é tolerada pelas abelhas-domésticas, que aprendem a evitar esse mecanismo, não sendo eficientes na polinização das flores de alfafa. Portanto, o processo de polinização das flores nessa cultura é complexo (Tucker, 1956 apud McGregor, 1976).

(abaixo)

FIGURA 17: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de alfafa: A) corte longitudinal; B) quilha.

Foto: Karen Strickler.

Ilustração: Flávia P. Tirelli.



A abelha-corta-folha *Megachile rotundata* (Figura 18) não se incomoda com o rápido movimento da liberação dos estames da flor de alfafa e apresenta eficiência na polinização de até 95% das flores visitadas (Free, 1993). Assim, as abelhas do gênero *Megachile* caracterizam-se pela alta eficiência de polinização, e também pela sua preferência por flores de alfafa, mesmo na presença de outras fontes de pólen (Ferreira et al., 2008).

Os indivíduos de *M. rotundata* constroem ninhos em uma mesma área, formando agregações. Além disso, utilizam facilmente túneis perfurados em blocos de madeira ou fornecidos por canudos de cartolina para nidificar, os quais podem ser dispostos em abrigos fornecidos pelo homem (Figura 18). Com base nesse sistema gregário de construir os ninhos, foi desenvolvido um sistema para sua utilização na polinização da cultura, e atualmente são criadas em grandes números nos Estados Unidos e Canadá, representando um mercado de vários milhões de dólares para produção de sementes de alfafa (Kevan & Phillips, 2001).

Muitos criadores dessas abelhas mantêm as formas jovens (pré-pupa) presentes nesses ninhos construídos nos materiais fornecidos por eles (Figura 18) em ambientes com temperatura controlada, adiantando ou atrasando a sua emergência de forma a obterem adultos somente na época da floração (Delaplane & Mayer, 2000; Pitts-Singer & Cane, 2011). Devido ao alto potencial de *Megachile rotundata* na produção de sementes de alfafa nos Estados Unidos, os agricultores usam mais

(abaixo)

FIGURA 18: A) abelha-corta-folha, eficiente polinizadora de flores de alfafa; B) abrigos para criação das abelhas disponibilizados junto à cultura de alfafa para polinização; C) canudos de papel para construção das células de cria; D) ninhos-armadilhas utilizados pelas abelhas para nidificar; E) células de cria ou ninhos contendo abelhas jovens prontos para serem levados para as lavouras de alfafa para polinização.

Fotos: Karen Strickler.



abelhas (100.000 a 150.000 fêmeas/ha) do que no Canadá (50.000 a 75.000 fêmeas/ha) (Pitts-Singer & Cane, 2011). Outra espécie de abelha utilizada nos Estados Unidos para a polinização de flores de alfafa é *Nomia melanderi*, que constrói ninhos no solo (Free, 1993). Para o manejo dessa espécie, locais apropriados no solo são preparados próximos às culturas de alfafa, visando ao estabelecimento de uma população suficiente para a polinização dessa cultura (McGregor, 1976).

No Brasil, *Bombus morio*, *Xylocopa brasilianorum*, *Dialictus opacus*, *Augochloropsis cupreola* e *Exomalopsis* sp. foram as espécies mais abundantes nas flores de alfafa. A fenologia de *B. morio* evidencia a maior ocorrência de operárias de fevereiro a julho, o que limita a polinização fora desse período. Já na primavera e início de verão, a *X. brasilianorum* é abundante e pode ser útil para a polinização de leguminosas, apresentando alta eficiência no disparo do mecanismo de *tripping* (Orth et al., 1991). *X. macrops* e *B. morio* também apresentaram alta eficiência em disparar esse mecanismo, ao contrário da *A. mellifera* (Tabela 1).

Espécie	Média de flores visitadas/espiga	Eficiência do disparo das visitas observadas (%)
<i>Apis mellifera</i>	3,36	22,89
<i>Xylocopa macrops</i>	6,43	100
<i>Xylocopa brasilianorum</i>	6,61	99,54
<i>Bombus morio</i>	6,96	99,42

(à esquerda)

TABELA 1: Comportamento de quatro espécies de abelhas durante suas visitas às flores de alfafa, Florianópolis, SC (Orth et al., 1991).

No Rio Grande do Sul, foi observada a predominância da abelha-doméstica em cultura de alfafa. Entretanto, a espécie não se mostrou efetiva na polinização das flores, pois mesmo em situação de saturação de abelhas na área de cultivo, não houve aumento significativo na produção de sementes. Entre as espécies de abelhas nativas presentes na área de estudo, as do gênero *Megachile* foram pouco frequentes. Atribuiu-se esse fato à baixa capacidade do ambiente em fornecer locais naturais para construção de ninhos a essas abelhas, em face da destruição dos *habitats* silvestres e ao uso intensivo de inseticidas na região de estudo, onde predominava o cultivo da soja (Dequech, 1987). Na Argentina, por exemplo, a presença de polinizadores silvestres em áreas de entorno das lavouras de alfafa é uma das principais causas dos altos rendimentos de sementes obtidos (Ferreira et al., 2008).

O potencial das abelhas do gênero *Megachile* para uso nos serviços de polinização de culturas agrícolas é elevado e deve ser avaliado, sendo um mercado ainda inexplorado no Brasil. A espécie apropriada de *Megachile* para polinizar alfafa no país precisa ser determinada e sua biologia deve ser estudada (sazonalidade, ciclo de vida, parasitas, entre outros), de preferência nas diferentes regiões do Brasil (Garofalo et al., 2004, 2012).

6.3. Canola (*Brassica napus* L.)

Aspectos gerais da cultura

A canola foi desenvolvida na década de 1970, no Canadá, a partir do cruzamento de múltiplas variedades de “colza”. O termo “Canola” derivou de *Canadian oil, low acid* devido aos baixos teores de ácido erúico e de glucosinatos. Os híbridos de canola Hyola pertencem à espécie *Brassica napus*. Na América do Sul não se empregam cultivares transgênicos, devido ao risco de cruzamento com outras crucíferas, como a nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Somente são liberadas para comércio as sementes testadas e comprovadas como livres de OGM (Organismos Geneticamente Modificados) (Tomm et al., 2009; www.canola.council.org).

A canola é uma oleaginosa fomentada pelo governo brasileiro, devido ao interesse comercial de seus produtos, como a produção de biodiesel e de óleo para consumo humano (www.agricultura.gov.br), sendo a terceira oleaginosa mais produzida e comercializada no mundo (CONAB, 2011). Essa cultura de inverno é incluída, como uma alternativa de renda, nos sistemas de produção de grãos, auxiliando na melhoria da produção de outras culturas e evitando doenças (Tomm, 2006). Além disso, beneficia também a qualidade do solo, evitando sua exposição nessa época do ano (Tomm, 2005).

O óleo de canola fornece mais níveis de gorduras saudáveis que outros óleos vegetais mais populares, apresentando ômega-6, ômega-3, gordura monossaturada (ômega-9) e vitamina E (www.canola-council.org).

(abaixo)

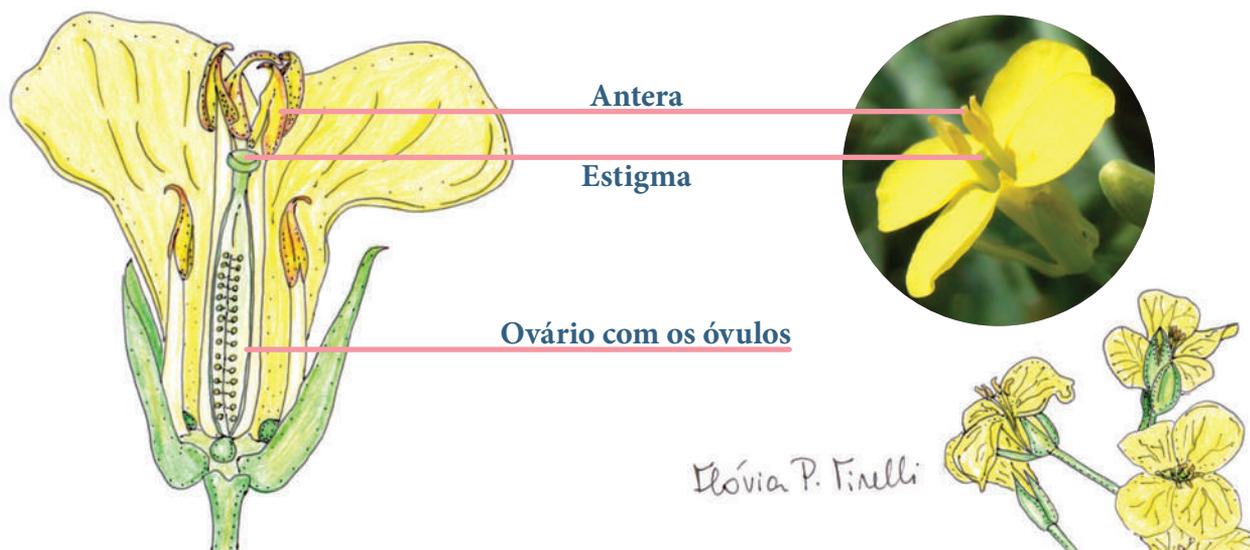
FIGURA 19: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de canola.

Foto: Fernando Dias.

Ilustração: Flávia P. Tirelli.

Polinização

A canola apresenta flores amarelas que crescem nos racemos terminais, apresentando quatro sépalas e quatro pétalas em cruz (Figura 19).



Essas flores possuem um pistilo, quatro estames longos e dois curtos. As flores podem abrir a qualquer hora do dia e, quando as pétalas estão totalmente abertas, o estigma já está receptivo e, assim, se receber os grãos de pólen, permite sua germinação. As flores permanecem abertas de 12 a 96 horas, sendo que o período em que podem ser fertilizadas varia entre 4 e 24 horas. Essa variação de tempo ocorre de acordo com o cultivar, sendo que os cultivares com maior tempo de antese permanecem mais tempo receptivos. O cultivar Hyola 420 é o que apresenta menor tempo de antese (12h; Blochtein et al., no prelo) entre os já estudados. O Hyola 61 (36h; Blochtein et al., no prelo) e o CTC-4 (entre 24 e 48h; Adegas & Nogueira-Couto, 1992; Mussury & Fernandes, 2000) apresentaram tempo intermediário, e o Hyola 432, o maior tempo (72h; Rosa et al., 2010).

O fruto da canola é chamado síliqua e é dividido internamente em duas metades por uma membrana, contendo geralmente entre quinze e quarenta sementes no total. A coloração das sementes pode variar de verde, passando por amarelo e castanho, até uma coloração negra na fase de maturação (Figura 20) (www.canolacouncil.org).

(abaixo)

FIGURA 20: Síliqua e sementes de canola.
Foto: Fernando Dias.



A canola apresenta autocompatibilidade e, dessa maneira, tanto a autopolinização quanto a polinização cruzada resultam em frutos. É provável que as flores sejam mais susceptíveis à autopolinização durante o início da antese, quando as anteras estão viradas para o interior da flor e o estigma está abaixo delas, facilitando que o pólen caia sobre o estigma (Blochtein et al., no prelo; Rosa et al., 2010). Já quando o estigma ultrapassa a altura das anteras, não é possível que o pólen da própria flor caia sobre ele. A autopolinização realizada por um agente polinizador, como um inseto, ainda é possível, mas supõe-se que esse seja um mecanismo que favorece a polinização cruzada (Rosa et al., 2010; Blochtein et al., no prelo).

Polinizadores

As flores amarelas de canola, seu perfume e sua abundância de recursos alimentares são altamente atrativos para muitos visitantes. Vários trabalhos demonstram que a presença dos polinizadores na canola pode representar aumentos significativos na produtividade dessa cultura, apesar de ela ser autofértil.

As flores de canola são visitadas principalmente por abelhas e por dípteros da família Syrphidae (Figura 21). Dentre as abelhas, a *A. mellifera* é considerada uma importante polinizadora da canola e, na presença de colônias dessa espécie, é possível obter aumentos de até 50%

(abaixo)
 FIGURA 21: Insetos visitantes de flores de canola: A) dípteros; B) vespas; C) abelhas nativas.
 Fotos: Fernando Dias.



na produtividade (Figura 22) (Sabbahi et al., 2005; Duran et al., 2010; Bommarco et al., 2012). A polinização por insetos aumenta o valor de mercado da canola em 20%, pois além de aumentar a produtividade, melhora a qualidade do óleo obtido das sementes (Bommarco et al., 2012).

As abelhas e outros insetos que visitam as flores de canola podem vir dos remanescentes florestais para as lavouras. Assim, um estudo realizado na cidade de Esmeralda (Rio Grande do Sul), avaliou o efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico da canola do cultivar Hyola 420. Esse estudo mostrou que, quanto mais próximo do remanescente as plantas avaliadas se localizavam, maior foi a quantidade de sementes formadas e sacas colhidas por hectare. Dessa maneira, os remanescentes florestais possuem um importante papel no rendimento de grãos dessa cultura, o que é traduzido em ganho econômico (Halinski, 2013).

No entanto, outros polinizadores têm sido identificados, incluindo espécies de abelhas nativas das regiões onde a cultura é plantada (Ali et al., 2011; Jauker et al., 2011; Morandin & Winston, 2005). Um estudo realizado no Paquistão demonstrou que polinizadores nativos (por exemplo, *Halictus* sp.) podem ser mais eficientes na polinização da variedade de canola cultivada na região, pois obtiveram maiores taxas de produção de grãos que a *A. mellifera* (Ali et al., 2011). Na Alemanha, o número de grãos por síliquas elevou-se com uma maior densidade de polinizadores nativos, como a abelha solitária *Osmia rufa* e duas espécies de Diptera (Jauker et al., 2012). No Canadá, pesquisas também revelaram a importância das abelhas nativas para a produção agrícola de canola, visto que aumentam a produtividade e qualidade de grãos e, conseqüentemente, também seu valor econômico (Morandin & Winston, 2005).

(abaixo)

FIGURA 22: Abelha melífera utilizada para polinização de canola.
Foto: Fernando Dias.



6.4. Cebola (*Allium cepa* Linnaeus.)

Aspectos gerais da cultura

A cebola, que é cultivada desde épocas remotas (3.200 a.C.), é originária da Ásia Central, especialmente do noroeste da Índia e Afeganistão (Acosta et al., 1993). É uma das plantas cultivadas de mais ampla difusão no mundo e uma das três hortaliças mais importantes ao lado do tomate e da batata. O valor social da cultura de cebola é inestimável, sendo consumida por quase todos os povos do planeta, independente da origem étnica e cultural, constituindo-se em um importante elemento de ocupação de mão de obra familiar. O consumo da cebola tem aumentado, especialmente em países mais desenvolvidos, devido à sua associação com características funcionais. A cebola é particularmente rica em compostos com comprovado benefício à saúde humana, alguns de grande interesse pelas propriedades anticarcinogênicas, e efeitos antibióticos (Barbieri, 2008).

Polinização

A cebola é uma planta bienal, completando seu ciclo em duas fases. Na primeira fase ou fase vegetativa (primeiro ano), há formação dos bulbos, parte comercial; na segunda fase (segundo ano), ocorrem o florescimento e produção de sementes a partir dos bulbos. As plantas são herbáceas, apresentando folhas ocas e cerosas. A diferenciação para a fase reprodutiva evidencia-se pelo surgimento das hastes florais de número variável que poderá chegar a vinte, dependendo do cultivar e das condições climáticas. Na extremidade de cada haste forma-se uma inflorescência esférica, a umbela, com um número muito variável de flores, podendo chegar até 2.000 mil. Essa umbela inicialmente é envolvida por uma película que se rompe antes da abertura das flores (Figura 23) (Muller & Casali, 1982). Nos cultivares Crioula e Bola Precoce, o número médio de flores/umbela é 534 e 613, respectivamente (Witter et al., 2005). Os botões florais de cada inflorescência de *A. cepa* em ambos cultivares não se abrem simultaneamente, mas o fazem em sequência definida dentro de cada inflorescência da umbela. Paralelamente ao desenvolvimento das flores, observam-se a formação de cápsulas e o surgimento de novos botões. Portanto, flores em vários estágios de desenvolvimento, bem como botões e cápsulas, podem ser encontradas na umbela durante o pico da floração (Purseglove, 1971; Currah & Ockendon, 1978; Castellane et al., 1990; Free, 1993).

As flores são hermafroditas e protândricas (anteras liberam pólen antes que o estigma esteja receptivo), e a autopolinização é possível entre flores de uma mesma umbela ou de diferentes umbelas de uma mesma planta, embora predomine a polinização cruzada. Cada flor

(abaixo)

FIGURA 23: Cebola: A) lavoura para produção comercial de sementes na Empresa Hortec, Candiota, RS; B) umbela com flores em botão; C) umbela com flores abertas; D) umbela com cápsulas contendo as sementes.

Fotos: Sidia Witter.



possui seis estames e um pistilo (Figura 24). Após a fecundação, há o desenvolvimento do fruto que é uma cápsula globular e, se a polinização for eficiente, poderá haver a formação máxima de seis sementes por flor (Castelane et al., 1990).

Polinizadores

A ação de insetos é indispensável na polinização das flores de cebola e na produção de sementes em escala comercial (Bohart et al., 1970; Munawar et al., 2011; Adel et al., 2013). A presença de polinizadores nas áreas de cultivo de cebola aumenta tanto a quantidade quanto a qualidade de sementes produzidas (Chandel et al., 2004). De acordo com Rao & Sunyanarayana (1989), na ausência de polinizadores no período de florescimento da cultura há somente 17% de frutificação, e a livre visita de insetos promove uma taxa de 73%.

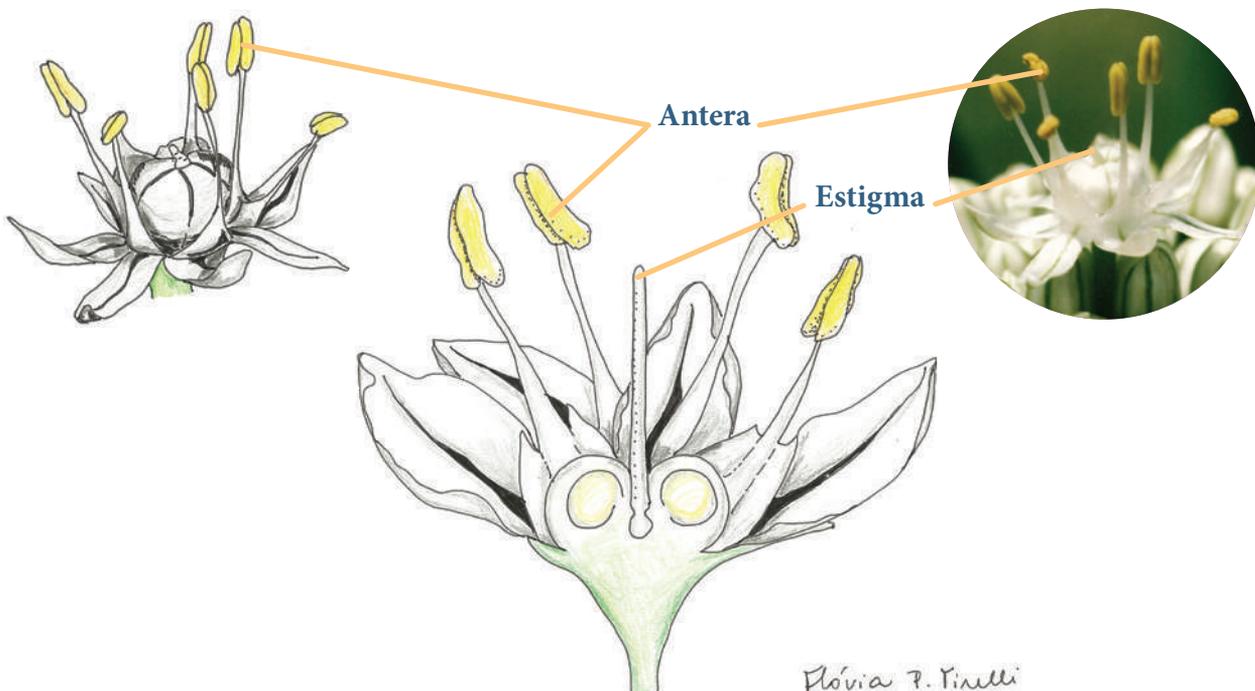
Muitas espécies de insetos visitam flores de cebola e, entre esses, os himenópteros (abelhas e vespas) e os dípteros são considerados os mais importantes polinizadores (Figura 25) (Bohart et al., 1970; Willians & Free, 1974; Sajjad et al., 2008; Mynawar et al., 2011).

Estudos indicam a *A. mellifera* como eficiente polinizadora de flores de cebola e salientam que essa espécie é adequada para polinização de cultivares de polinização aberta, e não para produção de sementes híbridas (Munawar et al., 2011; Delaplane & Mayer 2000; Van der Meer & Van, 1968).

(abaixo)

FIGURA 24: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de cebola. Foto: Sidia Witter.

Ilustração: Flávia P. Tirelli.



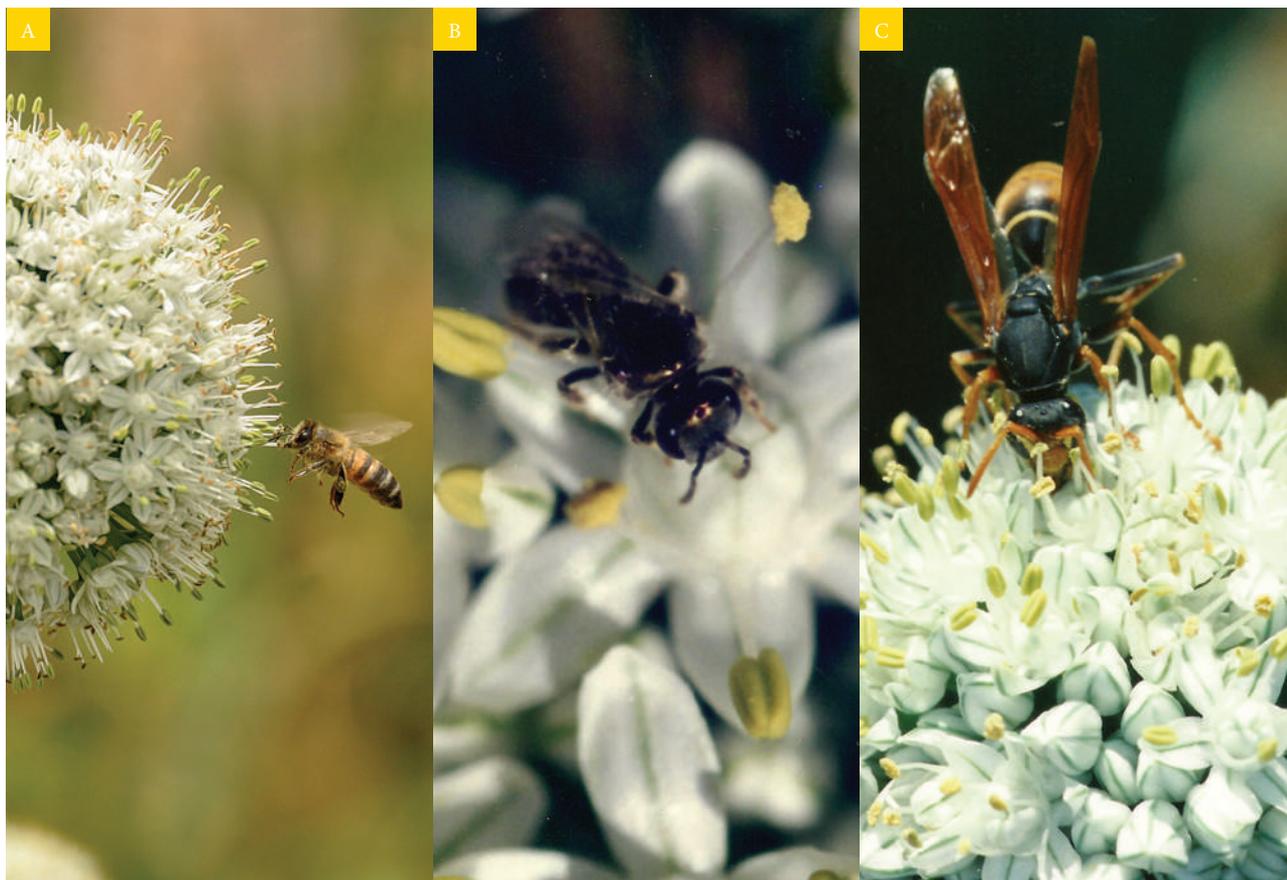
No Rio Grande do Sul, pesquisas mostraram que a produtividade média de sementes de cebola não tem ultrapassado 350 kg.ha⁻¹ (Sampaio et al., 1998). Os insetos podem aumentar 20% da produção de sementes de cebola em cultivares de polinização aberta, e a *A. mellifera* foi o inseto mais frequente nas flores, transportando 70% do pólen de cebola em suas corbículas. Nos Estados Unidos, constatou-se que a produtividade média de sementes de cebola, de 1.570 kg.ha⁻¹, aumentou para 2.242 kg.ha⁻¹ com o uso intensivo de abelhas na ausência de floradas competitivas (Waters, 1972).

Abelhas nativas também são consideradas eficientes polinizadoras de flores de cebola. Na Polônia, pesquisadores verificaram que na presença desses insetos a produtividade de sementes de cebola aumentou de 130 kg/ha para 500 kg/ha, e a taxa de germinação das sementes alcançou 92% em flores polinizadas pela abelha nativa *Osmia rufa* (família Megachilidae) (Wilkaniec et al., 2004).

Dessa maneira, a redução de polinizadores gera problemas na produção comercial de sementes de cebola. Assim, sugere-se aos agricultores que considerem os serviços prestados pelos polinizadores em suas lavouras e procurem manter uma alta abundância e diversidade de insetos benéficos a partir de práticas amigáveis que sustentem esses polinizadores nas áreas agrícolas (Bohart et al., 1970).

(abaixo)

FIGURA 25: Insetos visitantes de flores de cebola: A) abelha melífera; B) bieira (*Mourella caerulea*); C) Vespa. Fotos: Fernando Dias, Sidia Witter e Betina Blochtein.



6.5. Girassol (*Helianthus annuus* L.)

Aspectos gerais da cultura

O girassol é originário da América do Norte e, atualmente, é cultivado em todos os continentes (Dall’Agnol et al., 2005). Apresenta-se como uma opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos. Dentre os óleos vegetais, o óleo de girassol destaca-se por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais. Pode ser utilizado na prevenção de diferentes doenças cardiovasculares e no controle do nível de colesterol no sangue. Em média, além de 400 kg de óleo de excelente qualidade, para cada tonelada de grão, são produzidos 300 kg de casca e 350 kg de torta, com 48% a 50% de proteína bruta. Esse subproduto é aproveitado na produção de ração em misturas com outras fontes de proteína. Outra vantagem é a possibilidade de associação do cultivo do girassol com a apicultura, sendo possível a produção de 20 a 30 kg de mel de excelente qualidade por hectare de girassol plantado. Atualmente, o girassol também é utilizado como matéria-prima para o biodiesel (www.cnp-so.embrapa.br/producaogirassol/importancia.htm).

Polinização

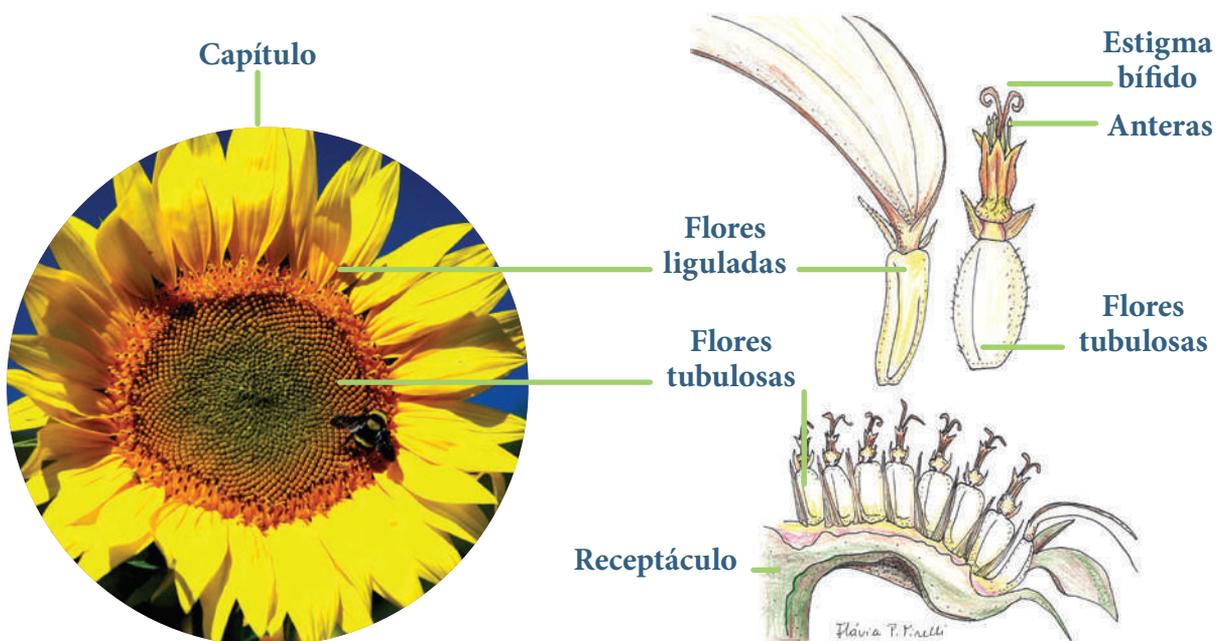
A inflorescência do girassol é do tipo capítulo, constituindo um receptáculo onde se inserem as flores. As flores do girassol inseridas no receptáculo são de dois tipos: tubulosas (flores férteis) e liguladas (Figura 26). As flores tubulosas são hermafroditas, apresentando cada

(abaixo)

FIGURA 26: Desenho esquemático do capítulo de girassol mostrando as flores liguladas e tubulosas.

Foto: Fernando Dias.

Ilustração: Flávia P. Tirelli.



uma cinco estames, o ovário e um pistilo alongado, cujo estigma bifido curvo aparece na parte superior da flor quando ela está em plena antese (Figura 26). Essas flores ocupam a superfície completa do receptáculo, e seu número é variável, dependendo da variedade ou do híbrido. Frequentemente, cada receptáculo pode ter entre 1.000 e 1.800 flores férteis (Rossi, 1998). As flores liguladas são incompletas, com um ovário e cálice rudimentar, e uma corola transformada, parecida com uma pétala. Cada lígula é como uma folha transformada, que se assemelha a uma pétala de cor amarelo-alaranjada (Figura 26). Sua forma é oval-lanceolada, e estão localizadas em todo o perímetro do capítulo. Geralmente, encontram-se de trinta a setenta flores liguladas por capítulo (Rossi, 1998). A cultura do girassol está relacionada diretamente aos agentes polinizadores, sendo uma planta de polinização cruzada (Rossi, 1998; Morgado et al., 2002).

Polinizadores

O arranjo floral do girassol faz com que a cultura seja beneficiada quando é visitada por abelhas coletoras de néctar. Isso ocorre porque a inflorescência constitui-se em um capítulo formado por centenas de pequenas flores que abrem em sequência da extremidade para o centro da inflorescência, ao longo de vários dias. As flores passam por uma fase masculina, na qual liberam pólen, e somente depois entram na fase feminina, quando se tornam receptivas para serem polinizadas. Dessa forma, as abelhas que coletam pólen limitam suas visitas apenas às flores na fase masculina, que ainda não estão receptivas à polinização, enquanto que as abelhas coletoras de néctar visitam todas as flores da inflorescência, efetuando a polinização daquelas que estão na fase feminina (Free, 1993).

Dessa forma, a influência da visita de abelhas nas inflorescências e na polinização dessa planta é extremamente positiva, pois aumenta a produção e melhora a qualidade das sementes (aquênios) (Moreti et al., 1996; Chambó, 2010) (Figura 27). No Brasil, as abelhas da família Apidae são as mais abundantes nas flores de girassol, destacando-se a *A. mellifera* e a *Trigona spinipes* (Morgado et al., 2002; Teixeira et al., 2008). A produção de sementes foi 362,34% maior em área coberta com abelhas *A. mellifera*, além de haver 27,12% de aumento no peso dos aquênios (Paiva et al., 2003). Em campos abertos, que permitem a livre visita de insetos, a introdução de colmeias de *A. mellifera* também teve impacto positivo. Nesses campos, os capítulos apresentaram diâmetro e massa significativamente superiores às plantas com inflorescências sem contato dos visitantes florais (Paiva et al., 2003; Chambó, 2010).

Foi observado que as abelhas nativas melhoram a eficiência das abelhas-domésticas na polinização de híbridos de girassol, pois provocam seu deslocamento entre as linhas masculinas e femininas com mais frequência. Dessa maneira, apenas as lavouras de girassol com presença de abelhas nativas e abelhas melíferas promovem 100% de sementes vingadas (Greenleaf & Kremen, 2006). De acordo com Brittain et al. (2013), interações entre espécies podem modificar o comportamento e aumentar a eficácia da polinização de espécies individuais.

A seleção de híbridos ou variedades que segregam maior quantidade de néctar é muito importante, pois permite uma maior atração das abelhas para a cultura, determinando uma melhor polinização e aumentando os rendimentos. Outra questão a ser considerada é a constante aplicação de inseticidas em cultivos vizinhos à cultura, e que podem causar a diminuição da população de abelhas (Rossi, 1998) (ver mais detalhes na seção 9.7).



(à esquerda)

FIGURA 27: Polinizadores de flores de girassol: A) abelha melífera; B) mamangava; C) abelha-corta-folhas. Fotos: Fernando Dias.

6.6. Maçã (*Malus domestica* Borkh.)

Aspectos gerais da cultura

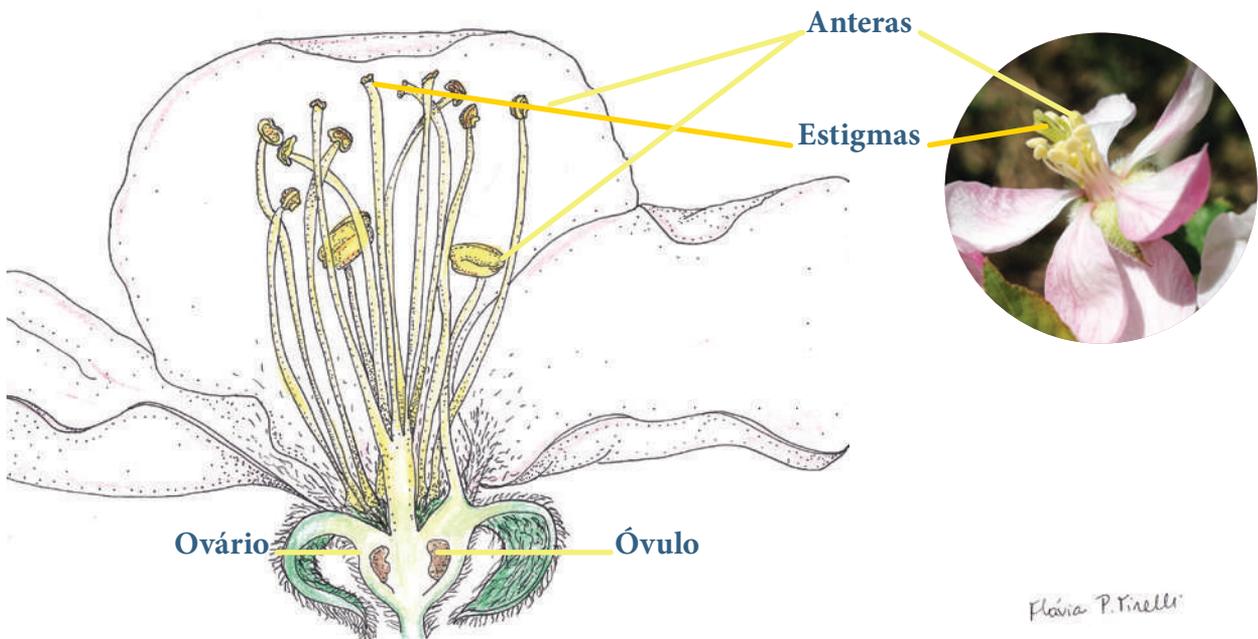
A evolução da macieira provavelmente se iniciou há 25 milhões de anos, tendo como centro de origem a região entre o Cáucaso (cordilheira montanhosa que separa o sul da Rússia do norte do Irã) e o leste da China (Kreuz et al., 1986).

A maçã se destaca pelo seu alto valor em vitaminas, potássio e fibras. O Brasil passou de importador dessa fruta a exportador e autosuficiente, sendo que um dos polos de produção se localiza na região Sul (Petri et al., 2011). Em 2004, o valor exportado de maçãs pelo país foi de cerca de 30 milhões de dólares (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2005), sendo esse avanço possível devido à implantação e ao desenvolvimento de tecnologias de produção que permitiram o aumento na produtividade (Petri et al., 2011). O Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor nacional e, somado a Santa Catarina, responde por 95,6% da produção brasileira (www.scp.rs.gov.br/ATLAS/atlas.asp?menu=268).

Polinização

Cada flor de macieira possui cinco estigmas e de 20 a 25 estames (Figura 28). O ovário é dividido em cinco compartimentos, cada um contendo dois óvulos, podendo haver o desenvolvimento de até dez sementes (McGregor, 1976). Geralmente, assume-se que os cinco estigmas precisam ser polinizados separadamente para que haja

(abaixo)
 FIGURA 28: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de maçã.
 Foto: Sídia Witter.
 Ilustração: Flávia P. Tirelli.



o desenvolvimento desse número de sementes, o que complica o processo de polinização (Westerkamp & Gottsberger, 2000). No entanto, para a cultivar “Summerland McIntosh” utilizada no Canadá, foi comprovado que não é necessário que os cinco estigmas sejam polinizados para se atingir o número máximo em um fruto (Sheffield et al., 2005). Essa preocupação está ligada ao fato de que o desenvolvimento das sementes é essencial para o crescimento normal dos frutos. Se elas estão presentes em apenas um de seus lados, somente esse lado será bem desenvolvido, ocasionando frutos com deformações (Salisbury & Ross, 1992).

A maçã é altamente dependente de polinização cruzada (McGregor, 1976) e não há formação de frutos na ausência de polinização (Sheffield et al., 2005), ocorrendo uma redução de 70 a 80% na produção (Freitas, 1995). Dessa maneira, para a produção de maçã com bom resultado econômico é necessário, além de todos os tratamentos culturais, que se garanta uma polinização adequada. Falhas na polinização acarretam perdas não só em termos de volume de produção, mas também no que se refere à qualidade, pois flores inadequadamente polinizadas resultam em frutos disformes e mais propensos à queda (Free, 1970). O nível de autoincompatibilidade varia entre os cultivares (Broothaerts et al., 2004). Isso torna necessária a presença nos pomares de cultivares chamados de polinizadores, os quais fornecem pólen para a polinização (Kvitschal et al., 2013). No entanto, somente a presença das árvores polinizadoras não garante a polinização. O transporte dos grãos de pólen entre as flores dos diferentes cultivares é realizado por insetos (McGregor, 1976), sendo que os principais são as abelhas coletoras de pólen (Dag et al., 2012).

Polinizadores

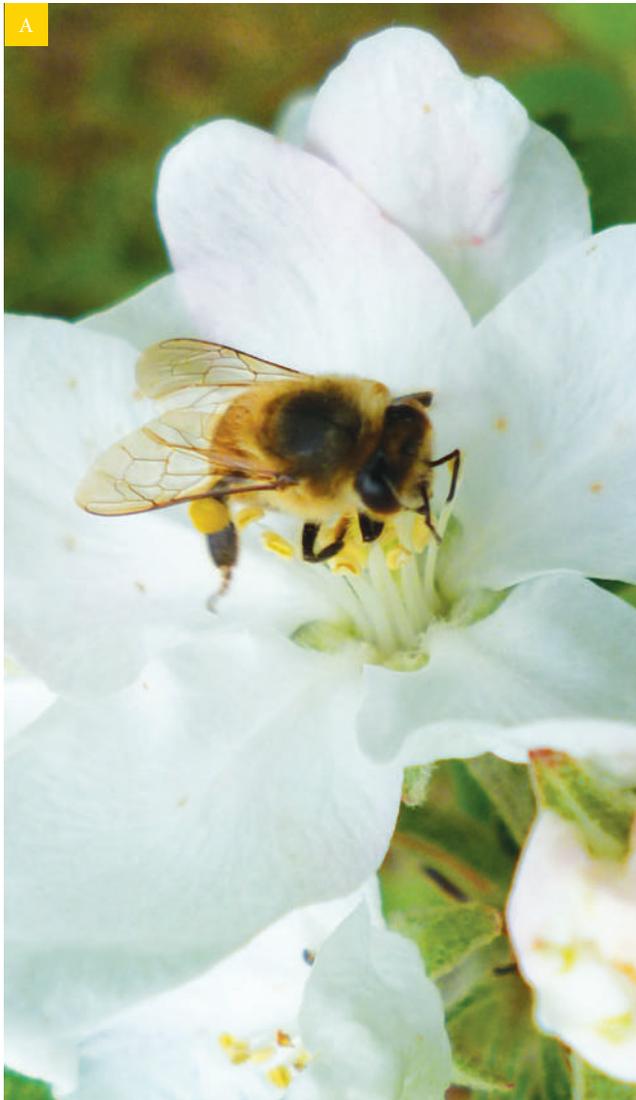
Várias espécies de abelhas, tanto sociais como solitárias, visitam flores de macieira. Contudo, a eficiência na polinização tem sido comprovada apenas em algumas delas. Muitos estudos mostram que a abelha-doméstica é a espécie mais abundante nas flores da macieira, sendo considerada a principal polinizadora porque apresenta colônias populosas e de fácil manejo (Figura 29). A utilização de colônias de *A. mellifera* nos pomares de maçã é comum em muitos lugares do mundo (McGregor, 1976). No Brasil, são estimados uma produtividade de cerca de 30 mil kg/ha e o aluguel de mais de 100 mil colônias de *A. mellifera* para a polinização da maçã, gerando cerca de R\$ 4 milhões (Freitas & Nunes-Silva, 2012). O número aconselhado de colônias por hectare para garantir a polinização das flores de maçã pode variar entre 2,5 a 7, dependendo do estudo (McGregor, 1976; Paranhos et al., 1998; Stern et al., 2007; Viana et al., 2012).

Entretanto, abelhas silvestres também são citadas como visitantes florais (Orth, 1984; Ortolan & Laroca, 1996) e polinizadoras eficientes de flores de maçã, como *Plebeia emerina* em Santa Catarina (Ortolan & Laroca, 1996). Dessa maneira, os fragmentos de mata, os quais constituem uma importante fonte de polinizadores silvestres nos pomares de maçã (Adamson et al., 2012; Marini et al., 2012; Sheffield et al., 2013), precisam ser conservados.

Como vimos na seção anterior, a polinização de maçã não é simples, pois depende de várias condições, como estrutura da flor, comportamento da abelha na flor, entre outros (Westerkamp & Gottsberger, 2000). Em flores abertas de corolas rasas, que permitem a abordagem por qualquer lado, como as da macieira, as operárias coletoras de pólen são geralmente

mais eficientes que as coletoras de néctar, pois elas andam sobre os órgãos reprodutivos da flor (Figura 29). No entanto, mudanças na forma da flor e/ou do arranjo floral – que ocorrerem possivelmente como consequência de seleção entre diferentes materiais genéticos da mesma espécie vegetal – podem afetar a relação abelha-flor. A variedade ‘Bramley’ de maçã, por exemplo, apresenta flores bem maiores e mais abertas do que as de outras variedades, e as operárias de *A. mellifera* logo aprendem que a coleta de néctar torna-se mais fácil e rápida pousando nas pétalas da flor e coletando o néctar pelos lados. Dessa maneira, essas abelhas não tocam os órgãos reprodutores da flor e deixam de serem agentes polinizadoras para tornarem-se ladras de néctar (Figura 29) (Freitas, 1992). No cultivar Delicious, foi constatado que, em 80% das visitas para coleta de néctar efetuadas pelas abelhas às flores, os estigmas não eram tocados por serem os pistilos muito curtos e pela possibilidade de coleta de néctar ser feita lateralmente (Petri, 1986).

(abaixo)
 FIGURA 29: Abelha melífera em flor
 de maçã A) coletando pólen;
 B) coletando néctar.
 Fotos: Patrícia Nunes-Silva.



Recentemente, muita atenção tem sido dada à polinização das flores de macieira feita pelas abelhas do gênero *Osmia*. As espécies *Osmia cornifrons* e *Osmia lignaria*, por exemplo, já são utilizadas para polinização de cultivos comerciais de macieira no Japão. Em países europeus de clima frio e em virtude de a floração de macieira ocorrer logo no início da primavera, é comum que no momento do florescimento das macieiras as colônias de *A. mellifera* ainda estejam pouco populosas e com poucas campeiras em atividade. Nessas condições, a *A. mellifera* não é polinizadora eficiente, e uma boa alternativa tem sido o uso da *Osmia rufa*. Essa espécie tem sido produzida em cativeiro e utilizada com grande sucesso em locais onde as populações de *A. mellifera* se mostram insuficientes (Maeta et al., 1992).

Outra questão a ser considerada é a influência da temperatura na atividade das abelhas. A maioria dos cultivares de maçã tem uma exigência acima de 600 horas de frio. Como algumas espécies de abelhas nativas do gênero *Osmia* visitam flores em temperaturas mais baixas que as abelhas-domésticas, elas têm sido consideradas eficientes polinizadoras de flores daquela fruta (McGregor, 1976). Embora já existam alguns cultivares de macieira que possuem baixa necessidade de frio, como o cultivar Eva, desenvolvido pelo IAPAR, a potencialidade para a produção de maçã em grande parte ainda está condicionada a fatores climáticos. Nesse aspecto, dependendo do cultivar, o agente polinizador deve ser resistente ao frio (Ortolan & Laroca, 1996; www.iapar.br).

Além disso, estudos demonstram que abelhas do gênero *Osmia* contatam os órgãos reprodutivos das flores de macieira durante suas visitas, maximizando a probabilidade de sucesso na polinização. São abelhas solitárias que transportam o pólen em escopas abdominais (face ventral do abdômen). Seus ninhos são construídos em pequenas cavidades encontradas na natureza, podendo constituir grandes agregações se os orifícios forem abundantes. Essas abelhas são muito utilizadas para polinização de culturas comerciais em regiões temperadas (Delaplane & Mayer, 2000).

Na Espanha, o comportamento de forrageamento e a eficácia das espécies *Osmia cornuta* e *A. mellifera* em flores de maçã do cultivar Delicious foram estudados. Nesse estudo, foi verificado que após uma única visita para a coleta de néctar, os rendimentos de polinização de *O. cornuta* foram superiores em mais de cinco vezes aos obtidos por forrageiras de *A. mellifera*. O mesmo estudo recomenda 530 ninhos/ha de *O. cornuta* para uma adequada polinização da cultura (Vicens & Bosch, 2000).

No Brasil, uma pesquisa realizada em Santa Catarina indicou que as flores de macieira foram visitadas basicamente por abelhas das famílias Apidae e Halictidae (82% e 16,5% respectivamente) e a sua eficiência na coleta de pólen foi semelhante. Entre as espécies mais abundantes estavam *Trigona spinipes*, *Plebeia emerina*, *Dialictus travassoni* e *Dialictus pabulator* (Ortolan & Laroca, 1996). A utilização de *P. emerina* como agente complementar na polinização de macieiras foi considerada viável (Ortolan & Laroca, 1996).

6.7. Maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg)

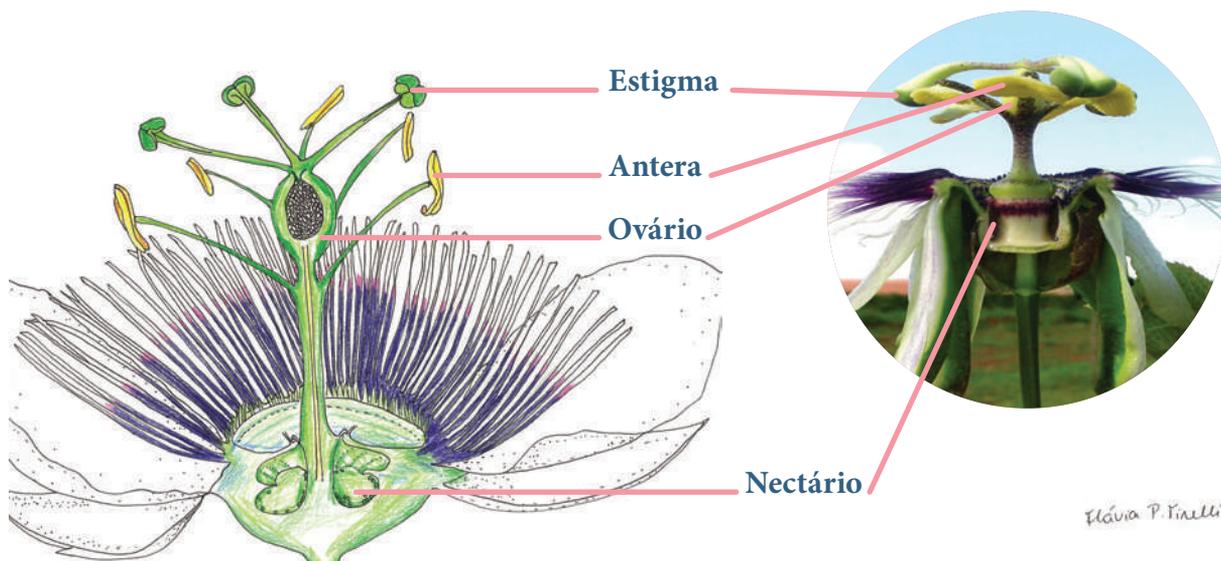
Aspectos gerais da cultura

O maracujá-amarelo é uma planta de clima tropical com ampla distribuição geográfica, encontrando no Brasil excelentes condições ecológicas para seu cultivo. O gênero *Passiflora* tem aproximadamente 465 espécies, das quais 150 são originárias do Brasil. Elas podem ser utilizadas com finalidade exclusivamente alimentícia ou medicinal, mas muitas têm finalidade múltipla. Ainda existem divergências sobre o desenvolvimento do maracujá-amarelo, sendo provavelmente o Brasil seu centro de origem (Lima, 1999; www.cnpmf.embrapa.br). Estima-se que mais de 60% da produção brasileira de maracujá seja destinado ao consumo in natura, e o restante às indústrias de processamento, sendo o suco o principal produto. A produção em geral é desenvolvida em pequenas propriedades, a maioria no contexto de agricultura familiar (<http://www.iea.sp.gov.br/>).

Polinização

O maracujazeiro é uma trepadeira que apresenta flores hermafroditas, grandes, solitárias, de colorido atraente, aromáticas e ricas em néctar (Freitas & Oliveira-Filho, 2001). Cada flor é formada por pétalas, sépalas e filamentos coloridos de violeta na base (corona), e androginóforo (prolongamento do eixo floral que eleva as partes reprodutivas acima do nível de inserção das pétalas e sépalas). A parte masculina é formada pelos estames inseridos abaixo do ovário e terminando com as anteras, onde estão os grãos de pólen. Sobre o ovário encontram-se os estigmas (parte feminina onde deve ser depositado o grão de pólen durante a polinização) (Figura 30) (Ruggiero, 1973).

(abaixo)
 FIGURA 30: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de maracujá.
 Foto: Cláudia Inês da Silva.
 Ilustração: Flávia P. Tirelli.



Apesar de hermafrodita, a flor do maracujá não se autofecunda, necessitando de polinização cruzada. A polinização das flores de maracujazeiro não ocorre pelo vento nem por autopolinização, devido à disposição dos órgãos reprodutivos da flor. Suas anteras (órgãos masculinos) estão posicionadas abaixo dos estigmas (parte feminina), fazendo com que o pólen, se transportado pelo vento ou movimento da flor, não caia sobre eles. Além disso, a autoincompatibilidade da flor e o fato de as anteras liberarem pólen antes de os estigmas estarem receptivos torna praticamente impossível qualquer tipo de polinização que não seja mediada por agentes polinizadores bióticos (Freitas & Oliveira-Filho, 2001; Siqueira et al., 2009). Para formar o suco no arilo, é preciso que o óvulo seja fecundado e a semente se desenvolva (Camilo, 2003). O fruto murcha ou adquire uma forma irregular em decorrência principalmente da polinização deficiente (Lima, 1999).

Polinizadores

A polinização do maracujá é realizada por algumas espécies do gênero *Xylocopa* conhecidas como abelhas-carpinteiras ou mamangavas-de-toco. Essas são eficientes devido ao seu tamanho avantajado, que as tornam capazes de tocar as partes masculinas e femininas das flores, e ao seu comportamento durante a coleta de pólen e néctar (Figura 31) (Camilo, 2003; Siqueira et al., 2009). Essas abelhas são as únicas polinizadoras de grande eficiência para a maioria das espécies de maracujá, em especial o maracujá-amarelo, sendo especialmente relevantes no Brasil as espécies *X. frontalis*, *X. grisescens* e *X. suspecta* (Freitas & Oliveira-Filho, 2001). A dependência do maracujazeiro na polinização efetuada pelas mamangavas é tão grande que a introdução de aproximadamente 25 ninhos/ha de abelhas do gênero *Xylocopa* sp. promove um aumento de cerca de 700% na frutificação do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) (Camillo, 1996a, b; Camillo, 2003).

Abelhas de menor porte podem coletar o néctar, mas não tocam os órgãos reprodutores da flor e acabam atuando como ladras. As abelhas-domésticas normalmente coletam pólen nas flores do maracujazeiro, e grande número de campeiras nos pomares pode tornar a cultura pouco atraente para as mamangavas, bem como afugentá-las das flores. Além de não serem capazes de polinizar as flores do maracujazeiro, as abelhas-domésticas impedem que a polinização aconteça. Quando a *A. mellifera* está presente nas flores, há a coleta de praticamente todo o pólen produzido antes mesmo de essas flores abrirem-se totalmente. Estudos demonstram que a taxa de frutificação do maracujá-amarelo está diretamente relacionada à presença de *Xylocopa* spp. e que altas frequências de *A. mellifera* levam à diminuição dessa taxa devido ao comportamento de pilhagem (Gaglianone & Hoffmann 2006).

(abaixo)

FIGURA 31: Macho e fêmea de abelha-carpinteira em flor de maracujá. Fotos: Breno Freitas e Cláudia Inês da Silva.



A presença dos polinizadores efetivos do maracujá-amarelo, *X.grisescens* e *X. frontalis*, não está relacionada apenas à localização dos ninhos, mas também a outros aspectos da ecologia da espécie, como atratividade das plantas, a disponibilidade de recursos e a competição entre espécies vegetais pelos polinizadores, o que demanda um manejo adequado do ambiente (Silva et al., 2012).

Segundo Camillo (2003), alguns procedimentos são necessários para a utilização de mamangavas na polinização do maracujá-amarelo:

- plantio de crotalaria, fornecendo flores alternativas para mamangavas na tentativa de mantê-las na área desejada, cuidando-se para que as floradas não sejam concomitantes;
- aplicação de produtos químicos, quando necessário, logo pela manhã;
- colocação de troncos de madeira preparados de modo apropriado para fornecer substratos para nidificação das abelhas dentro ou nas proximidades do cultivo de maracujá.

6.8. Mirtilo (*Vaccinium* spp.)

Aspectos gerais da cultura

O mirtilo é uma espécie de frutífera nativa dos Estados Unidos e Canadá (Santos & Raseira, 2002). Sua popularidade e interesse por parte de produtores e consumidores estão associados às suas excepcionais propriedades funcionais, que a tornaram conhecida como fruta da longevidade. Esses poderes devem-se especialmente ao alto conteúdo de antocianinas contidas nos pigmentos de cor azul-púrpura (Figura 32). Devido ao valor nutracêutico e por envolver consumidores de diversos níveis econômicos, a fruta atinge bons valores no mercado externo, representando uma boa alternativa para a cadeia produtiva de regiões ainda com pouca tradição na produção da fruta, como a América do Sul (Kalt et al., 1999; Hoffmann & Antunes, 2004; Raseira & Antunes, 2004).

O crescente interesse dos consumidores norte-americanos, europeus e asiáticos pela fruta tem pressionado os tradicionais produtores mundiais a aumentarem a sua oferta, surgindo novos países empreendedores, entre eles, o Chile, a Argentina e, mais recentemente, o Brasil (Raseira & Antunes, 2004). O interesse do produtor está nas

(abaixo)

FIGURA 32: Frutos de mirtilo.
Foto: Fernando Dias.



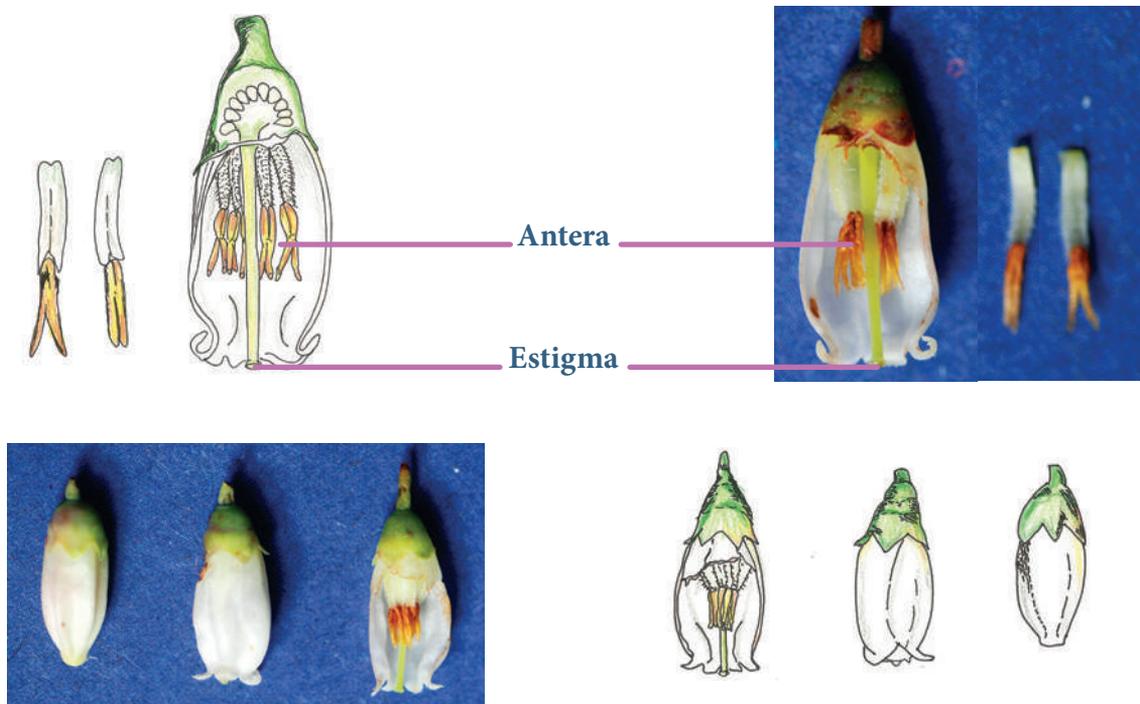
grandes potencialidades econômicas e na elevada rentabilidade que a fruta pode proporcionar. Esse interesse pelo mirtilo não é apenas brasileiro, pois trata-se de uma das frutas que mais cresce em consumo no mundo – em torno de 20% ao ano (Hoffman & Antunes, 2004).

No Brasil, os principais cultivares pertencem ao grupo Rabbiteye que se adaptam a regiões de pouco frio (cerca de 300 horas), e ao grupo Highbush, em regiões mais frias, que geralmente são as de maior altitude. Recentemente, também foram introduzidos os cultivares Misty e O'Neal do grupo Southern Highbush, que são menos exigentes quanto às baixas temperaturas (Hoffmann & Antunes, 2004; Raseira & Antunes, 2004).

Polinização

As flores do mirtilo são perfeitas. A corola pode ter a forma de campânula, sino ou de urna. Apresentam de oito a dez estames na base da corola em torno de um estilo filiforme que se estende além das anteras e da abertura da corola. As anteras têm forma de tubos ocos, alongados com um poro na extremidade através do qual o pólen é liberado durante o período de receptividade do estigma. Quando a antera está deiscente, o pólen geralmente cai, saindo da flor sem que ocorra a polinização (Figura 33) (McGregor, 1976; Delaplane & Mayer, 2000; Raseira & Antunes, 2004).

(abaixo)
 FIGURA 33: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de mirtilo.
 Foto: Fernando Dias.
 Ilustração: Flávia P. Tirelli.



A polinização por insetos é essencial para a produção do mirtilo. Para produção comercial satisfatória, o mirtilo necessita que pelo menos 80% das flores frutifiquem. Dessa forma, insetos polinizadores são indispensáveis, uma vez que, devido a sua morfologia floral, o pólen liberado das anteras cai fora da flor e não sobre o estigma (Figura 33) (McGregor, 1976; Raseira & Antunes, 2004).

Polinizadores

As flores do mirtilo apresentam diversas características relacionadas à polinização por insetos, como fragrância, nectário na base da corola, período de receptividade do estigma e pólen pesado (McGregor, 1976). Uma avaliação do volume e da concentração de açúcares no néctar em flores de mirtilo dos cultivares Misty e O'Neal sugere que essas são polinizadas especialmente por abelhas (Sezerino, 2007). O néctar e o pólen do mirtilo são atrativos para as abelhas, embora alguns cultivares sejam mais atrativos que outros (Wood et al., 1967 apud McGregor, 1976). O vento exerce pouca influência sobre a polinização do mirtilo (Free, 1970; Sezerino, 2007).

As abelhas mais eficientes na polinização do mirtilo são aquelas que vibram os músculos do tórax (Willians, 2006), pois as anteras do mirtilo são poricidas (abrem-se através de poros). Esse processo é chamado de polinização por vibração (Nunes-Silva et al., 2010).

Na América do Norte, apesar de as abelhas mamangavas (*Bombus*) e espécies de abelhas solitárias (p.ex., *Habropoda laboriosa*, *Anthophora pilipes* e *Osmia ribifloris*) serem mais eficientes e/ou mais frequentes nas plantações de mirtilo, ainda é utilizada a abelha *A. mellifera* para polinização da cultura (Cane & Pane, 1990; Willians, 2006; Sampson & Cane, 2000; Isaacs & Kirk, 2010). Embora menos eficientes, as colônias de *A. mellifera* apresentam maior quantidade de indivíduos e seu aluguel é mais barato do que o das colônias de *Bombus*. Estudos recomendam a introdução de uma ou duas colônias de *A. mellifera* por hectare quando 5% das flores estiverem abertas (Pennstate, 2013).

No Brasil, várias espécies de abelhas visitam flores de mirtilo. Espécies de *Bombus*, *Plebeia* spp., Halictidae e *A. mellifera* são mencionadas como potenciais polinizadoras da cultura (Sezerino, 2007; Sezerino, 2010). Em um estudo realizado no Rio Grande do Sul, verificou-se que os visitantes florais de mirtilo foram as abelhas *Bombus pauloensis*, *B. morio*, *Xylocopa hirsutissima*, *X. subciana*, *A. mellifera*, *T. spinipes* (Figura 34) e as vespas *Bachygastra lecheguana* e *Polybia* sp. Enquanto 55,5% de pólen do corpo das mamangavas (*Bombus*) eram de mirtilo, somente 14,3% do pólen da corbícula de *A. mellifera* eram dessa cultura (Silveira, 2008; Silveira et al., 2011). Assim, esse dado, aliado ao comportamento de vibração realizado para a retirada do pólen, torna as abelhas do gênero *Bombus* os mais eficientes polinizadores das flores de mirtilo no sul do Brasil, tendo a *A. mellifera* um papel de polinizador complementar (Silveira et al., 2011).

Apesar de o grupo “Highbush” ser autofértil, a polinização cruzada favorece a obtenção de frutos de maior tamanho. No caso do mirtilo do grupo “Rabbiteye”, há, em geral, algum grau de incompatibilidade. Dessa forma, é aconselhável o plantio de pelo menos dois cultivares para polinização cruzada. A visita das abelhas nas flores é importante para o transporte de pólen para os estigmas receptivos, mesmo em variedades autoférteis. Assim, todos os tipos de mirtilo beneficiam-se da polinização cruzada realizada pelas abelhas, a qual promove elevado número de sementes por fruto, aumentando o seu tamanho e velocidade

de amadurecimento (Delaplane & Mayer, 2000; Raseira & Antunes, 2004). Os frutos obtidos de autopolinização são menores e apresentam maturação mais tardia do que os frutos obtidos através de polinização cruzada. Além disso, algumas plantas são quase completamente estéreis ao seu próprio pólen (Covile, 1921 apud Free, 1970).

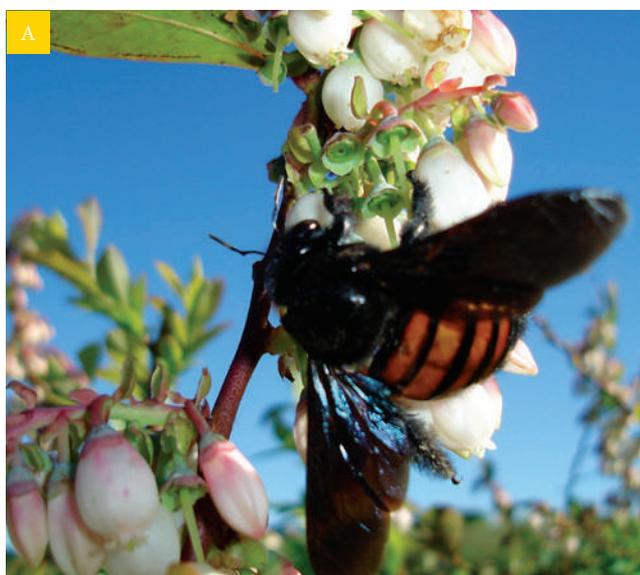
Outros estudos enfatizam a importância da polinização na frutificação dos cultivares Misty e O'Neal. Verificou-se a ocorrência de autopolinização em ambos cultivares, porém inadequada para cultivo e produção comercial, devido a uma menor taxa de frutificação quando comparada aos testes de polinização livre (com a presença de insetos) e polinização cruzada manual (Sezerino, 2007).

A conservação de áreas naturais no entorno dos pomares são fundamentais para a manutenção de polinizadores nativos nas áreas de produção.

(abaixo)

FIGURA 34: Visitantes florais de flores de mirtilo: A) e B) abelhas-carpinteiras (*Xylocopa* sp.); C) abelha melífera (*A. mellifera*); D) irapuá (*Trigona spinipes*).

Fotos: Tiago Silveira e Fernando Dias.



6.9. Soja (*Glycine Max* (L.) Merrill)

Aspectos gerais da cultura

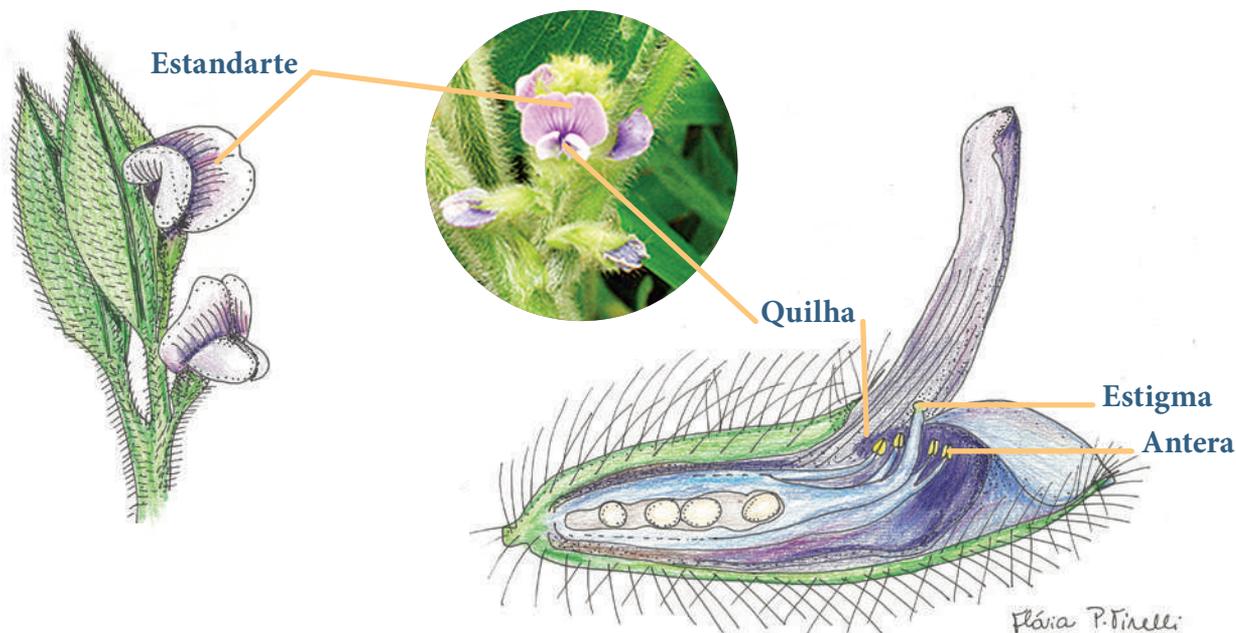
A soja que cultivamos hoje é muito diferente dos seus ancestrais, ou seja, plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia. Entre as leguminosas produtoras de grãos, a soja é a mais importante em termos de produção mundial e de comércio internacional (Lange, 2008). É a segunda oleaginosa mais importante depois do dendê e corresponde atualmente por 30% do óleo vegetal produzido no mundo (http://www.cnpso.embrapa.br/download/ct74_eletronica.pdf). Além do seu uso direto ou em forma processada na alimentação humana e animal, a soja vem sendo empregada na síntese de diversos produtos como, por exemplo, o biodiesel. Ela é rica em proteínas e fonte de minerais. Pesquisas têm demonstrado que as isoflavonas da soja reduzem os riscos de alguns tipos de câncer e aliviam dos sintomas da menopausa (Lange, 2008).

Polinização

As flores da soja possuem coloração branca, púrpura ou roxa e se desenvolvem em inflorescências chamadas racemos. Cada flor apresenta cinco pétalas. A pétala maior é denominada estandarte, e as outras duas, localizadas lateralmente, são as asas. As duas pétalas anteriores são denominadas quilhas, e são elas que envolvem e protegem os órgãos sexuais masculinos (dez estames) e feminino (um estilo) da planta (Figura 35) (Free, 1993; Delaplane & Mayer 2000). O ovário

(abaixo)

FIGURA 35: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de soja. Foto: Annelise de Souza Rosa. Ilustração: Flávia P. Tirelli.



contém de três a cinco óvulos e, após a sua fecundação, eles transformam-se no legume (vagem), o qual poderá conter de uma a cinco sementes. A soja é uma espécie essencialmente autógama, ou seja, é uma planta capaz de se autopolinizar, com taxa de polinização cruzada inferior a 1% (Free, 1993). Por ser considerada uma espécie de autopolinização, existem várias discussões com relação à contribuição de polinizadores na produtividade da cultura.

Polinizadores

As flores de soja apresentam alterações em diferentes tratamentos de polinização a exemplo de um aumento no período de antese e no índice de abortos na ausência de polinizadores (Chiari et al., 2005). Observa-se em vários estudos que os percentuais de incremento na produção de grãos em consequência da polinização varia entre os cultivares. Em experimentos realizados com o cultivar Conquista em Minas Gerais, verificou-se que as plantas disponíveis à visitação dos insetos apresentaram maior produção de sementes viáveis em relação às plantas com exclusão de insetos (Ribeiro & Couto, 2002). No Paraná, estudos realizados com a variedade “BRS 133” demonstraram que o número de vagens no tratamento com visita de abelhas foi 61,38% maior do que o tratamento sem abelhas (Chiari et al., 2005ab). Benefícios na produção de grãos de soja com um acréscimo de 37,84% e 44,45% na presença de abelhas polinizadoras também foram registrados por Chiari et al. (2008) e Toledo et al. (2011), respectivamente. Milfont et al. (2010) constataram aumentos de 4,3% no número de vagens produzidas, 17,7% na quantidade de vagens com três sementes e 12,9% na produção de grãos em áreas com introdução das abelhas melíferas. De acordo com Chiari et al. (2005ab), a produção de sementes em áreas com a introdução de *A. mellifera* e livre visita de insetos foi maior, 50,64% e 57,73% respectivamente, do que nas áreas sem interferência de insetos polinizadores. Dessa maneira, os vários estudos mostram também o impacto positivo da presença da *A. mellifera* na polinização e incremento da produtividade da cultura. Os mesmos estudos indicaram ser essa espécie o inseto mais frequente nas flores nos diversos cultivares avaliados (Ribeiro & Couto, 2002; Rosa et al., 2005; Chiari et al., 2005ab) (Figura 36). Segundo Milfont et al. (2012), polinizadores nativos também elevam os rendimentos da cultura, e a introdução de colônias de *A. mellifera* reduziu o déficit de polinização, promovendo melhora nos rendimentos quando comparados às práticas atuais.

A influência de insetos polinizadores na polinização da soja não é considerada relevante pelos agricultores (Freitas & Nunes-Silva, 2012). Isso é devido à autopolinização das flores, bem como ao intenso uso de defensivos agrícolas. Esses produtos impedem o estabelecimento de populações de polinizadores nas áreas de cultivo, as quais poderiam causar um incremento na produtividade das lavouras. Assim, a soja é uma cultura de importante valor econômico e, apesar de comprovadamente aumentar seus níveis de produtividade quando adequadamente polinizada por insetos, não se tem beneficiado dos serviços de polinização. De acordo com uma simulação realizada por Giannini et al. (no prelo) utilizando dados de produção estimada pelo IBGE para a cultura da soja, o valor econômico estimado do serviço de polinização por insetos para essa cultura foi de aproximadamente 12,5 milhões de reais, apesar da pouca dependência de polinizadores (Klein et al., 2007; Gallai et al., 2009).



(à esquerda)
FIGURA 36: Abelha melífera
em flor de soja.
Foto: Fernando Dias.



7. Culturas agrícolas cultivadas em ambiente protegido e sua relação com polinizadores

O cultivo protegido ou de estufa tem crescido devido às vantagens que proporciona. Um dos benefícios é a proteção das plantas, principalmente com relação às adversidades meteorológicas, como geadas, granizos, chuva, vento e alta intensidade de radiação. Ele também reduz custos com fertilizantes e defensivos, oferecendo maior praticidade no controle de pragas e doenças. Essa proteção tende a proporcionar maior produtividade e qualidade dos frutos, sendo que, na maioria das vezes, o cultivo em estufas apresenta maior produção quando comparado ao cultivo em campo. Esse método permite a extensão do período de cultivo, podendo-se colocar o produto no mercado em épocas de menor oferta para conseguir melhores preços (Figueiredo, 2011; Ishikava, 2011).

Porém, existem também desvantagens no cultivo de estufa, visto que a estrutura da casa de vegetação exerce uma barreira física que impede o movimento do ar. Assim, tanto a temperatura como a umidade relativa do ar no período do dia se tornam mais elevadas do que as observadas na parte externa, o que é uma vantagem durante o inverno, mas pode tornar-se um problema durante o verão. Além disso, a redução da movimentação das massas de ar dificulta a ocorrência de autopolinização e limita a visita dos insetos polinizadores nesses ambientes.

Nesse sentido, a introdução de agentes polinizadores tem sido recomendada para assegurar níveis adequados de polinização das culturas. O uso da polinização por insetos em plantas com cultivo protegido está ligado a dois fatores: a necessidade de um método de isolamento de plantas específicas para a produção de sementes não contaminadas, na tentativa de avaliar se certas espécies poderiam

umentar a sua produção de sementes e frutos pela visitação por insetos; e a possibilidade de se cultivarem certas plantas sob um ambiente aquecido artificialmente (Free, 1993). Fatores como a área disponível para forrageamento, umidade relativa do ar, temperatura e luminosidade podem afetar o comportamento de forrageamento das abelhas quando utilizadas como polinizadoras em casa de vegetação, dependendo também da espécie vegetal cultivada e da espécie de abelha utilizada. Portanto, na utilização de polinizadoras em cultivos protegidos, deve-se considerar o efeito do ambiente sobre a relação abelha-flor (Slaa et al., 2000; Cruz et al., 2004; Venturieri et al., 2010).

Em vários países, é comum a prática do uso da abelha-doméstica (*A. mellifera*) para polinização, confinada em estufas ou em áreas especiais (Jay, 1986; Dag e Eisikowitch, 1995). No entanto, a utilização dessa espécie de abelha em condições de cultivo protegido apresenta alguns problemas, visto que, de forma geral, essas abelhas não se adaptam ao ambiente fechado. Além disso, há a dificuldade de realizar os tratos culturais em virtude das ferroadas desses insetos, o que ocasiona transtornos para os produtores, que geralmente necessitam utilizar equipamento de proteção (Freitas, 1998; Dag e Kammer, 2001). Uma opção para esse problema tem sido evitar o uso de *A. mellifera* em cultivos protegidos e fazer uso da polinização manual, com operários transferindo pólen das anteras para os estigmas de flores da cultura (Free, 1993). Porém, essa prática aumenta os custos de produção e nem sempre seu emprego é economicamente viável (Allsopp et al., 2008).

Como alternativa, existe a possibilidade de introdução de outros agentes polinizadores nas casas de vegetação, os quais possam adaptar-se às condições de cultivo protegido (Free, 1993). Uma alternativa no Brasil são os meliponíneos ou abelhas-sem-ferrão, que apresentam grande potencial. No entanto, as várias espécies de abelhas normalmente possuem dificuldades para se adaptarem a ambientes fechados, e, nessas condições, gastam a maior parte do seu tempo tentando escapar da casa de vegetação, abandonando suas colônias e morrendo em seguida (Cruz et al.; 2004; Nunes-Silva et al., 2012). As abelhas talvez apresentem esse comportamento devido à temperatura elevada e à desorientação provocada pelo ambiente fechado (Free, 1993). O material do qual a casa de vegetação é feita, como vidro, plástico ou tela, também desempenha papel relevante, devido às diferentes permeabilidades para a luz ultravioleta usada pelas abelhas na sua orientação (Von Frisch, 1967; Morandin et al., 2002). Os meliponíneos de uma forma geral aceitam e se adaptam em ambientes fechados, porém, o período de adaptação das várias espécies pode variar muito. Experimentos realizados no México com colônias de espécies de abelhas-sem-ferrão, colocadas pela primeira vez em estufa, mostraram que, nas colônias de *Nannotrigona perilampoides*, as forrageadoras levaram oito semanas para iniciar a atividade de coleta de modo constante (Macias et al., 2001). Já em experimentos realizados no Brasil, verificou-se uma ampla variação no período de tempo necessário para o início do forrageamento, tanto entre as espécies, quanto entre colônias de uma mesma espécie: entre as colônias de *Tetragonisca angustula* esse período variou de um dia a três semanas, enquanto para *T. spinipes* foi de apenas quatro horas (Malagodi-Braga e Kleinert, 2002). Essa variação também já foi observada nas colônias de *Melipona quadrifasciata* em casas de vegetação de produção de tomates (Nunes-Silva et al., 2012).

A seguir, será discutida a polinização em algumas culturas cujo cultivo pode ocorrer em ambiente protegido.

7.1. Berinjela (*Solanum melongena* L.)

Aspectos gerais da cultura

Acredita-se que a berinjela seja originária da Índia. Foi introduzida na dieta brasileira por emigrantes árabes (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>). Trata-se de uma cultura de grande importância econômica e que se encontra em fase de expansão em muitos países do mundo, principalmente pelas propriedades medicinais atribuídas a seus frutos, na diminuição dos níveis de colesterol e pressão arterial (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>; Montemor & Malerbo Souza, 2009).

Polinização

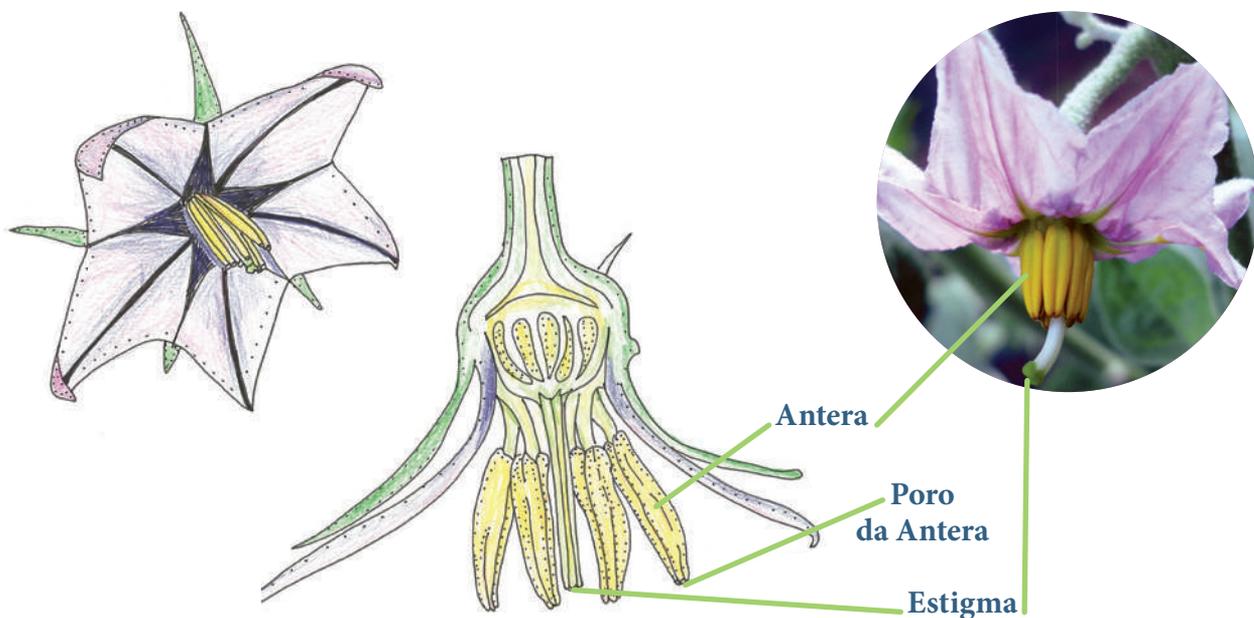
A berinjela pertence à família Solanaceae, assim como o tomate, pimenta, pimentão, batata e jiló. As flores são hermafroditas, podendo ocorrer individualmente ou em grupos de duas até cinco. Essas flores possuem coloração violácea, rosa ou branca, com cinco a sete estames (cujas anteras formam um cone ao redor do estilete e se abrem por um poro terminal) e estilete simples com estigma lobado (Figura 37) (Free, 1993; Kowalska, 2008).

A abertura das anteras através de um poro terminal restringe a obtenção de pólen pelos visitantes. Ao contrário de muitas anteras nas

(abaixo)

FIGURA 37: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de berinjela.

Foto: Patrícia Nunes-Silva.
Ilustração: Flávia P. Tirelli.



Flávia P. Tirelli

(abaixo)
 FIGURA 38: Mamangavas (*Bombus morio*) visitando flor de berinjela.
 Fotos: Betina Blochtein.



quais o pólen é amplamente disponível, podendo ser coletado pelos visitantes utilizando as pernas ou aparelhos bucais, nesse caso o pólen está contido no seu interior, não sendo possível sua obtenção da mesma maneira que em outras flores. Para retirar o pólen, é necessário que o visitante vibre as anteras. Essa vibração causa a expulsão do pólen para o exterior através dos poros. Durante o processo, o pólen é depositado nos estigmas das flores. Esse tipo de polinização é chamado de polinização por vibração (Nunes-Silva et al., 2010).

A berinjela reproduz-se preferencialmente por autofecundação. O percentual de polinização cruzada natural varia com o cultivar e com outros fatores ambientais, com média estimada em 6 a 7%, podendo, no entanto, chegar próximo a 50%. A taxa de polinização cruzada aumenta em locais onde ocorrem populações de insetos polinizadores, como a mamangava (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>).

Polinizadores

Há controvérsias em relação à necessidade de polinizadores para a produção de frutos de berinjela e da eficiência de determinadas espécies de abelhas como polinizadoras dessa cultura, pois há variação na autocompatibilidade dos diferentes cultivares existentes e muitos são altamente autocompatíveis (Kowalska, 2008). No entanto, muitos estudos têm mostrado que a polinização por abelhas aumenta o número de frutos produzidos, o peso e o número de sementes desses frutos em relação às flores não visitadas e à vibração manual (Amoako & Yeboah-Gyan, 1991; Abak et al. 1995, 2000; Kowalska, 2008; Gemmill-Herren & Ochieng 2008; Venturieri et al., 2009; Montemor & Malerbo-Souza, 2009; Nunes-Silva et al., 2013).

As abelhas que realizam a polinização eficiente da berinjela são aquelas que fazem vibração do tórax para retirar o pólen da flor. Apesar de as abelhas *A. mellifera* serem importantes polinizadoras de muitas culturas, é consenso entre os pesquisadores sua ineficiência como polinizadoras de muitas espécies de solanáceas, pelo fato de não realizarem polinização por vibração (Nunes-Silva et al., 2010).

No exterior do país já foram testadas algumas espécies de *Bombus* (Figura 38), como a *Bombus terrestris* (Abak et al., 1995; 2000), comprovando que são eficientes. A visita feita por essa espécie aumentou o número de frutos colhidos em 1 m² em 22%, e o número de sementes, em 62%, em relação às flores não visitadas em casas de vegetação na Turquia (Abak et al., 1995). O uso de *B. terrestris* também é mais eficiente que a vibração manual, gerando 25% mais frutos, os quais são 14% mais pesados (Abak et al., 2000).

No Brasil, um recente estudo comprovou que *Melipona fasciculata* pode ser utilizada com sucesso para a polinização de berinjela

(Figura 39) (Nunes-Silva et al., 2013). A visita dessa abelha aumentou a quantidade de frutos produzidos em 29,5% quando comparada à produção sem visitas às flores (Nunes-Silva et al., 2013). Além disso, também houve aumento no peso dos frutos produzidos pela polinização de *M. fasciculata* em relação aos frutos produzidos por autopolinização (Nunes-Silva et al., 2013). A polinização por *M. fasciculata* quase dobrou o peso dos frutos produzidos (Nunes-Silva et al., 2013).

As flores de berinjela permanecem abertas por quatro dias recebendo a visita de insetos, especialmente nos três primeiros dias. Várias espécies de abelhas visitam as flores de berinjela unicamente para coleta de pólen. Entretanto, pela sua frequência, constância e comportamento vibratório para coleta, as espécies *Exomalopsis* sp., *Pseudaglocloropsis graminea* e *Bombus pauloensis* foram consideradas importantes agentes polinizadoras da cultura (Montemor & Malerbo Souza, 2009). Esses estudos comprovam a importância da presença das diversas espécies de abelhas nas flores, podendo aumentar em 50% a produção de frutos da berinjela (Montemor & Malerbo Souza, 2009).

(abaixo)

FIGURA 39: Abelha-sem-ferrão (*Melipona fasciculata*) em flor de berinjela.

Foto: Patrícia Nunes-Silva.



7.2. Morango (*Fragaria x ananassa* Duch.)

Aspectos gerais da cultura

O morango, hoje cultivado em larga escala, originou-se do cruzamento natural das espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloenses*, oriundas respectivamente da América do Norte e Chile. É cultivado na maioria dos países de clima temperado em alguns de clima subtropical. Pode ser consumido *in natura* ou utilizado para a elaboração de sobremesas, sucos, compotas, geleias e sorvetes. Do ponto de vista nutricional, o morango é valorizado por seu baixo valor calórico e alto percentual de vitamina C, potássio, fibras e antocianinas (Schwartz & Barbieri, 2008). A cultura do morangueiro tem um caráter eminentemente social, pois absorve um elevado contingente de mão de obra em praticamente todas as operações e caracteriza-se como uma cultura própria da agricultura familiar (Resende et al., 1999; Pagot & Hoffmann, 2003).

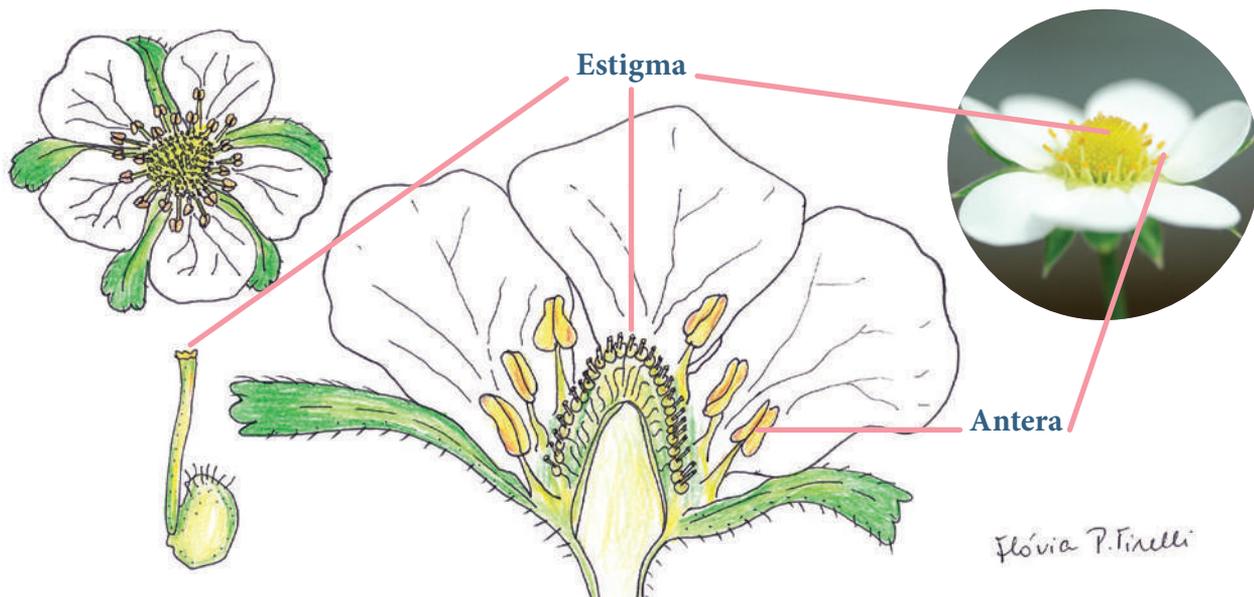
Transformações técnicas significativas aconteceram ao longo dos anos na cultura do morango do Rio Grande do Sul. Atualmente, aproximadamente 85% do plantio com destino ao mercado *in natura* são cultivados em sistema protegido, em túneis plásticos baixos e também em túneis plásticos altos, com solo coberto com lona preta e irrigação por gotejamento. Mais recentemente surgiu o cultivo de morango protegido em prateleira com ferti-irrigação (Pagot & Hoffmann, 2003).

(abaixo)

FIGURA 40: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de morangueiro.
Foto: Sidia Witter.
Ilustração: Flávia P. Tirelli.

Polinização

As flores dos cultivares comerciais do morangueiro são bissexuais (hermafroditas) e autoférteis. São brancas e em forma de prato, com cerca de 20 a 35 estames e de 50 a 500 pistilos (Figura 40) (Jaycox, 1970).



O morangueiro produz flores com diferentes potenciais de frutificação de acordo com o número de pistilos que possui. Isso depende, por sua vez, da sua posição na hierarquia floral. As flores estão agrupadas em inflorescências e geralmente os cultivares utilizados possuem um eixo primário, dois secundários, quatro terciários e oito quaternários. Cada eixo leva em seu extremo uma flor. A primeira flor da inflorescência possui um número maior de pistilos e é denominada primária. O número de pistilos vai diminuindo sucessivamente nas flores dos eixos secundários, terciários e quaternários, bem como o tamanho dos frutos resultantes dessas flores, pois o tamanho do fruto é proporcional ao número de pistilos (Crane & Walker, 1984).

Vários são os agentes que promovem a autopolinização: a gravidade, que faz alguns grãos de pólen caírem sobre os estigmas; e o vento, que transporta o pólen até o estigma da própria flor. No entanto, somente os insetos são capazes de transportar o pólen entre diferentes plantas, promovendo a polinização cruzada (Jaycox, 1970; Zebrowska, 1998). A taxa de polinização dos aquênios raramente supera 60% se não houver transporte de pólen pelos insetos (Pion et al. apud Chagnon et al., 1993). Vários estudos têm mostrado que a produção de morangueiro tem alta correlação com a polinização. Os morangos resultam do desenvolvimento do receptáculo da flor, e não há crescimento do morango sem que o óvulo contido nos pistilos tenha sido fertilizado (Nitsch, 1950; Malagodi-Braga, 2002). Mas, para que os óvulos sejam fertilizados, é necessário que antes ocorra polinização. A fertilização de apenas parte dos óvulos resulta em morangos com diferentes padrões de deformação, enquanto flores completamente fertilizadas produzem frutos bem formados, sendo seu peso proporcional ao número de óvulos fecundados (Figura 41) (Chagnon et al., 1989). A parte do morango considerada pelos leigos como semente constitui o verdadeiro fruto, botanicamente denominados de aquênios. O receptáculo desses frutos é a polpa comestível (Resende et al., 1999).

(abaixo)

FIGURA 41: Morangos do cultivar Aromas com diferentes níveis de deformação (2, 3, 4, 5) devido à deficiência de polinização.

Foto: Fernando Dias.

Aromas



1

2

3

4

5

Polinizadores

As abelhas-domésticas (*A. mellifera*) são manejadas para polinização de flores de morango em diversos países de clima temperado. Abelhas silvestres (*Osmia* spp.; *Halictus* spp.; *Andrena* spp.) e certos dípteros (*Eristalis* spp.) são frequentemente abundantes em flores de morangueiro (Free, 1993).

O morangueiro geralmente produz boa colheita em áreas abertas, mas não sob cultivo fechado (estufa), devido à ausência de insetos polinizadores. Estudos utilizando abelhas sociais nativas sem ferrão (Meliponini) em morango cultivado em estufas foram realizados com sucesso utilizando-se irai (*N. testaceicornis*) no Japão (Maeta et al. 1992), jataí (*T. angustula*) em São Paulo (Malagodi-Braga, 2002; Malagodi-Braga & Kleinert, 2004) e jataí (*Tetragonisca fiebrigi*) (Figura 42) e mirim (*Plebeia nigriceps*) (Figura 43) no Rio Grande do Sul (Antunes et al., 2007; Witter et al. 2012).

No estudo realizado em São Paulo, os pesquisadores verificaram que, em uma estufa com aproximadamente 1.500 plantas de morango, uma colônia de jataí foi adequada à polinização de flores primárias para a produção de frutos do cultivar Oso Grande (Malagodi-Braga, 2002). A contribuição no peso e formato dos frutos demonstra que essas abelhas são efetivas na polinização e podem promover um aumento significativo na produção da cultura (Malagodi-Braga & Kleinert, 2004), provavelmente porque os estames encontram-se distantes dos pistilos (Malagodi-Braga, 2002). Com relação à taxa de frutificação, para o cultivar Oso Grande, a autopolinização espontânea foi responsável pelo desenvolvimento de 24% dos aquênios. O vento elevou esse valor para 59%, e a polinização por insetos, para 91% (Malagodi-

(abaixo)

FIGURA 42: A) jataí (*T. fiebrigi*), polinizador eficiente para cultura de morango em ambiente protegido;

B) colmeia racional de jataí em ambiente protegido para polinização de flores de morangueiro.

Fotos: Bernadete Radin e Fernando Dias.



-Braga, 2002). A contribuição dos insetos é maior para os cultivares cujos estames apresentam altura inferior ao receptáculo floral e menor naqueles com estames mais altos (Connor & Martin, 1973).

Além de influenciar a quantidade de frutos produzidos, a polinização contribui para a formação de frutos perfeitos, como citado. No morangueiro, o formato dos frutos, quando não danificados por pragas, doenças ou ação mecânica, depende do modo como ocorre a distribuição do pólen entre os estigmas. As elevadas porcentagens de frutos deformados obtidos em tratamentos de autopolinização espontânea e de polinização pelo vento revelam que os agentes envolvidos nesses tipos de polinização não foram capazes de distribuir homogêneo o pólen entre os estigmas das flores. Assim, a importância dos insetos na polinização de flores dos cultivares Oso Grande e Sweet Charlie é grande. É importante que o produtor avalie os níveis de polinização em sua cultura, monitorando a presença de pistilos com coloração clara e amarelada, fato que indica que eles não foram polinizados (Malagodi-Braga, 2002). No Rio Grande do Sul os testes com a introdução de colmeias de jataí em cultivo de morango em ambiente protegido indicaram um aumento na produtividade das cultivares Oso Grande, Tudla, Chandler, Camarosa (Antunes et al., 2007; Witter et al., 2006).

(abaixo)

FIGURA 43: A) operárias de *P. nigriceps* em flores de morango cultivado em ambiente protegido; B) ninho de *P. nigriceps* em colmeia racional.

Fotos: Sidia Witter e Fernando Dias.



Outra espécie de Meliponini promissora para polinização de morango cultivado em ambiente protegido é a *Plebeia nigriceps*. Verificou-se que os tratamentos com livre visita de insetos e naqueles só com visitas de *P. nigriceps* apresentaram maiores peso de frutos e menor percentual de deformação nos cultivares Aromas e Diamante em relação aos testes de autopolinização (Figura 43). Entretanto, sugerem-se mais estudos a fim de estabelecer protocolos para adequação do número de colmeias para o número de plantas. Já nos testes com o cultivar Cegnidaren, não houve diferença entre os tratamentos com relação ao peso de frutos e pouca variação no percentual de frutos deformados (Witter et al., 2012).

Um estudo avaliou o efeito do comportamento de *A. mellifera*, *T. spinipes* e *Dialictus* sp. na polinização de flores primárias e produção de morangos dos cultivares Oso Grande e Sweet Charlie (Malagodi-Braga & Kleinert, 2007). *T. spinipes* pode ser considerada uma polinizadora tão eficiente quanto a *A. mellifera* para as flores de Oso Grande, pois ambas polinizam de forma mais adequada os pistilos da região apical das flores. *Dialictus* sp. permaneceu mais tempo junto aos estames e polinizou mais adequadamente os pistilos da região lateral das flores. Dessa forma, os comportamentos dessas três espécies de abelhas podem ser complementares na polinização natural do cultivar Oso Grande, o que pode levar os frutos ao seu potencial máximo de desenvolvimento. Sugere-se que o produtor de morango não elimine os ninhos *T. spinipes* das proximidades, maneje as floradas do entorno e mantenha faixas de vegetação naturais próximas à cultura, visando obter uma maior variedade de espécies de abelhas, garantindo, assim, uma melhora na polinização e, conseqüentemente, na produção de frutos (Malagodi-Braga & Kleinert, 2007).

7.3. Pimentão (*Capsicum annuum* L.)

Aspectos gerais da cultura

O pimentão é um fruto originário do sul do México e América Central, pertencente à família das Solanáceas, como a batata, o tomate, o jiló, a berinjela e as pimentas. É uma das hortaliças mais ricas em vitamina C e, quando maduro, é excelente fonte de vitamina A. Também é fonte de cálcio, fósforo e ferro, possuindo poucas calorias (<http://www.cnph.embrapa.br>).

Embora possa ser cultivado a campo, ele é produzido também em estufas, onde o ciclo é ampliado e a produtividade é aumentada (alcançando 180 t/ha) (<http://www.cnph.embrapa.br>).

O interesse na polinização do pimentão tem aumentado mais recentemente devido à necessidade de adequar os níveis de polinização nos ambientes de estufa.

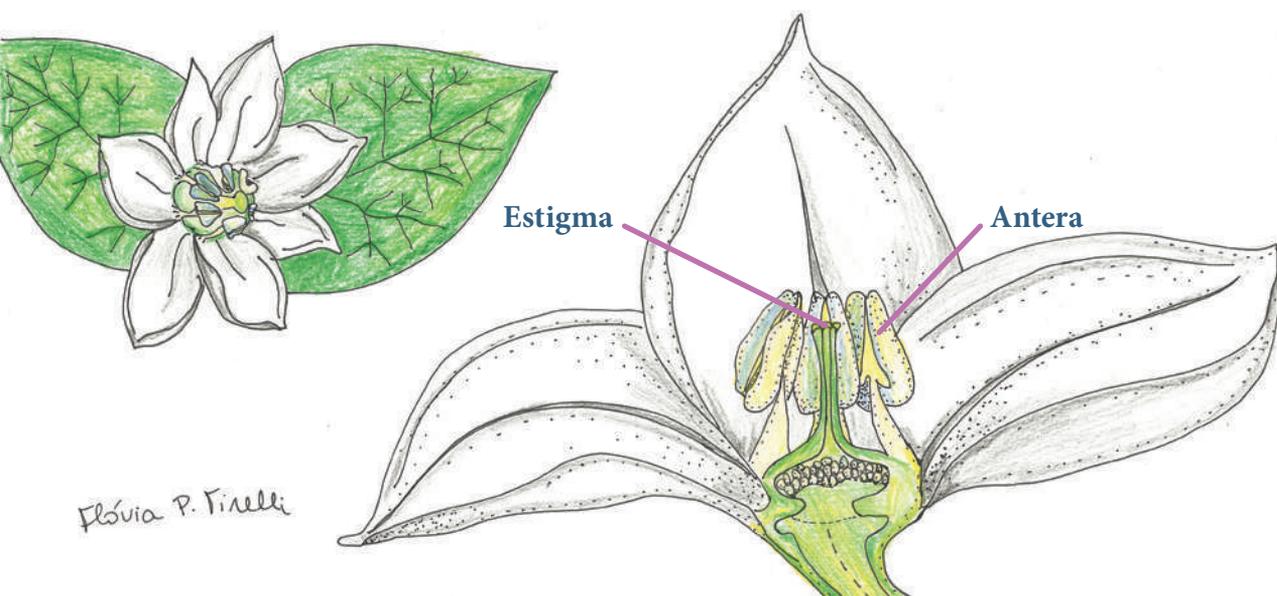
Polinização

O pimentão é uma planta herbácea cujas flores são brancas, solitárias, autógamas, hermafroditas e capazes de se autopolinizarem. As flores apresentam cinco ou seis estames de cor amarela dispostos ao redor do pistilo e um estigma na mesma altura ou acima dos estames (Figura 44). A abertura das flores ocorre no início da manhã, quando se inicia também a liberação do pólen, que segue em aumento progressivo, de forma que, às 12h, 100% das flores já o liberaram. Portanto, é no período da manhã que o pólen está disponível para os polinizadores, estando também o estigma já receptivo. Embora as flores sejam autopolinizáveis, a taxa de polinização cruzada do pimentão pode chegar a 75% (Silva et al, 2005; Free, 1993; Delaplane & Mayer, 2000).

(abaixo)

FIGURA 44: Desenho esquemático mostrando as partes da flor de pimentão.

Ilustração: Flávia P. Tirelli.



Polinizadores

Várias espécies de abelhas já foram observadas visitando flores de pimentão. Abelhas do gênero *Exomalopsis* e da subfamília Halictinae são consideradas eficientes polinizadores da cultura. *A. mellifera* e *Tetragonisca angustula* também são boas polinizadoras. Entretanto, enquanto as abelhas do gênero *Exomalopsis* contribuíram com mais da metade do número de visitas, a frequência de *A. mellifera* nas flores foi somente 9,2%. *Tetragonisca angustula* também apresentou baixa frequência nas flores de pimentão. Alguns estudos mostram que as abelhas são facilmente desviadas das flores de pimentão na presença de floradas mais atrativas (Faria Junior et al., 2008 Delaplane & Mayer, 2000).

Estudos têm analisado o potencial de algumas espécies de abelhas-sem-ferrão na polinização do pimentão. Um desses estudos comparou a eficiência de *Melipona subnitida* com tratamentos de polinização cruzada manual, autopolinização manual e sem interferência de insetos em flores de pimentão cultivado em ambiente protegido. Os resultados mostraram que a cultura beneficia-se da polinização realizada por *M. subnitida*, produzindo frutos significativamente mais pesados e mais largos, com um número maior de sementes e de melhor qualidade (baixo percentual de frutos deformados), quando comparada com a cultura autopolinizada. Portanto, *M. subnitida* pode ser considerada uma polinizadora eficiente de pimentão em casa de vegetação (Cruz et al., 2005).

Experimentos com operárias de *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris* demonstraram que essas espécies adaptam-se ao confinamento em casa de vegetação, favorecendo a produção de frutos de pimentão (Roselino, 2005; Roselino et al., 2010) (Tabela 2). De acordo com esse estudo, os frutos de pimentões produzidos a partir da polinização realizada por abelhas, além de se tornarem mais pesados, maiores em comprimento e circunferência, desenvolveram maior número de sementes. Essas, por sua vez, foram mais pesadas que as sementes produzidas nas casas de vegetação com *M. scutellaris* e sem abelhas ou no canteiro aberto a todos os visitantes, indicando grande potencial polinizador de *M. quadrifasciata anthidioides* como polinizadora em cultivo protegido.

Dessa forma, de acordo com os vários estudos, apesar da autopolinização das flores de pimentão, a produção de frutos é em média maior nos tratamentos com polinização entomófila (Faria Junior et al., 2008).

(à direita)
TABELA 2: Média de peso (g) dos frutos de pimentão e total de sementes (n=100) produzidas em casa de vegetação no estudo realizado por Roselino (2005).

Tratamento de polinização	Peso dos frutos (g)	Total de sementes
<i>M. quadrifasciata anthidioides</i>	77,8	10,0
<i>M. scutellaris</i>	67,6	1,8
Controle (somente plantas)	64,7	1,7
Canteiro (aberta para insetos)	61,3	2,5

7.4. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Aspectos gerais da cultura

O tomate tem origem na região andina, sendo nativo do Equador, Colômbia, Peru, Bolívia e norte do Chile. É uma das hortaliças mais importantes por sua ampla adaptação, popularidade e por se constituir em um produto de alto valor nutritivo. Entre os atributos mais importantes relacionados à qualidade e ao consumo do tomate estão a aparência, sabor, aroma, textura e o valor nutricional, além da facilidade do seu preparo. A composição dos frutos varia de acordo com o cultivar, nutrição, condições de cultivo e com as condições ambientais nas quais foi produzido. O fruto fresco apresenta baixa caloria e é fonte de cálcio, potássio e vitamina C, além de rica fonte de carotenoides (Alvarenga, 2004).

Polinização

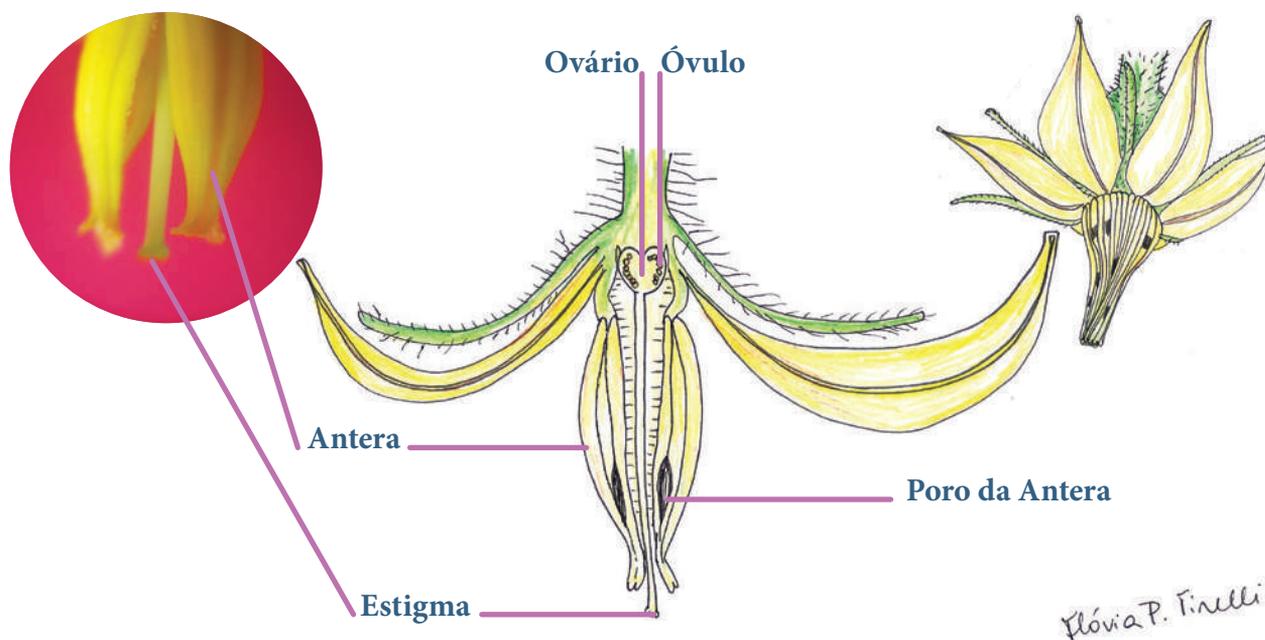
O tomate é uma planta herbácea perene, porém cultivada normalmente como anual. Alguns cultivares crescem como arbustos, enquanto outros possuem um único caule, que geralmente é tutorado. As flores são hermafroditas, autocompatíveis e crescem em inflorescências do tipo racemos ou cachos. São pequenas e amarelas, apresentando cinco ou mais sépalas, cinco ou mais pétalas e de cinco a seis estames, cujo número varia de três a onze ou mais. As anteras formam um cone, que também engloba o pistilo (parte feminina), possuindo uma abertura comum na ponta, por onde o pólen é liberado (Figura 45).

(abaixo)

FIGURA 45: Desenho esquemático mostrando as partes da flor do tomateiro.

Foto: Bernadete Radin.

Ilustração: Flávia P. Tirelli.



Em algumas cultivares, as anteras encobrem o estigma, assegurando a autopolinização. Contudo, em outras, particularmente em regiões tropicais, o estigma é mais longo que as anteras, o que permite algum nível de polinização cruzada (McGregor, 1976; Alvarenga, 2004). No entanto, a polinização depende da vibração das anteras para a liberação do pólen (Buchmann, 1983). Em condições de campo, as flores são vibradas e polinizadas pelo vento ou insetos (Free, 1993). A polinização das flores do tomate é dependente de fatores meteorológicos, que podem interferir na liberação, dispersão e viabilidade dos grãos de pólen (Silva et al., 2000).

Em estruturas de cultivo protegido fechadas totalmente com telas, há diminuição da velocidade de circulação do ar, impedimento da entrada de insetos polinizadores e aumento da temperatura, prejudicando a produção e qualidade dos frutos (Figura 46). A vibração das plantas na fase de florescimento pode aumentar o fornecimento de grãos de pólen para o estigma, proporcionando melhor fixação e qualidade dos frutos (Higuti et al., 2010). A vibração das plantas pode ser manual ou realizada artificialmente por aparelhos vibradores (Al-Attal et al., 2003; Kevan et al., 1991), porém, a vibração artificial despende grande quantidade de tempo, requer mão de obra e não é tão eficiente quanto a polinização por abelhas (Banda & Paxton, 1991; Velthuis & van Doorn, 2006; Palma et al., 2008; Hogendoorn et al., 2010).

(abaixo)
 FIGURA 46: Tomate cultivado em ambiente protegido.
 Foto: Bernadete Radin.



Polinizadores

Abelhas que exibem comportamento de vibração dos músculos das asas para agitar o pólen, promovendo a deposição desse sobre o estigma, são particularmente eficientes para polinização de flores com anteras poricidas, como o tomate (McGregor, 1976).

Em outros países, espécies de mamangavas (*Bombus* spp.) são utilizadas para a polinização de tomates (Velthuis & van Doorn, 2006). Nesses países, há produção comercial e em larga escala de ninhos de mamangavas (*Bombus* spp.) e venda para uso na polinização de tomateiros, gerando 12 milhões de euros em 2004 com 40 mil hectares de tomateiros polinizados (Velthuis & van Doorn, 2006). Várias espécies são cultivadas, mas as principais são a *B. terrestris*, na Europa, e a *B. impatiens*, no Canadá (Velthuis & van Doorn, 2006). Flores de tomate polinizadas por *Bombus* geram frutos com maior uniformidade (Kevan et al., 1991; Ikeda & Tadauchi, 1995), peso (Kevan et al., 1991; Palma et al., 2008; Nunes-Silva et al., 2013), número de sementes (Kevan et al., 1991; Ikeda & Tadauchi, 1995; Al-Attal et al., 2003; Palma et al., 2008; Nunes-Silva et al., 2013), teor de vitamina C (Ikeda & Tadauchi, 1995), além de aumentar o número de frutos vingados (Kevan et al., 1991; Al-Attal et al., 2003; Palma et al., 2008;

Nunes-Silva et al., 2013) em relação a outros métodos de polinização ou flores não visitadas (Tabela 3).

Polinizador	% frutos	Nº frutos/m ²	Kg/m ²	% produção
Sem polinização	60,1	169	11,3	0
Abelhas Domésticas	70,7	198	16,8	49
Vibração mecânica	88	202	18,3	62
Abelha Doméstica + vib. Mecânica	92,4	205	20,9	85
Mamangavas	94,9	207	24,3	115
Mamangavas + vib. mecânica	96,5	208	26,1	131

(à esquerda)

TABELA 3: Efetividade de mamangavas, abelhas-domésticas e vibração mecânica como polinizadores de flores de tomate em casa de vegetação. (Banda & Paxton, 1991 apud Delaplane & Mayer, 2000).

A utilização de *Bombus* na polinização de cultivos só se tornou uma realidade a partir do momento em que colônias começaram a ser produzidas em escala comercial por companhias interessadas em suprir a demanda do mercado. Tal produção só foi possível com o desenvolvimento de tecnologia apropriada, permitindo a disponibilidade de colônias em praticamente qualquer época do ano. As facilidades na aquisição e, em alguns países, na importação de colônias, resultaram na dispersão de algumas espécies – principalmente a *B. terrestris* – para muito além da sua região natural de ocorrência. Contudo, a introdução de uma espécie em um novo ambiente pode trazer severos efeitos negativos. No caso específico das abelhas, a competição pelos recursos florais com polinizadores nativos, competição por locais de nidificação, cointrodução de inimigos naturais, particularmente patógenos que podem infectar organismos nativos e disrupção da polinização de plantas nativas são algumas das consequências negativas que a introdução de uma espécie pode acarretar (Goulson, 2003; Dafni et al., 2010). Dessa forma, antes que a importação possa ocorrer, é preciso estudar as espécies nativas no Brasil, pois, seguramente, encontraremos entre elas polinizadores eficientes para muitas culturas (Figura 47).

Algumas pesquisas têm revelado vantagens na produção de tomates em estufa utilizando-se certas espécies de abelhas-sem-ferrão, como a iraiá (*Nannotrigona perilampoides*), a mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*) e a urucu cinzenta (*M. fasciculata*) (Cauich et al., 2004; Del Sarto et al., 2005; Palma et al., 2008; Bispo dos Santos, et al., 2009; Hikawa & Miyanaga, 2009; Venturieri et al., 2009). Meyrelles (2013) constatou que a polinização realizada por *Melipona quadrifasciata* incrementou a produção do tomate-cereja em cultivo protegido. Os frutos originados de flores visitadas por essas abelhas apresentaram maior peso, número e massa seca de sementes, maior comprimento e diâmetro vertical.

Espécies de abelhas do gênero *Melipona* (Figura 47) apresen-

(página à direita)

TABELA 4: Cultivos agrícolas e seus polinizadores. em condições de campo*; em ambiente protegido** (adaptado de Imperatriz-Fonseca et al., 2006; Slaa et al., 2006; Venturieri et al., 2012)

(abaixo)

FIGURA 47: Abelhas visitantes florais de flores de tomate que realizam polinização por vibração:

A) *B. pauloensis*; B) *Melipona quadrifasciata anthidioides*; C) Halictidae.

Fotos: Fernando Dias e Patrícia Nunes-Silva.

tam potencial para polinização de tomate cultivado em estufa, pois apresentam comportamento de vibração (Nunes-Silva et al., 2010), as colônias são perenes, podendo ser criadas e manejadas em caixas racionais (Nogueira-Neto, 1997). Atualmente, uma das dificuldades para a utilização das abelhas desse grupo na polinização de cultivos de importância agrícola é a pequena disponibilidade de colônias das três espécies de *Melipona* que ocorrem naturalmente no Estado.

A polinização das flores de tomateiro em ambiente aberto pode ser feita por abelhas da família Halictidae, gênero *Augochloropsis*, as quais são relatadas como polinizadores eficientes em situação de campo. Em um estudo realizado no Rio Grande do Sul, verificou-se que 93% dos visitantes florais de tomate pertenciam à família Halictidae, e que essas abelhas retiram o pólen das flores por vibração (Lopes et al., 2006; Figura 47).

De acordo com os vários estudos, na tabela a seguir estão relacionados alguns exemplos de culturas e seus polinizadores em condições de campo ou em ambiente protegido.



	<i>Apis mellifera</i>	Meliponíneos	Outras espécies de abelhas
*Abacate (<i>Persea americana</i>)		<i>Trigona nigra</i> , <i>Nannotrigona perilampoides</i> , <i>Geotrigona acapulconis</i> , <i>Trigona nigerrima</i> , <i>Partamona bilineata</i> , <i>Scaptotrigona pectoralis</i> , <i>Scaptotrigona mexicana</i> , <i>Trigona fulviventris</i> , <i>Plebeia frontalis</i>	
*Abóbora (<i>Curcubita mosbata</i>)			<i>Peponapis</i>
*Acerola (<i>Malpighia emarginata</i>)			<i>Centris</i> ; <i>Epicharis</i>
*Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>)	X		
*Café (<i>Coffea arabica</i>)	X	<i>Trigona (Lepidotrigona) terminata</i>	
*Caju (<i>Anacardium occidentale</i>)			<i>Centris tarsata</i>
*Canola (<i>Brassica napus</i>)	X		
*Carambola (<i>Averrhoa carambola</i>)		<i>Trigona thoracica</i>	
*Cebola (<i>Allium cepa</i>)	X		
*Chuchu (<i>Sechium edule</i>)		<i>Trigona corvina</i> e <i>Partamona Cupira</i>	
*Citros (<i>Citrus</i> spp.)	X		
*Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>)		<i>Trigona lúrida</i>	
*Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	X		
*Maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)			<i>Xylocopa frontalis</i> , <i>X. grisescens</i> , <i>X. augusti</i> , <i>X. ordinaria</i> , <i>X. suspecta</i>
*Manga (<i>Mangifera indica</i>)		<i>Trigona</i> spp.	
*Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)		<i>Trigona</i> spp.	
** Morango (<i>Fragaria x ananassa</i>)		<i>Plebeia tobagoensis</i> , <i>Trigona minangkabau</i> , <i>Nannotrigona testaceicornis</i> , <i>Tetragonisca angustula</i>	
**Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)		<i>Scaptotrigona</i> aff. <i>depilis</i> e <i>Nannotrigona perilampoides</i>	
**Pimentão (<i>Capsicum annum</i>)		<i>Melipona favosa</i> , <i>Trigona carbonaria</i> , <i>Melipona subnitida</i>	
**Sálvia (<i>Salvia farinaceae</i>)		<i>Nannotrigona perilampoides</i> e <i>Tetragonisca angustula</i>	
**Tomate (<i>Lycopersicon sculentum</i>)		<i>Melipona quadrifasciata</i> e <i>Nannotrigona perilampoides</i>	
*Urucum (<i>Bixa orellana</i>)		<i>Melipona. Melanoventer</i> e <i>Melipona fuliginosa</i>	



8. Paisagem agrícola e os polinizadores

O processo de conversão das terras para a produção agrícola tem causado um impacto dramaticamente negativo sobre a biodiversidade e os processos ecológicos. O desenvolvimento agrícola em um ambiente anteriormente natural tende a resultar em um mosaico heterogêneo de vários tipos de *habitats*, distribuídos em forma de manchas ao longo da paisagem. Quando há predomínio de áreas de produção agrícola não interrompidas por manchas ou faixas de áreas naturais, ou de influência humana moderada ou reduzida, a paisagem é considerada homogênea. Tornam-se heterogêneas, em contraste, quando possuem uma abundância de manchas naturais e não cultivadas (Figura 48) (Gliessman, 2000).

Na última década, estudos mostram que as paisagens homogêneas ou simplificadas, resultantes de modificações no uso do solo em áreas de agricultura intensiva, provocam modificações na abundância e riqueza de polinizadores. Essas mudanças podem impactar de forma negativa o sucesso reprodutivo de plantas nativas e cultivadas (Viana et al., 2012). A redução das populações e da diversidade de polinizadores poderá resultar na insuficiência de polinização para atender as demandas de oferta e qualidade de alimentos neste século (Garibaldi et al., 2011; Klein et al., 2007; Kremen et al., 2002, 2007; Steffan-Dewenter et al., 2005). Atualmente, as áreas agrícolas são muito extensas e há carência de *habitats* para sustentar os polinizadores nativos (Figura 48). À medida que a agricultura aumenta suas áreas cultivadas, a população de polinizadores silvestres tende a se tornar escassa para uma polinização eficiente (Garibaldi et al., 2011; Klein et al., 2007; Kremen et al., 2002, 2007; Steffan-Dewenter et al., 2005).

Entre as principais causas que podem afetar a sobrevivência dos polinizadores está o cultivo intensivo da terra, eliminando plantas que

servem como fonte de alimento natural e locais de nidificação; perda, degradação e fragmentação de *habitats*; formação de barreiras à movimentação de indivíduos; mudanças climáticas; pragas e patógenos de polinizadores; competição com polinizadores introduzidos e o uso indiscriminado de agrotóxicos (Michener, 2000; Kremen, 2004; Winfree et al., 2009; Mader et al., 2011; Van der Valk & Koomen, 2013). Em resumo, o equilíbrio estabelecido entre planta e polinizador tem sofrido sérias ameaças, reduzindo drasticamente a população de polinizadores. As mudanças que o homem tem imposto ao meio ambiente colocam em risco não só a preservação da biodiversidade como também a produção de alimentos em todo o mundo.

A forte relação entre as plantas – que necessitam dos polinizadores para a reprodução – e os polinizadores – que necessitam das plantas para a alimentação – exige um equilíbrio entre as populações de polinizadores e polinizados. Essa interação é de tal modo intrínseca que, se há falta de um dos lados, pode ocorrer a degeneração ou mesmo extinção do outro (Schlindwein, 2000). Para os processos de recuperação ambiental, os polinizadores têm um papel insubstituível, garantindo a formação de sementes e de fluxo gênico entre as espécies.

A produção agrícola pode ser obtida de modo a contribuir para a conservação dos seres vivos e para a proteção da qualidade ambiental; o agricultor tem um papel fundamental nesse processo. Quando o

(abaixo)

FIGURA 48: A) paisagem com abundância de manchas naturais (heterogênea) serve como fonte de polinizadores; B) paisagem com predomínio de áreas agrícolas (homogêneas) tem carência de polinizadores e pode impactar a produção das lavouras que necessitam dos serviços de polinização.

Fotos: Fernando Dias.



manejo de agroecossistemas é executado em nível de paisagem agrícola, o antagonismo que existe tão frequentemente entre as necessidades dos ecossistemas naturais e as dos sistemas de produção manejados pode ser substituído por uma relação de benefício mútuo. As manchas de ecossistemas naturais e seminaturais incluídas na paisagem (Figura 48) podem se tornar um recurso para os agroecossistemas, e estes podem começar a assumir um papel positivo, em vez de negativo, na preservação da integridade dos ecossistemas naturais (Gliessman, 2000; Winfree, 2013). Para Gliessman, o conceito de manejo em nível de paisagem não significa necessariamente manejo coordenado entre os distintos interesses presentes em uma área agrícola (produtores, agências governamentais, conservacionistas etc). Esse manejo pode ser implementado a partir da iniciativa de um produtor que tenha controle direto sobre apenas uma pequena parte da paisagem agrícola de uma região.

Não é necessário muito trabalho dos agricultores no manejo de sua propriedade para manter ou atrair polinizadores nativos para os seus cultivos e para a manutenção da vegetação nativa.

A diversidade e abundância de abelhas nativas em uma propriedade rural são fortemente influenciadas especialmente por dois fatores:

- manejo da paisagem circundante às culturas;
- modo como são utilizados os agrotóxicos.

As necessidades para sobrevivência e manutenção dos polinizadores são as mesmas em qualquer região, ou seja, recursos alimentares (flores) e locais para construção dos ninhos. Devemos nos empenhar na educação, sensibilização, investigação, defesa e política para alcançar a conservação dos polinizadores. É possível reduzir o impacto negativo sobre as populações de abelhas nativas transformando a propriedade rural num ambiente favorável à sobrevivência dos polinizadores. O agricultor poderá promover mudanças sutis nas práticas agrícolas como, por exemplo, identificar e proteger ninhos e plantas que servem de fontes de alimento aos polinizadores e selecionar espécies para cobertura vegetal que sejam fontes abundantes de pólen e néctar. Pode ainda criar *habitats* adicionais para os polinizadores na propriedade rural ou modificar a forma como os agrotóxicos são aplicados.



9. Ações para manter e/ou atrair polinizadores na propriedade rural

O primeiro passo é reconhecer as abelhas nativas e os locais que elas habitam nas propriedades rurais.



9.1. Como identificar espécies de abelhas nativas e os locais onde estabelecem seus ninhos

Estima-se que existam cerca de 25 a 30 mil espécies de abelhas distribuídas nas diferentes regiões do mundo (Michener, 2007). Cerca de 85% dessas espécies são solitárias (Batra, 1984) e, principalmente nos trópicos, muitas delas ainda não foram descritas (Truylio & Harter-Marques, 2007). No Brasil, existem 1.678 espécies de abelhas, das quais 400 encontram-se no Rio Grande do Sul (<http://moure.cria.org.br>) (Figura 49). As espécies brasileiras estão distribuídas em cinco grupos ou famílias: Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Apidae e Megachilidae.

Uma ampla diversidade de formas, tamanhos e cores caracterizam essas espécies. Algumas têm o corpo bem ornamentado, apresentando faixas e/ou manchas, enquanto outras possuem cores lisas ou brilhantes com várias tonalidades entre negro e amarelo (Figura 49). Existem inclusive exemplares com tons verdes ou azul-metálicos, que geralmente são confundidos com moscas. Algumas abelhas chegam a medir mais de cinco centímetros, enquanto outras, muito pequenas, com pouco mais de dois milímetros, são também confundidas com insetos como moscas, formigas com asas e vespas (Michener, 2000; Silveira et al., 2002; Mader et al., 2011). Portanto, não é uma tarefa fácil identificar as espécies nativas de abelhas, mas algumas características externas do corpo e aspectos comportamentais podem auxiliar nesta tarefa.

Moscas e mosquitos pertencem a um grupo chamado Diptera e apresentam apenas um par de asas, enquanto as abelhas apresentam dois pares (Figura 49). Além disso, as abelhas apresentam o corpo coberto por pelos ramificados ou plumosos e estruturas de transporte de pólen, o que as diferencia também das formigas e vespas (Figura 49). Essa diferença é fundamental, pois as abelhas necessitam de estruturas para coletar e transportar o pólen (Michener, 2000; Silveira et al., 2002; Mader et al., 2011). O alimento das larvas de abelhas geralmente é uma mistura de néctar e pólen, enquanto vespas tomam néctar nas flores, alimentam suas crias com proteína animal e nunca transportam pólen (Michener, 2000; Mader et al., 2011).

Provavelmente a maioria dos agricultores já viu uma mamangava em sua propriedade ou alguma espécie de abelha que faz ninho no solo ou em buracos existentes em troncos de árvores. Uma das alternativas para o reconhecimento seria, por exemplo, associarmos a espécie de abelha e suas características externas com o local que ela constrói seu ninho. Outra seria se ela apresenta comportamento social ou solitário.

Nas espécies de abelhas solitárias, somente uma única fêmea cuida do seu ninho. Ela é, ao mesmo tempo, rainha e operária. Durante sua

(página à direita)

FIGURA 49: A) abelhas da família Halictidae; B e C) abelhas da família Andrenidae; D) abelhas mamangavas; E) dípteros; F) vespas.

Fotos: Fernando Dias, Leticia Lopes e Sidia Witter.



A

Estrutura de transporte de pólen



B

Pelos ramificados



C



D

Pelos ramificados



E



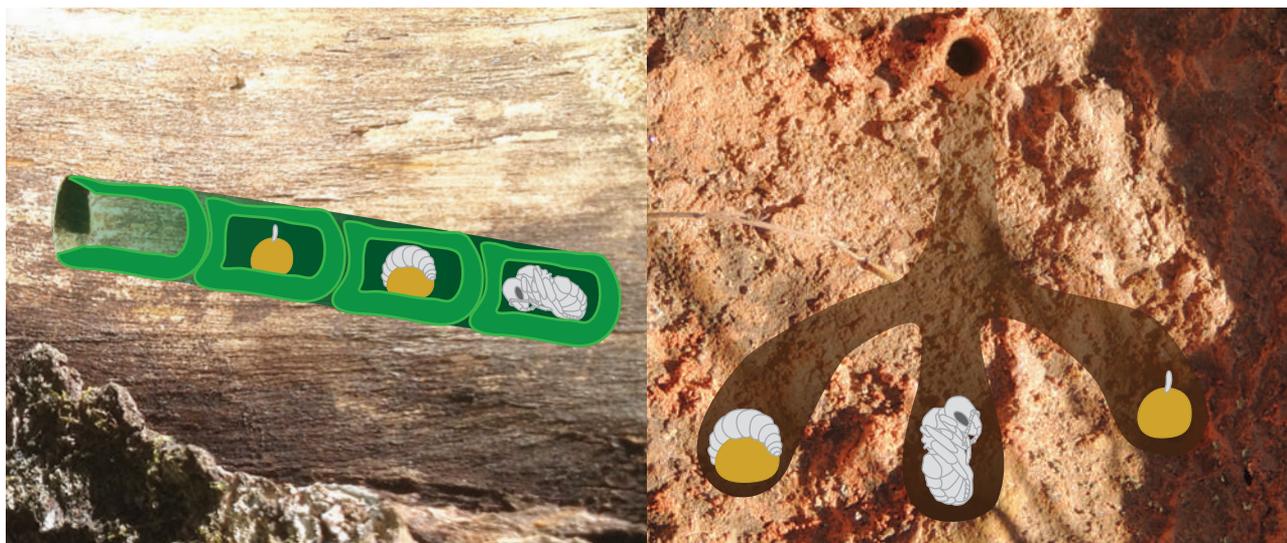
F

vida, estão incluídas as seguintes tarefas: procurar o local e construir o ninho, buscar alimento para a cria, colocar ovos e defender o ninho quando necessário. A fêmea ao nascer será imediatamente fecundada e, em seguida, procurará um local adequado para construir seu ninho. Algumas espécies constroem seus ninhos em ramos ociosos ou orifícios preexistentes na madeira (árvores vivas ou mortas), enquanto outras escavam buracos no solo, em barrancos ou ainda ocupam orifícios abandonados por outros insetos. Cada ninho poderá ter vários grupos de células as quais a fêmea irá aprovisionar e colocar os ovos. Nos ninhos na madeira, as células estão dispostas em linhas que preenchem o túnel e, nos ninhos no solo, essas podem formar uma complexa ramificação de túneis. As construções podem ser de barro, areia, resinas vegetais, óleos florais, folhas, pétalas e outras partes de plantas (Figura 50). Algumas espécies confeccionam, a partir de substâncias glandulares, uma camada impermeabilizante que protege a prole (Sakagami & Michener, 1962; Roubik, 1989; Michener, 2000; Alves-dos-Santos, 2002; 2004; Raw, 2004; Mader et al., 2011).

As espécies solitárias não armazenam mel, pois as fêmeas usam o néctar das flores como fonte energética para sua própria alimentação ou misturado com pólen para o aprovisionamento de suas crias (Raw, 2004; Mader et al., 2011). Em muitas espécies que nidificam no solo, a entrada dos ninhos somente é reconhecida quando os adultos estão em atividade. Esses ninhos muitas vezes são pequenos buracos no solo onde se observam acúmulos de terra solta (pilhas de escavações de terra) contornando a entrada (Figura 51). Em alguns casos, ele pode ser semelhante à entrada de um ninho de formiga ou apenas um simples buraco. Em algumas espécies, durante o período de atividade dos adultos, os ninhos podem formar agregações, ou seja, um número grande numa determinada área (Roubik, 1989; Michener, 2000; Krug, 2007; Cunha & Blochtein, 2003) (Figura 52).

(abaixo)

FIGURA 50: Esquemas mostrando tipos de ninhos de abelhas solitárias.
Ilustração: Bruno Nunes Silva.





(à esquerda)

FIGURA 51: Ninhos subterrâneos de abelhas solitárias (família Apidae, *Diadasina riparia*), localizados em barrancos na beira da estrada, Santana da Boa Vista, RS.

Fotos: Sídia Witter.

(abaixo)

FIGURA 52: Ninhos de *Monoeca xanthopyga*, espécie de abelha solitária que nidifica no solo formando agregações. Os ninhos foram encontrados na beira de estrada em Cambará do Sul, RS.

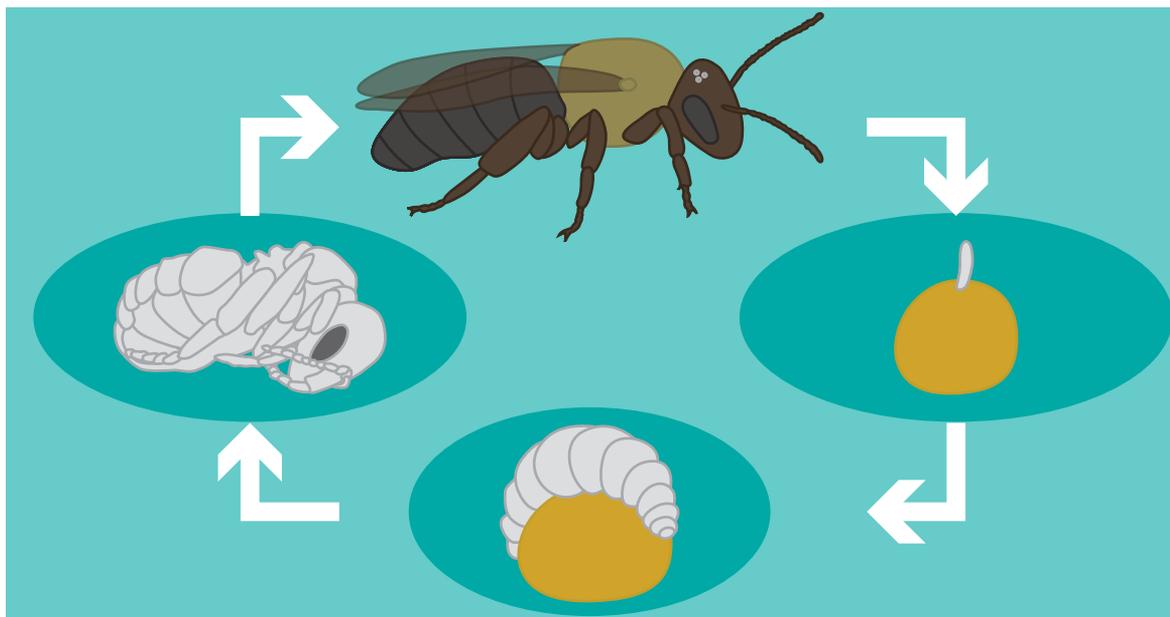
Foto: Fernando Dias.



O ovo colocado pela fêmea na célula (que serve para proteger os estágios imaturos) logo se transformará em uma pequena larva. Essa larva passa então a ingerir o alimento que está ao seu redor, comendo sem parar, crescendo rapidamente e passando por algumas mudas, que chamamos de estágios larvais (elas sofrem geralmente quatro a cinco deles). Após consumir todo o alimento que sua mãe deixou dentro da célula, a larva madura ocupa a maior parte de seu espaço interno. Nesse estágio, a larva de algumas espécies pode tecer um casulo ao seu redor. A seguir, já madura, ela se transformará em uma pupa (estágio intermediário entre a larva e o adulto, onde passa a apresentar a forma e o tamanho do inseto adulto) e completará sua metamorfose (Figura 53). Dos ninhos saem as abelhas já adultas, que iniciam imediatamente um novo ciclo da espécie. Todas as etapas serão repetidas pelos novos indivíduos (Michener, 2000; Alves-dos-Santos, 2002; Raw, 2004; Rego & Albuquerque, 2006; Alves-dos-Santos, 2009).

O tempo total de desenvolvimento da larva em adulto varia entre as espécies e depende também de fatores climáticos, da sua região de ocorrência, do número de gerações que produz em um ano e de seu tamanho corporal. Muitas espécies de abelhas solitárias que ocorrem em regiões onde as estações do ano são bem marcadas possuem apenas uma geração anual, sendo denominadas univoltinas (Alves-dos-Santos, 2002; Cunha & Blochtein, 2003; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005). São espécies com atividade em um período bem definido do ano, permanecendo por muitos meses dentro da célula, estacionadas em um período de desenvolvimento à espera da melhor época para emergir. Esse período, que varia entre as espécies, é chamado de diapausa e, geralmente, ocorre no último estágio larval (Alves-dos-Santos, 2002; Cunha & Blochtein, 2003; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005).

(abaixo)
 FIGURA 53: Ciclo de vida de uma
 abelha solitária.
 Ilustração: Bruno Nunes Silva.



Diferentes espécies de abelhas apresentam padrões distintos de atividade mensal ou sazonal. No sul do Brasil, por exemplo, onde o inverno é rigoroso, a maioria das espécies de abelhas nasce quando a temperatura começa a subir, havendo uma explosão de nascimentos na primavera. Muitas delas foram produzidas na primavera anterior e agora, após um ano, estão emergindo para formar a próxima geração. Outras espécies possuem duas gerações no ano (bivoltinas). Fêmeas que nasceram em novembro estarão ativas e construindo suas células por algumas semanas. As suas crias eclodem em fevereiro e iniciam imediatamente um novo ciclo. Porém, a cria dessa segunda geração permanecerá em diapausa por alguns meses (outono e inverno), e sua prole eclodirá apenas em novembro (Alves-dos-Santos, 2002). Além das univoltinas, existem também espécies chamadas de multivoltinas, que apresentam várias gerações ao longo do ano (Santos, 2011).

Além da temperatura, o ciclo das chuvas também é um fator que pode influenciar o número de gerações por ano de uma dada espécie. De um modo geral, podemos dizer que a primavera representa o auge da abundância das abelhas, com o maior número de espécies em atividade. Não é por acaso que isso coincide com o período de floração intenso de diversas espécies vegetais, já que as abelhas são totalmente dependentes das flores para sua sobrevivência.

As abelhas são mais ativas em dias quentes e ensolarados. Algumas podem ser ativas cedo ou no início da manhã, enquanto outras podem continuar suas atividades voando à tarde e à noite (Alves-dos-Santos, 2002; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005; Rego & Albuquerque, 2006; Krug & Alves-dos-Santos, 2008).

Em um estudo realizado no Rio Grande do Sul, verificou-se que representantes de abelhas das famílias Apidae e Halictidae são encontradas nas flores durante todo o ano, enquanto membros das famílias Megachilidae e Colletidae foram registradas somente nos meses de primavera e verão (Truylio & Harter-Marques, 2007). O declínio generalizado no número de espécies e indivíduos observado durante o mês de abril no Rio Grande do Sul está provavelmente associado à diminuição da produção de flores e à temperatura (Alves-dos-Santos, 1999; Tuylio & Harter-Marques, 2007). No caso das abelhas solitárias, é provável que esse declínio deve-se ao fato de elas apresentarem ciclo de vida extremamente sazonal, passando os meses de outono e inverno em diapausa. Em Santa Catarina, Krug & Alves-dos-Santos (2008) verificaram comportamento semelhante nas diferentes famílias de abelhas, acrescentando ainda que representantes de Andrenidae também foram ausentes nas coletas realizadas nos meses mais frios do ano.

Os machos geralmente possuem um período de desenvolvimento mais curto e nascem alguns dias antes das fêmeas (Silva et al., 1994; Alves-dos-Santos, 2002; Medeiros & Schlindwein, 2003; Raw, 2004; Rego & Albuquerque, 2006). Logo após seu nascimento, estão prontos para cópula, esperando a eclosão das fêmeas virgens no local dos ninhos (Cunha & Blochtein, 2003), ou as aguardando nas flores. Esse comportamento é denominado de patrulha, que nada mais é do que a procura e espera por fêmeas para cópula nas flores visitadas pelas fêmeas (Figura 54), podendo também estabelecer territórios nessas plantas (Schlindwein & Wittmann, 1997; Wittmann et al., 1990; Stehmann & Semir, 2001; Medeiros & Schlindwein, 2003; Raw, 2004; Rego & Albuquerque, 2006). Muitas vezes, é comum observar um grande número de machos voando nos locais de nidificação ou nas fontes de alimento preferido das fêmeas, tomando néctar, patrulhando sobre as plantas ou pousando



(acima)

FIGURA 54: Cópula das abelhas nas petúnias (*Callonychium petuniae*), espécie de abelha solitária em flor de petúnia.

Foto: Dieter Wittmann.

(abaixo)

FIGURA 55: Machos de abelhas solitárias dormindo em flor de orquídea.

Foto: Patrícia Nunes-Silva.

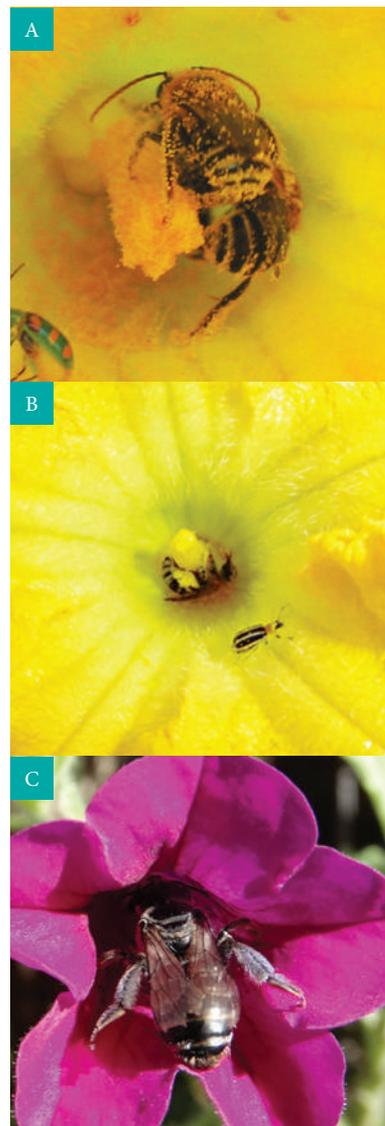
na folhagem enquanto aguarda a chegada da fêmea.

Machos de abelhas solitárias geralmente não voltam ao ninho para dormir. Em algumas espécies, os machos se agregam e dormem pendurados na folhagem próxima ao ninho ou à planta, enquanto outros utilizam as flores como abrigo noturno (Figura 55) (Schlindwein & Wittmann, 1997; Stehmann & Semir, 2001; Alves-dos-Santos, 2002; Krug, 2007). Nesse caso, as flores geralmente utilizadas são aquelas que se fecham à noite e reabrem no dia seguinte, como, por exemplo, flores de cactos e petúnia (Schlindwein & Wittmann, 1997; Stehmann & Semir, 2001). Os machos entram nas flores no final da tarde, antes de seu fechamento, acomodam-se entre os estames ou no fundo da flor e ficam lá até ela abrir no outro dia (Alves-dos-Santos, 2002).

Krug (2007) verificou que machos e fêmeas de *Peponapis fervens*, conhecidos como abelhas-das-abóboras, também estão ativos em dias muito nublados, quando a atividade de outras abelhas é pouca ou ausente. Sempre que as flores das cucúrbitas estão abertas, os machos coletam néctar e as patrulham até o início da chuva ou até que elas se fechem (Figura 56). A pesquisadora registrou a presença das abelhas até o fechamento das flores, que se inicia por volta de 10h e termina cerca de 12h30, sendo que o seu pico de atividade ocorre entre 7h e 8h. Nesse período de maior atividade, a coleta de pólen e néctar pelas fêmeas é mais ativa e é quando a patrulha dos machos à procura de fêmeas para copular também é mais intensa. A cópula também foi registrada nesse período.



As abelhas sociais vivem em colônias. A socialidade verdadeira, também conhecida como eussocialidade, tem três requisitos: divisão de trabalho reprodutivo, cuidado com a prole e sobreposição de gerações (Hölldobler & Wilson, 2009) (Figura 57). Geralmente, a rainha põe os ovos, sendo as demais fêmeas operárias que ajudam na construção, provisionamento e defesa do ninho. São exemplos de abelhas eussociais avançadas as melíferas (o gênero *Apis*) e os meliponíneos, nossas abelhas-indígenas-sem-ferrão. A melífera (*A. mellifera*) é a espécie de abelha social mais conhecida, apresentando um sistema de castas com uma única rainha, muitas operárias e poucos machos para o acasalamento. Nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, os meliponíneos são as abelhas sociais nativas mais conhecidas dos agricultores (Silveira et al., 2002). Algumas espécies de mamangavas (*Bombus*) e de Halictidae também incluem abelhas nativas de ninhos com diferentes graus de socialidade (Michener, 2000; Silveira et al., 2002; Mader et al., 2011).



(acima)

FIGURA 56: A) abelha-das-abóboras (macho); B) abelha-das-abóboras (fêmea); C) flor de petúnia utilizadas pelas abelhas nativas como abrigo noturno.

Fotos: Cristiane Krug; Mariano Pairet.

(à esquerda)

FIGURA 57: Ninho de abelha social (Meliponini - *Plebeia remota*).

Foto: Fernando Dias.

Exemplos de abelhas nativas conhecidas pelos agricultores no Estado do Rio Grande do Sul

Abelha-metálica (família Halictidae) – Abelhas de tamanho pequeno a médio, normalmente esguias e relativamente comum na Região Sul do país. Uma característica bem marcante dessas abelhas é a coloração metálica brilhante do corpo, comumente verde, azulada, avermelhada ou acobreada em algumas espécies, ganhando por isso o nome popular de abelhas-metálicas. Essa coloração as faz serem frequentemente confundidas com moscas-metálicas que também visitam flores (Figura 58). A maioria das espécies é solitária, mas também há espécies com algum grau de socialidade (Sakagami & Michener, 1962; Silveira et al., 2002; Mader et al., 2011). Espécies dessa família de abelhas exibem o comportamento de vibração nas flores e são consideradas importantes polinizadoras de culturas em situação de campo (Nadia & Machado, 2005; Lopes et al., 2006). Entretanto, sua alta sensibilidade à perda de sítios de nidificação e agrotóxicos em geral define sua presença ou ausência em áreas com diferentes manejos (Richardson & Alvarez, 1957).

(abaixo)

FIGURA 58: Abelhas-metálicas: A) e B) visitando flores com anteras poricidas; C) e D) plantas silvestres.

Fotos: Betina Blochtein, Leticia Lopes e Patrícia Nunes-Silva.



Abelha-corta-folha (família Megachilidae) – Abelhas dessa família possuem duas características distintivas: as fêmeas transportam os grãos de pólen na superfície ventral do abdômen (escopa abdominal) e utilizam o material coletado fora do ninho para construção das células de cria. Apresentam também uma ampla cabeça para acomodar mandíbulas grandes utilizadas para cortar pedaços de folhas (mais raramente, pétalas) que são utilizadas na construção de suas células de cria. Por isso, são conhecidas popularmente como abelhas-corta-folha. O abdômen é achatado e arrebicado, dando-lhes uma aparência combativa (McGregor, 1976; Delaplane & Mayer, 2000; Silveira et al., 2002; Raw, 2004; Mader et al., 2011). Apesar de a maioria das espécies ser solitária, elas apresentam hábitos gregários, construindo ninhos próximos uns dos outros (Silveira et al., 2002) (Figura 59).

As fêmeas são bem eficientes na polinização devido ao arranjo da escopa abdominal, que faz com que elas pousem diretamente sobre as anteras e estigmas das flores durante suas visitas, transferindo grãos de pólen seco de uma flor para outra, o que facilita a polinização (McGregor, 1976; Delaplane & Mayer, 2000; Silveira et al., 2002; Raw, 2004; Mader et al., 2011) (Figura 59).

Inúmeras espécies de Megachilidae polinizam culturas e plantas nativas, sendo muitas delas generalistas, visitando variadas espécies de plantas. Entretanto, geralmente coletam muito pólen de poucas delas, demonstrando preferência por plantas próximas aos ninhos. Diversas espécies têm preferência por coletar recursos alimentares em determinadas plantas das famílias Asteraceae, Compositae e Lamiaceae (Raw, 2004). Culturas importantes dessas famílias de plantas, como feijão, soja, alfafa, girassol, bem como outras espécies vegetais medicinais, pertencentes à família Asteraceae, e poderiam ter a produtividade incrementada com a utilização dessas abelhas na polinização (Garófalo, 2004; Garófalo et al., 2012). De acordo com Garófalo (2004), o potencial das abelhas-corta-folhas nativas do Brasil para os serviços de polinização de culturas agrícolas é elevado e deve ser avaliado. A espécie apropriada para polinizar determinada cultura deve ser estudada, de preferência adequando-as às diferentes regiões do Brasil. No Rio Grande do Sul, espécies de abelhas-corta-folhas são as polinizadoras de *Adesmia tristis*, utilizada como forragem para animais (Quadro 1).

O gênero *Megachile* contém 161 espécies descritas no Brasil, sendo abundante em quase todos os ecossistemas do país, tanto em ambientes naturais quanto em campos cultivados (Silveira et al., 2002). No Rio Grande do Sul, são encontradas com alta frequência, principalmente em áreas abertas, em flores de Asteraceae e Fabaceae (Alves-dos-Santos, 1999).



(acima)

FIGURA 59: Abelha-corta-folha mostrando a escopa abdominal e o abdômen arrebicado, dando-lhe um aspecto combativo.

Fotos: Daniel Guidi.

Abelhas-mamangavas (família Apidae) – Várias espécies de abelhas de gêneros distintos são conhecidas popularmente por mamangavas. A palavra “mamangava”, de origem tupi, significa “abelha de grande porte”, e é também descrita como “mangangaba” ou “mangangá”, denominações frequentemente utilizadas principalmente pelo homem do campo (Moure & Sakagami, 1962). No Rio Grande do Sul, os agricultores chamam mamangavas as abelhas *Xylocopa* (mamangava-de-pau ou abelha-carpinteira) (Figura 60), as *Bombus* (mamangava-de-chão) (Figura 61) (Quadro 2) e as abelhas *Centris* (mamangava-pardinha) (Figura 62).

Mamangava-de-pau ou abelha-carpinteira – Abelhas de porte grande que pertencem ao gênero *Xylocopa*. Apesar de serem primariamente solitárias, podem formar associações entre mãe e filha ou entre irmãs, apresentando comportamento e interações sociais que evoluem à medida que as abelhas amadurecem fisiologicamente (Camillo, 1979).

Devido à diversidade de ecossistemas do Rio Grande do Sul, um grande número de espécies de *Xylocopa* ocorre nesse estado. Algumas espécies são encontradas na Mata Atlântica, outras na Campanha e Serra do Sudeste, enquanto outras, como a *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789; Schindwein et al., 2003), apresentam ampla distribuição, sendo encontradas em todas as suas regiões.

Nas espécies de *Xylocopa* registradas, observaram-se diversas estratégias de acasalamento. Os machos estabelecem territórios, patrulham áreas longe de recursos florais ou ninhos, ou formam agregações de vários machos para atrair as fêmeas (Schindwein et al., 2003).

Uma das espécies mais comuns no Rio Grande do Sul é a *X. frontalis*, muito encontrada em áreas urbanas. Algumas fêmeas medem até 36 mm. Essa espécie possui ampla distribuição, e os machos estabelecem territórios com 1-2 m, voando em círculos. Apresentam dimorfismo sexual acentuado, sendo os machos facilmente identificados pela cor fulvo-amarelada, enquanto as fêmeas são pretas (Figura 60). Durante o período de acasalamento, os machos jovens retornam inicialmente ao ninho maternal, onde são alimentados pela mãe. Depois de alguns dias, passam a ocupar ninhos abandonados e vivem isolados das fêmeas nas horas de voo, coletando néctar em flores (Camillo, 1979; Schindwein et al., 2003).

Devido ao seu tamanho, as mamangavas polinizam muitas plantas com flores de grande porte, além de possuírem o comportamento de vibrar as flores para retirada do pólen durante suas visitas (Freitas & Oliveira-Filho, 2001). Alguns exemplos de plantas agrícolas visitadas por mamangavas são: abacate, abóbora, alfafa, ameixa, berinjela,



(acima)

FIGURA 60: Mamangava-de-toco.
Foto: Fernando Dias.

feijão, framboesa, gergelim, girassol, laranja, melancia, melão, pêssego e trevo, entre outras (Freitas & Oliveira-Filho, 2001).

Mamangavas-de-chão (*Bombus*) – Abelhas robustas que apresentam ampla distribuição geográfica (Moure & Sakagami, 1962). No Brasil, ocorrem seis espécies e, dessas, quatro estão no Rio Grande do Sul: *Bombus pauloensis* e *Bombus brasiliensis* (Figura 61A), cujo revestimento do corpo apresenta faixas amarelas; *Bombus morio*, com revestimento piloso no corpo uniformemente preto (Figura 61B); e *Bombus bellicosus*, que apresenta coloração ferrugínea na parte final do abdômen (Figura 61C), (Moure & Sakagami, 1962; Silveira et al., 2002; Moure et al., 2007). É um grupo especialmente bem adaptado a climas frios, pois possuem a capacidade de regular a temperatura corporal, permitindo o forrageamento em temperaturas baixas e em condições climáticas adversas quando comparadas às abelhas melíferas e outras abelhas nativas (Mader et al., 2011). São abelhas rápidas, que podem visitar o dobro de flores por minuto quando comparadas à *A. mellifera* (Benavides, 2008).

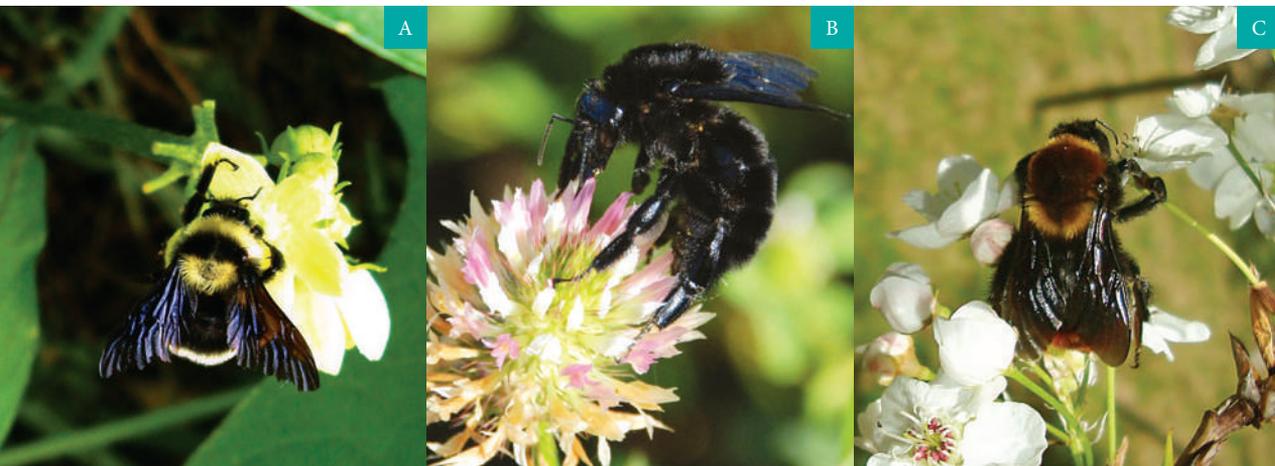
O ninho sempre é fundado por uma única fêmea fecundada, passando assim por uma fase solitária e outra social (Roubik, 1989; Michener, 2000). Na fase social, observa-se que as rainhas são de tamanho maior que as operárias e os machos. Uma das características das espécies que ocorrem no Brasil é a agressividade bastante desenvolvida. Esse fato tem ocasionado uma destruição sistemática dos ninhos dessas abelhas. Assim, em várias regiões, a população de mamangavas tem diminuído (Garófalo, 2005).

Cortopassi-Laurino et al. (2003) compilaram 41 espécies de plantas visitadas por abelhas *Bombus*, com destaque para as famílias Asteraceae e Fabaceae (Leguminosae), com predomínio para flores de coloração amarela e azul-violácea, o que poderá auxiliar o agricultor na conservação e cultivo de flores que ajudem na manutenção dessas abelhas nas propriedades rurais (Figura 61).

(abaixo)

FIGURA 61: Espécies de mamangavas-de-chão: A) *B. pauloensis*; B) *B. morio*; C) *B. bellicosus*.

Fotos: Fernando Dias e Leticia Lopes.



Para os pesquisadores, a presença de mamangavas nas flores durante praticamente o ano todo nas regiões tropicais indica o enorme potencial dessas abelhas para a polinização dirigida de algumas plantas cultivadas, principalmente de Asteraceae, Verbenaceae e Lamiaceae, famílias que elas mais visitam. A polinização de flores de Solanaceae, amplamente cultivada para alimentação humana, justifica-se pelo método específico de coleta de pólen (vibração de anteras) realizado por essas abelhas.

Mamangava-pardinha (família Apidae) – Esta abelha faz parte de um grupo que inclui exemplares de porte médio a grande, robustos, com bonitos padrões de cores e de voo rápido (Figura 62) (Michener, 2000; Silveira et al., 2002; Buchmann, 2004). Embora sejam mais abundantes nas regiões tropicais úmidas, alguns grupos ocorrem em regiões semiáridas temperadas (Silveira et al., 2002). Todas as espécies parecem ser solitárias, embora os ninhos frequentemente constituam grandes agregações (Silveira et al., 2002; Rego & Albuquerque, 2006). Possuem o corpo extremamente piloso, capaz de transportar milhares de grãos de pólen, sendo consideradas altamente efetivas na polinização de plantas nativas e cultivadas (Buchmann, 2004). Trata-se de um grupo de abelhas cujas fêmeas coletam óleos nas flores de certas espécies de plantas da família Malpighiaceae, Krameriaceae e Scrophulariaceae (Michener, 2000; Silveira et al., 2002; Buchmann, 2004) (detalhes na seção 6.1).

(abaixo)

FIGURA 62: Mamangava-pardinha (Centridini). Foto: Fernando Dias.



Abelhas-sem-ferrão (família Apidae) – É o grupo de abelhas mais conhecido pelos agricultores no Estado. São abelhas sociais (Meliponini) que se distinguem das demais, dentre outras características, pela atrofia do ferrão. Apesar da incapacidade de ferroar, elas desenvolveram outros mecanismos de defesa, como depositar gotículas de própolis ou morder com as mandíbulas partes delicadas do corpo do intruso e se enroscar nos seus cabelos, sendo que algumas espécies, conhecidas como “tataíra” ou “caga-fogo” (*Oxytrigona*), podem ainda liberar substâncias cáusticas causando queimaduras. Outras espécies usam o artifício de camuflar as entradas dos ninhos como forma de proteção. As abelhas-sem-ferrão eram as únicas produtoras de mel no Brasil até a introdução da abelha-doméstica (*A. mellifera*) em 1839. Os índios foram os primeiros a utilizar os produtos dessas abelhas para alimentação, auxiliar na confecção de objetos de caça e na impermeabilização de cestos e outros utensílios feitos de fibras vegetais. A maioria das espécies possui nomes populares de origem indígena, como mandaçaia, irai, irapuá, vorá, entre outros. Comparativamente às melíferas, essas abelhas produzem mel em quantidade menor, em decorrência principalmente do menor tamanho de suas colônias e da pouca difusão de sua criação, conhecida como meliponicultura (Nogueira-Neto, 1997; Michener, 2000).

9.2. *Habitats* para polinizadores em áreas agrícolas

9.2.1. Onde moram as abelhas e como fornecer *habitats* a elas

À medida que o agricultor vai conhecendo as diferentes espécies de abelhas e os locais onde elas constroem seus ninhos, ele poderá criar *habitats* disponibilizando locais novos ou conservando e/ou restaurando os *habitats* utilizados para nidificação. As abelhas controem seus ninhos em uma variedade de lugares, podendo ser feita uma distinção entre abelhas sociais e solitárias quanto a esse caráter.

As solitárias constroem seus ninhos no solo ou na madeira, ocupando locais em cavidades que já existem ou construindo ninhos livres e expostos (Roubik, 1989). Essas abelhas ainda não estão disponíveis comercialmente para os agricultores para polinização, e existem técnicas de criação somente para algumas espécies, como as *Xylocopa*. Isso significa que as condições específicas necessárias para criação da maioria das espécies de abelhas solitárias não são bem conhecidas, especialmente para as que nidificam no solo. As abelhas de solo são mais difíceis de manejar, pois não há formas práticas de colonizar novas áreas com novos ninhos. Para essas abelhas, o modo mais eficaz de manter suas populações em áreas agrícolas para os serviços de polinização está relacionado principalmente à forma de manejo da cultura (tamanho da área cultivada, uso de agroquímicos etc.) e das áreas de entorno (áreas para nidificação e para coleta de recursos alimentares).

A constatação da importância dos serviços de polinização para as culturas por parte dos agricultores e sua participação nesse processo são fundamentais para a manutenção das abelhas solitárias nas propriedades rurais. Como os ninhos dessas abelhas não podem ser movidos, os locais de nidificação devem ser protegidos ou criados artificialmente.

O exemplo mais bem-sucedido de utilização em grande escala de abelhas solitárias para polinização é o da *M. rotundata*, utilizada nos EUA e em outros países para polinização da alfafa (Figura 18) (Pitts-Singer & Cane, 2011). Os ninhos das abelhas solitárias *Nomia melanderi*, que nidificam no solo, também são utilizados para produção de sementes de alfafa (Cane, 2008). Outro exemplo é *Osmia*, a qual é criada como polinizadora em pomares de maçã (Gruber et al., 2011).

Com relação aos substratos de nidificação das abelhas sociais, esse quadro é completamente diferente. A maioria das espécies constrói seus ninhos aproveitando-se de cavidades preexistentes na natureza. A descrição dos ninhos de muitas espécies já existem e muitos agricultores criam essas abelhas em colmeias racionais através da prática da meliponicultura (Figura 63) (Nogueira-Neto, 1953). Portanto, se o agricultor pretende utilizar uma espécie em particular de abelha-sem-ferrão para polinização de determinada cultura, colmeias racionais contendo enxames poderiam ser disponibilizadas facilmente para os serviços de polinização. Um exemplo já bem conhecido no Brasil é o uso da jataí para polinização de morangos em estufa (mais detalhes na seção 7.2).

O conhecimento dos hábitos de nidificação de uma espécie (p.ex., material utilizado para fazer ninhos) é essencial para o manejo de suas populações para a polinização de plantas cultivadas. Uma vez conhecidos os substratos necessários para a construção de ninhos e os recursos utilizados para esse fim e para a alimentação da espécie, é possível oferecer condições (p.ex., ninhos artificiais) para mantê-la próximas às culturas.

Os agricultores podem fornecer locais apropriados para nidificação de abelhas nas propriedades rurais ao lado das plantações ou outros locais dentro dos limites da propriedade. Assim, amplia-se a disponibilidade de recursos para forrageamento, possibilitando a conservação e a manutenção das abelhas, tanto sociais como solitárias. Com essas pequenas medidas, podemos aumentar a população das espécies importantes para a polinização e, conseqüentemente, a manutenção da flora visitada.

A seguir, mostramos alguns exemplos dos locais utilizados para nidificação de algumas abelhas mais estudadas no Brasil.

(abaixo)

FIGURA 63: Meliponário – espaços destinados à criação de abelhas sem ferrão: A) e B) Limoeiro do Norte, Ceará; C) Tururuçu, RS. Fotos: Betina Blochtein e Fernando Dias.



Abelhas-metálicas (Halictidae) – A maioria das espécies nidifica no solo plano, em barrancos e taipas de açude. Algumas constroem os ninhos em madeira morta ou em processo de decomposição (Figura 64A), semelhantes às mamangavas. Outras nidificam em orifícios pré-escavados por outros insetos. Devido à carência de informações sobre os substratos de nidificação dessas abelhas, a proteção dos ninhos naturais e dos locais de nidificação é imprescindível para a sua manutenção em áreas agrícolas. É importante ressaltar que as abelhas-metálicas utilizam vários tipos de solo como substratos de nidificação, portanto é preciso um cuidado maior com essas práticas de manejo (Figura 64B) (Sakagami & Michener, 1962; Silveira et al., 2002). É importante deixar pequenas áreas de solo sem vegetação e não revolvido para essas abelhas.

Pesquisadores estudaram agregações de ninhos de *Augochlora amphitrite* (Schrottky, 1909), uma espécie de Halictidae que nidifica em madeira em decomposição dentro de uma reserva em Buenos Aires. Essas agregações foram encontradas em troncos em decomposição de salgueiro ou chorão (Salicaceae) e em travessas de madeira (nos nós e rachaduras de troncos de *Schinopsis*) que sustentam estradas de ferro nas áreas mais úmidas da reserva em área de Mata Ciliar muito conservada. A mesma espécie de abelha foi encontrada em lavouras de canola na região das Missões no Rio Grande do Sul (Figura 64A) (Dalmazzo & Roig-Alsina, 2012).

A conservação de fragmentos de florestas e matas ciliares ou outros locais que permitam a presença de madeira em decomposição para construção dos ninhos é a forma mais eficiente de manter as populações dessa e de outras espécies que nidificam em madeira em decomposição. A conservação e manutenção dos ninhos dessa espécie em áreas agrícolas são estratégias de manejo que disponibilizarão os serviços de polinização às culturas.

(abaixo)
 FIGURA 64: A) abelha da família halictidae que constrói os ninhos em madeira em decomposição; B) ninho de Halictidae no solo na borda de lavoura.
 Fotos: Cristiano Kern Hickel e Sidia Witter.



Abelha-corta-folha (Megachilidae) – Na natureza, os ninhos da maioria das espécies de Megachilidae são construídos de forma similar. A fêmea seleciona uma cavidade tubular onde constrói uma série de células. Ela alimenta cada célula, põe um ovo, fecha com discos de folhas cortadas e inicia a construção da próxima célula. Qualquer cavidade tubular é utilizada: cavidades preexistentes na madeira, em folhas enroladas, em túneis de cupins, ninhos abandonados de besouros ou rachaduras da madeira. Poucas espécies escavam ninhos no solo. Algumas também fazem seus ninhos expostos, colocando as células de cria em espaços entre rochas (Quadro 3), ramos ou folhas. Para construção dos ninhos, elas utilizam principalmente pedaços de folhas ou pétalas de flores e resinas vegetais, aproveitando pedrinhas para cimentar as células (Figura 65A) (Michener, 2000; Silveira et al., 2002; Raw, 2004). Em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, essas abelhas têm sido observadas também nidificando em frestas de paredes de construções de alvenaria ou em cavidades no solo em áreas que circundam lavouras de hortícolas para produção de sementes na região do pampa gaúcho.

O hábito de nidificar em orifícios na madeira facilita o manejo de muitas espécies utilizando-se ninhos-armadilhas (Santos, 2011). Esses ninhos artificiais nada mais são do que peças de madeira perfurada ou pedaços de bambu. Eles podem ser distribuídos em locais protegidos na propriedade, como matas, jardins, pomares etc. Com essa medida simples, o agricultor poderá atrair esses polinizadores para suas culturas e para a vegetação nativa, contribuindo para o aumento da produção agrícola e da manutenção da biodiversidade local (Figura 65C). A facilidade de se obter o ninho em armadilhas permitiu ampliar o conhecimento da biologia e o domínio da técnica de criação e produção em grande escala de várias espécies de Megachilidae (Alves-dos-Santos, 2004).

A criação de abelhas-corta-folhas em ninhos-armadilhas é muito comum nos Estados Unidos. Um exemplo é a *M. rotundata*, considerada uma história de sucesso na polinização de alfafa, sendo manejada racionalmente para esse serviço. Para esse objetivo, os ninhos artificiais, constituídos de blocos de madeira perfurados com canudos de papel dentro de abrigos de madeira, são mantidos nas proximidades da cultura. Quando as fêmeas terminam esses ninhos, eles são colocados em ambientes com temperatura controlada, o que permite o controle do ciclo de vida das pré-pupas que estão no seu interior. Dessa forma, o ciclo é adiantado ou atrasado para sincronizar com o ciclo da floração da planta, garantindo que as abelhas emergirão quando as plantas estiverem floridas. A criação dessas abelhas em ninhos artificiais (ninhos-armadilhas) gera uma economia importante tanto para os agricultores, devido aos serviços de polinização eficiente, como para os seus criadores, que lucram com o aluguel dos ninhos



(acima)

FIGURA 65: A) e B) ninhos de abelhas-corta-folhas; C) e D) ninhos-armadilha podem ser disponibilizados nas propriedades rurais para manter abelhas solitárias para os serviços de polinização.

Fotos: Betina Blochtein e Letícia Lopes.



(acima)

FIGURA 66: Barrancos utilizados por abelhas da família Andrenidae como substratos de nidificação, Cambará do Sul, RS.
Fotos: Letícia Lopes e Sidia Witter.

artificiais (McGregor, 1976; Delaplane & Mayer, 2000; Raw, 2004).

Estudos mostram que a *Megachile rotundata* promove rendimentos de 2.200 kg de sementes/ha, isto é, 20 vezes maiores em relação às lavouras sem a presença desse polinizador (Raw, 2004). Entretanto, essas abelhas são mais suscetíveis ao uso de pesticidas em lavouras de alfafa do que *A. mellifera*. Esse fato pode estar possivelmente relacionado ao fato de essas abelhas, além de visitarem as plantas para coleta de recursos alimentares, também as utilizarem na construção de seus ninhos (Raw, 2004). Por consequência, se os pesticidas são uma ameaça para a *M. rotundata*, eles podem ser também para muitos membros do gênero (Raw, 2004), sendo necessária atenção com relação à utilização de agrotóxicos que podem comprometer a produtividade das culturas.

Abelhas-das-abóboras (Apidae) (*Peponapis*) – São abelhas que polinizam eficientemente as flores de cucurbitáceas de um modo geral (abóbora, moranga, entre outras) (Figura 56). Essas abelhas nidificam no solo, dentro da área de cultivo onde o agricultor evita aplicações de inseticidas. Também constroem seus ninhos em locais adjacentes às plantações de abóbora em pequenos barrancos, em locais com solo desnudo ou com pouca vegetação, onde é permitido o crescimento de outras plantas ruderais, e em estradas de chão batido relativamente abandonadas mas utilizadas por animais (Krug, 2007).

Além das abelhas-das-abóboras, muitas espécies de abelhas nativas constroem seus ninhos no solo, em barrancos ou áreas livres de vegetação. Algumas espécies possuem tamanho pequeno e alcance de voo limitado (Silveira et al., 2002). A conservação das áreas com sítios de nidificação ainda é a melhor estratégia para proteger, manter e utilizar as espécies de abelhas nativas para os serviços de polinização na agricultura (Figura 66). Embora individualmente esses *habitats* não satisfaçam todas as necessidades das abelhas silvestres, eles podem apoiar suas populações.

Mamangavas-de-toco ou abelha-carpinteira (Apidae) – Há espécies de *Xylocopa* que se ligam a determinado grupo de plantas não apenas para alimentação (ver seção 6.7), mas muito mais criticamente pela possibilidade de nidificação (Schlindwein et al., 2003).

Ainda que o substrato mais comum para construir os ninhos seja madeira em decomposição (Figura 67), algumas espécies constroem ninhos em partes vivas de árvores enquanto outras podem nidificar em bambu ou taquara, na mata. Os ninhos podem ser encontrados em madeira utilizada para construções rurais (mourões de cerca, vigas e caibros de vários tipos, postes), troncos e galhos secos. Há espécies ainda que nidificam nas hortas e em suportes de plantações, como as varetas

usadas como arrimo nas plantações de favas e de outras trepadeiras ou inflorescências mortas de gravata *Eryngium* (Apiaceae) (Sakagami & Laroca, 1971; Schlindwein et al., 2003; Marchi & Melo, 2010).

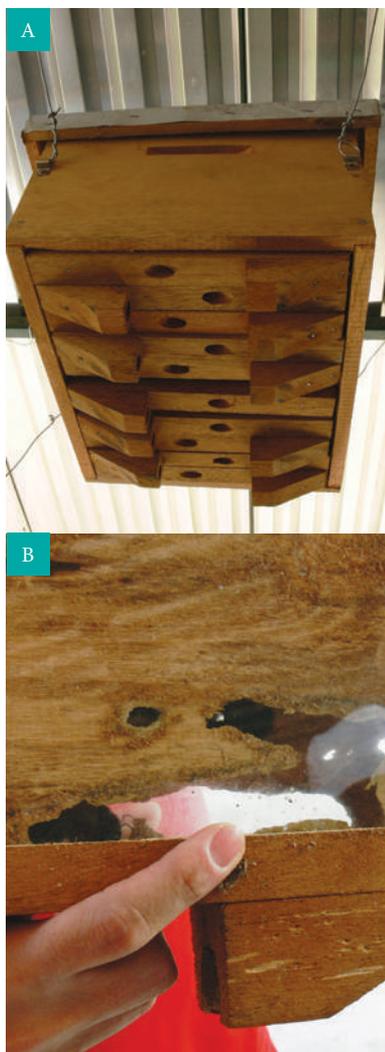
As atividades de nidificação de uma fêmea incluem inicialmente a procura por um local adequado para a construção do ninho em madeira sem rachaduras ou frestas (Pereira & Garófalo, 2010). As espécies vegetais utilizadas para nidificação são as mais variadas possíveis, estando relacionadas com a disponibilidade e regiões de ocorrência (Camilo, 1979). Caso o local selecionado seja adequado, a mamangava escava galerias e constrói células onde criará suas larvas (Freitas & Oliveira-Filho, 2001). É possível observar serragem acumulada na entrada do ninho quando a mamangava está escavando as galerias. Conforme a espécie, algumas vezes mãe e filha ou irmãs associam-se reutilizando o mesmo ninho onde procriaram ou nasceram (Freitas & Oliveira-Filho, 2001).

Para manter esses polinizadores no agroecossistema em áreas de cultivo de maracujá, por exemplo, é necessário disponibilizar substratos específicos para nidificação e recursos alimentares. Identificar, conservar ou proteger as áreas e as plantas utilizadas como substratos de nidificação são práticas amigáveis às abelhas-carpinteiras. Outra estratégia é manter os cultivos próximos de matas nativas, cultivar outras espécies utilizadas pelas mamangavas como recursos alimentares, introduzir troncos em vários estágios de decomposição na área que já contenham ninhos ou manter amontoados de troncos na propriedade rural (Figura 67) (Freitas & Oliveira-Filho, 2001).

(abaixo)

FIGURA 67: Troncos de árvores mortas devem ser mantidos sempre que possível pois servem de substratos de nidificação para as abelhas-carpinteiras ou mamangavas, especialmente em áreas de produção de maracujá. Fotos: Sidia Witter.





(acima)

FIGURA 68: A) colmeia para criação racional de mamangavas-de-toco ou abelha-carpinteira proposta por Breno Freitas. B) quadro da colmeia racional, Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil. Fotos: Betina Blochtein.

Segundo Camillo (2003), a disponibilidade de pedaços de madeira morta é uma das melhores maneiras de aumentar as populações de *Xylocopa*. Uma possibilidade é fornecer as espécies de plantas procuradas por mamangavas para nidificação. Esses troncos precisam estar em condições ideais para as abelhas, ou seja, a madeira tem que estar morta, seca ou ligeiramente em decomposição e não apresentarem rachaduras que permitam a penetração de água. Além disso, precisam ser colocados sob algum tipo de cobertura e conter pequenos furos com diâmetros semelhantes aos dos ninhos naturais de mamangavas encontradas na região do agricultor. Os furos devem ser no sentido oblíquo, de baixo para cima, servindo de abrigo às novas fêmeas como ponto de partida para a escavação de novos ninhos (Freitas & Oliveira-Filho, 2001).

A criação de mamangavas em ninhos-armadilhas é uma técnica que vem sendo estudada visando reduzir os problemas relacionados à introdução e manutenção dessas abelhas em áreas agrícolas. Ninhos-armadilhas são peças confeccionadas com vários tipos de materiais e que contêm uma cavidade em seu interior. Os materiais mais utilizados são gomos de bambu fechado em uma das extremidades pelo próprio nó ou blocos de madeira perfurados.

Nos blocos de madeira, são sugeridos furos com diâmetros largos, geralmente maiores que 1,8 cm. Os gomos de bambu como alternativa para os ninhos-armadilhas devem ter comprimento de 17 a 25 cm e diâmetros de 1,8 a 2,0 cm. As paredes do bambu devem ser mais grossas, pois as mamangavas precisam roer o material. Ao cortar o bambu, deve-se ter o cuidado de deixar um dos lados fechado, cortando rente ao nó para que sirva de fundo do ninho, e o outro aberto, para a entrada e saída das abelhas. Os bambus e os blocos de madeira devem ser distribuídos na propriedade, dispostos horizontalmente, em suportes em forma de prateleira e em local protegido (Camillo, 2000; Freitas & Oliveira-Filho, 2001).

Freitas & Oliveira-Filho (2001) apresentaram um modelo para criação racional de mamangavas, as técnicas de manejo e a importância dessas abelhas para polinização do maracujá (Figura 68). De acordo com os autores, o manejo descrito no estudo é recomendado para o uso em cultivos dessa fruta, mas pode ser adaptado para outras espécies vegetais beneficiadas com os serviços de polinização prestados por mamangavas de toco. A colmeia proposta é constituída basicamente por três peças: o quadro, a caixa e a tampa. A caixa, com dimensões externas de 51 cm de comprimento, 41 cm de largura e 24 cm de altura, tem função de suporte para os quadros (verdadeiros ninhos), funcionando também como uma forma de escurecê-los (mais detalhes podem ser encontrados em Freitas & Oliveira-Filho, 2001).

Mamangavas-de-chão (Apidae) – Em algumas espécies, os ninhos podem ser subterrâneos, estabelecidos em pequenas cavidades naturais ou refúgios habitados anteriormente por pequenos mamíferos (p.ex., roedores), enquanto outras nidificam sob moitas densas de ervas ou detritos vegetais na superfície do solo (Moure & Sakagami, 1962; Mader et al., 2011). São abelhas que merecem atenção, pois nidificam muitas vezes próximo a lavouras ou áreas que serão cultivadas, o que, associado à sua agressividade, leva à destruição dos seus ninhos pelos agricultores. Como são importantes polinizadores de plantas nativas e cultivadas, o produtor deve proteger seus ninhos quando encontrá-los, podendo usar estacas para demarcação e sinalização dos locais onde eles se encontram. Essa prática promove a proteção e a manutenção de seus ninhos. O agricultor também pode criar áreas para construção de ninhos fornecendo ou permitindo o crescimento de vegetação densa e alta em áreas não cultivadas de sua propriedade.

Mamangava-pardinha (Apidae) – Abelhas *Centris* possuem hábitos muito variados quanto à construção dos ninhos, podendo escavar ninhos simples ou compostos em solo plano, desnudo ou camuflados no folhicho ou em barrancos verticais expostos ao sol. Algumas espécies nidificam em solos arenosos, horizontais ou verticais (barrancos). Certas espécies escavam seus ninhos tanto em áreas descampadas e sob forte incidência solar durante parte do dia, como em lugares protegidos da luz solar e embaixo de arbustos, enquanto outras mostram preferências por locais sombreados ou solo desnudo (Rego & Albuquerque, 2006). Outras espécies constroem seus ninhos dentro de cupinzeiros. Também podem utilizar cavidades preexistentes como galerias de madeira feitas por outros insetos ou ninhos abandonados de outras espécies de abelhas e vespas, em orifícios feitos por besouros ou em ocos de árvores vivas ou mortas.

Gomos de bambu e blocos de madeira perfurada foram testados como substrato de nidificação de *C. tarsata* constatando-se uma preferência pelos ninhos-armadilhas de madeira. Os ninhos-armadilhas podem ser como os utilizados para mamangavas-de-toco, mas com orifícios de preferência entre 8 e 10 mm (Morato et al., 1999; Rego & Albuquerque, 2006; Drummond et al., 2008). Constatou-se também que em outras espécies, as fêmeas podem construir seus ninhos em orifícios preexistentes, em troncos mortos de aroeira (Anacardiaceae) ou em termiteiros (cupinzeiros), ambas em áreas sob domínio do Cerrado.

Rego & Albuquerque (2006) sugerem a manutenção de pequenas áreas abertas, ensolaradas, próximas a fontes de água e de recursos florais diferenciados, especialmente de néctar, próximos às plantações. Para as autoras, outra questão a ser considerada são os cuidados com o solo, evitando a sua remoção principalmente em áreas com sítios de nidificação já formados.

Abelhas-sem-ferrão (Apidae) – O tamanho das abelhas-sem-ferrão, bem como a população de seus ninhos e suas necessidades de nidificação varia muito, apresentando, portanto, exigências diferentes em relação à qualidade do *habitat* (Roubik, 1983; Batista et al., 2003, Antonini & Martins, 2003). Os ninhos da maioria das espécies são construídos predominantemente em ocos de árvores, mas outras cavidades em fendas de rochas, muros, paredes de casas e mourões de cerca também podem ser utilizados. Há espécies com ninhos

subterrâneos ou outras ainda com ninhos expostos (aéreos) (Figura 69). A estrutura da entrada dos ninhos na maior parte das espécies está relacionada com o seu sistema de defesa, sendo em alguns casos inconspícua ou camuflada (Nogueira-Neto, 1997; Camargo & Pedro, 2003; Roubik, 2006; Witter et al., 2009).

Várias espécies de *Melipona* têm-se mostrado dependentes dos ambientes florestais, não sendo encontradas nos ambientes abertos, a não ser nas margens das matas (Silveira et al., 2002). Para algumas espécies desse gênero, a dependência das florestas se explica, pelo menos em parte, pela necessidade de árvores relativamente grandes em diâmetro, em cujos ocos elas nidificam.

Existem espécies de abelhas-sem-ferrão que nidificam obrigatoriamente no subsolo, muitas vezes sendo encontradas em profundidades superiores a um metro. São exemplos no Rio Grande do Sul a bieira, a guiruçu ou mel-de-chão e a mirim-sem-brilho (Camargo, 1974; Camargo & Wittmann, 1989). Dentro da terra, as condições externas são únicas e extremamente estáveis, o que poderia explicar a baixa adaptabilidade das colônias de algumas espécie de meliponíneos de ninhos subterrâneos em colmeias racionais. Os problemas de manejo comprometem os estudos sobre aspectos de biologia dessas espécies. A falta de investigações limita especialmente nosso conhecimento sobre a importância desse grupo de abelhas como polinizadoras nos vários ecossistemas. Além das dificuldades encontradas no manejo, algumas espécies de abelhas construtoras de ninhos subterrâneos se tornaram raras nas últimas décadas. A destruição do ambiente natural, e o avanço e a intensificação da agricultura são considerados como os fatores mais importantes desse processo de mudanças drásticas de *habitat*. Pesquisadores têm proposto modelos de colmeias para criação racional de abelhas-sem-ferrão que nidificam no subsolo. Entretanto, a manutenção e conservação dos sítios naturais de nidificação dessas espécies é ainda a melhor opção para a utilização de seus serviços como polinizadoras de culturas nas propriedades rurais (Quadro 4) (Nogueira-Neto, 1997; Koedam & Mendes, 2009).

A criação racional de meliponíneos (meliponicultura), termo introduzido por Nogueira-Neto em 1953, vem demonstrando ser uma excelente alternativa de geração de renda para as populações tradicionais (Magalhães & Venturieri, 2010). Quando criadas racionalmente, muitas espécies são relevantes para a produção de mel, bem como para a melhoria da produção agrícola através dos serviços de polinização que proporcionam (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Slaa et al., 2006).

Enxames de abelhas-sem-ferrão podem ser atraídos utilizando-se ninhos-armadilhas (Figura 70). Essa é a única forma permitida legalmente (INSTRUÇÃO NORMATIVA SEMA N° 3/2014) para

(página à direita)

FIGURA 69: Abelhas sem ferrão (Meliponini): A) ninho de mirim emerina (*P. emerina*); B) entrada do ninho de jataí (*T. angustula*); C) entrada do ninho de mel de chão (*Schwarziana quadripunctata*); D) ninho de mirim saiqui (*P. saiqui*); E) entrada do ninho de guaraiço (*Melipona bicolor schencki*); F) entrada do ninho de mandaçaia (*M. quadrifasciata*).
Fotos: Fernando Dias.



a obtenção de colônias de abelhas-sem-ferrão da natureza. No caso desse grupo de abelhas, garrafas plásticas tipo *pet*, como as de refrigerante, cumprem bem o papel. Elas devem ser pretas ou cobertas com saco plástico preto para evitar a iluminação do seu interior (Figura 70A). Para a atração, uma solução de própolis do batume e/ou cerume de meliponíneos diluída em álcool pode ser aplicada no interior da garrafa com um spray. A entrada pode ser feita com um cotovelo de PVC banhado em cera de *A. mellifera* e própolis, que pode ser o mesmo utilizado no interior da garrafa. O período de maior ocupação por enxames geralmente é a primavera (outubro a dezembro), e o tamanho da garrafa mais ocupada é de três litros (Oliveira et al., 2012). Outra opção é a utilização de colmeias já utilizadas anteriormente (Figura 70B) ou troncos de árvores mortas (Figura 70C).

(abaixo)

FIGURA 70: Armadilhas para atrair enxames de meliponíneos: A) garrafa plástica tipo *pet* (jataí, tubuna, vorá, mirim e iraiá); B) colmeias utilizadas para coleta de enxames de mirim; C) troncos de árvores mortas utilizadas para coleta de enxames de mirim.

Fotos: Cristiano Menezes, Vania Maria Sganzerla e Fernando Dias.



9.3. Plantas para sustentar polinizadores em áreas agrícolas

9.3.1. Onde são encontradas as plantas que sustentam os polinizadores e importância da diversidade

Conforme o agricultor começa a perceber a presença de abelhas nativas nas flores de suas culturas, torna-se importante identificar as plantas que sustentam esses insetos e onde elas se encontram na propriedade rural.

As abelhas vivem onde houver flores, e sua ocorrência está intimamente ligada com a diversidade de espécies de plantas, que apresentam flores com morfologias variadas, presentes na vegetação circundante às áreas agrícolas. Isso deve-se ao fato de que as abelhas possuem glossas (a língua das abelhas), com diferentes comprimentos e, conseqüentemente, irão se alimentar nas flores de forma diversa (Schlindwein, 2000). Em flores muito abertas o néctar e o pólen são facilmente acessíveis a insetos de todos os tamanhos, incluindo as abelhas com língua curta. Entretanto, em outras, o acesso a esses recursos é mais difícil. Em muitas espécies de plantas o néctar está escondido em tubos florais compridos e câmaras nectaríferas que podem ser acessados somente por abelhas com peças bucais longas. Entre as espécies de abelhas com peças bucais extremamente longas, citam-se as abelhas coletoras de perfumes (Euglossini), abelhas vibradoras (Bombini) e abelhas coletoras de óleos florais (Centrindini) (Schlindwein, 2000).

Além de néctar e pólen, as abelhas precisam de outros recursos florais para sua sobrevivência. Algumas espécies possuem uma relação muito estreita com plantas que oferecem resinas, óleos florais e perfumes. As resinas são utilizadas por meliponíneos na construção dos ninhos, os óleos são coletados nas plantas por *Centris* (ver seção 9.1) e outras espécies de abelhas, enquanto os perfumes são coletados por machos de Euglossini (abelhas das orquídeas) em flores de certas espécies de orquídeas, os quais os utilizam na atração das fêmeas para reprodução (Nogueira-Neto, 1997; Schlindwein, 2000; Singer, 2001; Singer, 2004). As abelhas Megachilidae também utilizam pedaços de folhas na construção dos ninhos e resinas para cimentar as células de cria (ver seção 9.2).

Dessa forma, a manutenção das abelhas nativas e, conseqüentemente, de seus serviços ambientais em um determinado agroecossistema, depende fundamentalmente da manutenção de áreas naturais que abriguem o máximo possível de diversidade vegetal. Assim, a presença de uma maior complexidade de espécies de plantas poderá sustentar de forma mais eficiente uma comunidade de insetos benéficos, não somente as abelhas, mas as populações de inimigos naturais das pragas de culturas. Nas monoculturas, as pragas exibem taxas de colonização mais altas, tempos de permanência mais longos, menos barreiras ao encontro do hospedeiro e maior potencial reprodutivo (Aguair-Menezes, 2004). Isso ocorre porque as monoculturas simplificam a diversidade da vegetação nas paisagens e, conseqüentemente, reduzem o número e a atividade dos insetos inimigos naturais através da remoção de recursos alimentares e de locais de reprodução (Altieri et al., 2003).

Dessa maneira, a agricultura implica na simplificação da estrutura do ambiente sobre áreas extensas, substituindo a diversidade natural por um pequeno número de plantas cultivadas e de animais domésticos, tendo como resultado final um ecossistema artificial que

requer constante intervenção humana (Altieri et al., 2003). A redução na biodiversidade de plantas e os efeitos resultantes em cadeia podem afetar as funções dos ecossistemas, com consequências posteriores sobre a produtividade agrícola e a sustentabilidade do agroecossistemas (Altieri et al., 2003).

O primeiro passo para alcançar uma paisagem agrícola mais diversificada é reduzir ou eliminar insumos agrícolas que tenham efeito negativo em ecossistemas naturais (principalmente agrotóxicos) e reavaliar práticas agrícolas que interfiram nessa diversificação, como o plantio de monocultivos em grande escala. O próximo passo é encorajar e manter a presença de espécies nativas na unidade produtiva (Gliessman, 2000). Plantas nativas são frequentemente as melhores opções, pois normalmente são bem adaptadas às condições locais de solo e clima e, uma vez estabelecidas, requerem pouca atenção por parte do agricultor (Mader et al., 2011). Assim, uma estratégia-chave na agricultura sustentável é reincorporar a diversidade na paisagem agrícola e manejá-la de forma mais efetiva (Gliessman, 2000; Altieri et al., 2003).

Esse reestabelecimento da diversidade na paisagem agrícola deve levar em conta a disponibilidade de recursos alimentares para as abelhas silvestres, pois ela é crítica para o sucesso reprodutivo desses insetos.

Áreas com uma grande diversidade de plantas que fornecem uma sucessão de flores em diferentes estações do ano são extremamente benéficas para a manutenção de uma vasta gama de espécies de abelhas com variáveis períodos de atividade de voo (Mader et al., 2011).

As flores de algumas espécies de plantas servem ainda como abrigos para descanso e para a reprodução de muitas espécies de abelhas nativas, a exemplo de cactos, petúnias e abóboras (ver seção 9, Figuras 54, 55 e 56) (Silva, 1994; Schindwein & Wittmann, 1997; Stehmann & Semir, 2001; Alves-dos-Santos, 2002; Krug, 2007). Além disso, a disponibilidade de néctar e pólen para predadores e parasitoides é um dos pré-requisitos para potencializar sua eficácia como agentes de controle biológico de pragas (Barbosa et al., 2011). Assim, a diversificação da vegetação, além de promover a sobrevivência dos polinizadores, também auxilia na regulação das pragas através da restauração do controle natural, na reciclagem de nutrientes, na conservação do solo e de energia e na promoção de menor dependência de insumos externos (Altieri et al., 2003).

O componente vegetal dos agroecossistemas pode ser visto como um mosaico de áreas de cultivos anuais e perenes, fragmentos florestais, pastagens, campos de pousio, pomares, várzeas, campos abandonados (capoeiras) e plantações de árvores (Altieri et al., 2003). A diversidade pode ser melhorada no tempo através da rotação de culturas e, no espaço, na forma de cultivos de cobertura, policulturas, sistemas agrossilvopastoris, cercas vivas, conservação de fragmentos de florestas e matas ciliares, entre outros (Altieri et al., 2003).

Na propriedade rural, as plantas com flores que sustentam os polinizadores podem ser encontradas nesses diferentes ambientes, além dos corredores de vegetação nativa ou outras áreas conservadas, áreas de entorno dos corpos d'água e de áreas cultivadas, hortos domésticos, jardins, hortas, beira de estradas (Quadro 5), ou áreas não utilizadas ao redor dos

campos e no entorno de construções rurais etc. (Figura 71). Essas áreas proporcionam condições relativamente estáveis que permitem a manutenção de ninhos, plantas com flores e recursos materiais para construção dos ninhos das abelhas, garantindo a continuidade dos serviços de polinização. As áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente (APPs) das propriedades rurais podem e devem cumprir esse papel. Esses locais, além de conter plantas para coleta de recursos alimentares pelos insetos benéficos, ainda podem ser utilizados para nidificação das abelhas.

Alguns exemplos são listados abaixo.

Áreas de floresta – a presença de árvores no ambiente tem vários efeitos positivos sobre os polinizadores. Áreas cobertas com vegetação nativa apresentam, em geral, um número considerável de espécies de plantas que servem como fonte de néctar e pólen para insetos polinizadores, por meio de florescimento contínuo ou complementar ao longo do ano (Figura 72).

O camboatá-vermelho (*Cupania vernalis* Cambess) é uma opção para sustentar os insetos polinizadores em período de escassez de alimentos no período do outono. O camboatá-vermelho é uma espécie arbórea que ocorre em quase todas as formações florestais no Rio Grande do Sul (Lorenzi, 2002). Suas flores produzem néctar abundante e adocicado e são muito atrativas aos insetos, com destaque para as abelhas. Estudos recentes evidenciam a necessidade de polinização cruzada por insetos no camboatá-vermelho. Os principais visitantes



(acima)

FIGURA 71: Fragmentos de floresta, vegetação que circunda corpos d'água, beira de estradas e áreas não utilizadas ao redor dos campos podem oferecer recursos florais para alimentação e locais para nidificação das abelhas. Com isso o agricultor promove a manutenção das populações de abelhas na sua propriedade, disponibilizando os serviços de polinização para as culturas. Fotos: Fernando Dias.

(à esquerda)

FIGURA 72: Áreas de florestas nos entornos das lavouras são fontes de polinizadores e funcionam como um serviço do ecossistema que contribui para a produtividade agrícola. Fotos: Fernando Dias.





(acima)
 FIGURA 73: Flores de camboatá-vermelho oferecem recursos alimentares para as abelhas no período de outono-inverno no Rio Grande do Sul. A) tubuna; B) abelha melífera.
 Fotos: Daniela Ferreira.

(abaixo)
 FIGURA 74: As flores da espécie arbórea conhecida por carne-de-vaca é utilizada pelas abelhas para produzir o mel branco de Cambará do Sul, RS.
 Foto: Fernando Dias e Letícia Lopes.



florais identificados foram a abelha-melífera (*A. mellifera*) e a tubuna (*Scaptotrigona bipunctata*) (Figura 73) (Ferreira, 2009).

Na Mata de Araucária, as flores das espécies de plantas das famílias Asteraceae e Myrtaceae são importantes recursos de pólen no outono, inverno e verão (Lopes, 2012). Estudos mostram que bracatinga (*Mimosa scabrella*) é o recurso de pólen mais utilizado pelas abelhas no período de inverno e primavera, sendo importante para a manutenção das colônias de meliponíneos principalmente em épocas com baixa disponibilidade de alimentos (Lopes, 2012). Além disso, os meliponíneos são considerados importantes polinizadores das flores da bracatinga (Harter-Marques & Engels, 2003). Já no período de verão, as espécies de árvores conhecidas popularmente por carne-de-vaca (*Clethra scabra*), gramimunha (*Weinmannia paulinifolia*) e o *Eucalyptus* sp. são importantes recursos de pólen para as abelhas (Figura 74) (Lopes, 2012).

As áreas de *habitats* naturais ou seminaturais podem assegurar maior probabilidade de forrageamento, locais de nidificação (Quadro 6) e materiais de construção disponíveis dentro do alcance de voo das abelhas, sendo também usadas para descanso e reprodução (Freitas, 1991, 1995a). Além disso, espécies arbóreas servem de quebra-vento, facilitando o forrageamento das abelhas às flores.

A importância desse tipo de vegetação é demonstrada por alguns estudos, os quais mostram que existe uma relação entre a distância de fragmentos de vegetação nativa e a vantagem advinda do serviço de polinização que o ecossistema presta à cultura (Klein et al., 2003c; Kremen et al., 2002; Ricketts et al., 2004). Cultivos de café próximos a fragmentos de mata nativa (distância < 1 km) produzem, em média, 14,6% a mais quando comparados a sistemas distantes desses fragmentos. Os fragmentos de vegetação nativa mais próximos à cultura do café são importantes para o ganho em produção por funcionarem como fonte de polinizadores (De Marco & Coelho, 2004; Ferreira, 2008).

Áreas periféricas ou de entorno aos cultivos e corredores de *habitats* – cercas vivas, bordas de campos, margens de estradas, áreas de capoeira ou vegetação arbustiva e as matas ciliares (Figura 76), além de úteis aos polinizadores, também servem como fontes de outros insetos benéficos, como citado anteriormente (Figura 77) (Altieri et al., 2003).

Além disso, faixas de vegetação contínua e permanente podem ligar as áreas cultivadas e potencialmente aumentar a probabilidade de os polinizadores e outros animais silvestres colonizarem novas áreas de *habitat* próximo de campos agrícolas (Mader et al., 2011). Árvores ou arbustos plantadas no perímetro de áreas cultivadas, ao longo dos caminhos de uma unidade produtiva ou para demarcar limites também podem ser úteis para o agricultor, pois protegem contra o vento, fornecem produtos alimentares como frutos, além de proteger o solo da erosão e conservar reservatórios de inimigos naturais (Gliessman, 2000; Altieri et al., 2003). Do ponto de vista ecológico as cercas vivas e faixas de vegetação tampão aumentam a diversidade de espécies entre comunidades ou *habitats* e podem servir para atrair e fornecer *habitats* a organismos benéficos para a unidade produtiva (Gliessman, 2000). Quando plantadas em faixas mais largas, podem aumentar a biodiversidade geral da região. Esses fragmentos de vegetação também propiciam um corredor por onde abelhas e outros insetos benéficos podem migrar mais rapidamente através da paisagem agrícola (Gliessman, 2000; Altieri et al., 2003; Campanili & Schäffer, 2010; Mader et al., 2011).



(acima)

FIGURA 76: Mata ciliar no entorno do Rio Ibirapuitã, Alegrete, RS.
Foto: Sidia Witter

(abaixo)

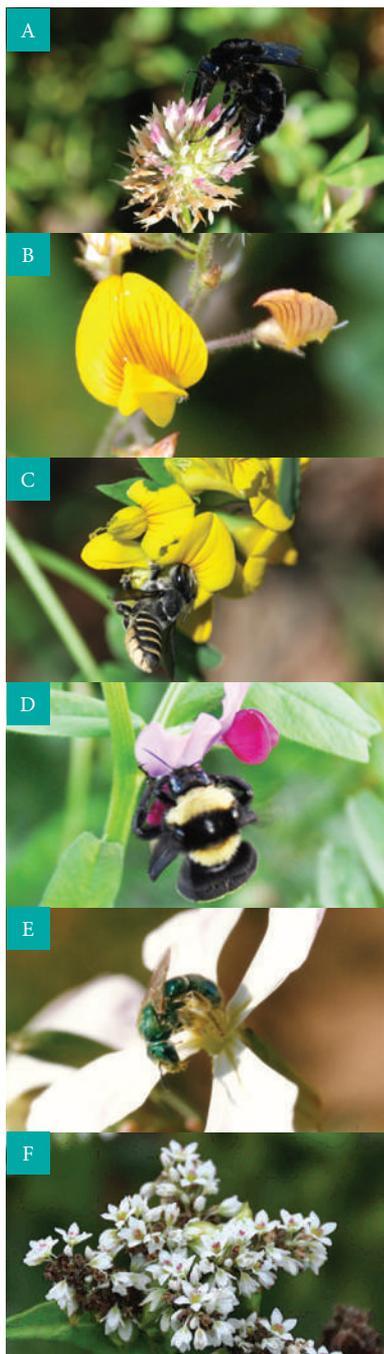
FIGURA 77: A conservação de plantas com flores ao longo das estradas fornece recursos alimentares para os polinizadores e locais para construção dos ninhos promovendo a permanência dos mesmos nas áreas agrícolas.
Fotos: Fernando Dias



Fonte de Polinizadores



Polinizadores?



(acima)

FIGURA 77: Plantas de cobertura que servem de recursos alimentares aos polinizadores: A) trevo; B) *Adesmia* spp.; C) cornichão; D) ervilhaca; E) nabo forrageiro; F) trigo-mourisco.

Fotos: Fernando Dias e Nadilson Ferreira.

A mata ciliar (o nome vem de cílios) é uma vegetação florestal que acompanha e protege os rios, lagos e nascentes. Além das funções já descritas, ela regula o ciclo das águas, evita erosão e enxurradas e também funciona como filtro ambiental, retendo poluentes e sedimentos que chegariam aos cursos d'água, sendo, assim, fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Em regiões devastadas como a Mata Atlântica, as matas ciliares também funcionam como corredores para que animais e sementes possam transitar e garantir a alimentação, proteção e variabilidade genética das mais diversas espécies (Campanili & Schäffer, 2010).

Pomares – áreas com frutíferas podem servir de fonte de recursos alimentares aos polinizadores durante um período, como por exemplo a maçã (Ortolan & Laroca, 1996), o pêssego (Mota & Nogueira-Couto, 2002) e o mirtilo (Sezerino, 2007). Mas o período de atividade dos polinizadores varia entre as espécies, e os mesmos podem continuar ativos após o período de floração de uma cultura específica. Se na propriedade rural há uma diversidade de culturas com diferentes períodos de floração, isso pode ser interessante para os polinizadores, pois as próprias culturas ajudam a fornecer uma sequência de flores aos polinizadores por longos períodos. Por exemplo, a ameixa e o pêssego florescem antes da maçã e, depois dessa, o kiwi. Se todas essas frutíferas são cultivadas em uma mesma área, elas garantem o fornecimento de alimento durante uma parte do ano (Mader et al., 2011).

Na ausência de floradas sucessivas, uma alternativa que pode sustentar um grande número de abelhas nativas é semear uma cobertura vegetal nos pomares. Além da importância para os polinizadores, os cultivos de cobertura podem ter impactos benéficos importantes sobre o ambiente, como melhorar o controle da erosão, fixação de nitrogênio, permeabilidade do solo, supressão de plantas daninhas, insetos, pragas e patógenos e abrigar insetos benéficos (Gliessman, 2000).

As plantas utilizadas para cobertura podem ser manejadas quando a cultura principal florescer, evitando assim, a competição entre elas caso haja desvio de polinizadores do pomar para essa cobertura. As melhores plantas para a cobertura são as que crescem com uma baixa estatura e têm abundância de flores (Mader et al., 2011). Algumas espécies de plantas com características para esse propósito incluem o trevo (*Trifolium* spp.), a ervilhaca (*Vicia villosa*), a alfafa (*Medicago* spp.), algumas espécies de *Adesmia* spp., o cornichão (*Lotus corniculatus*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e o trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) (Figura 77) (Silva et al., 2002; Altieri et al., 2003; Moreira & Bragança, 2011). Em geral, são recomendadas as leguminosas de baixo porte.

O próprio manejo da vegetação espontânea nesses pomares, além de proteger o solo da mesma forma que as coberturas exóticas, também podem fornecer floradas diversificadas no tempo e no espaço para a sobrevivência dos polinizadores em agroecossistemas (Figura 78) (Mader et al., 2011). Em cultivos de café e caju, por exemplo, é recomendada a manutenção de faixas de plantas nativas entre as ruas dos cultivos. Isso tem como objetivo manter polinizadores na área e, quando a floração das culturas iniciar, essas plantas podem ser removidas para que se evite o desvio de polinizadores das culturas-alvo (Freitas & Pinheiro, 2012).

As ervas daninhas podem ser um recurso alimentar importante em condições climáticas adversas ou no período reprodutivo das abelhas que produzem mais de uma geração por ano (Mader et al., 2011). Ervas daninhas ou adventícias são consideradas prejudiciais por competirem com a espécie principal e, em consequência, reduzirem o rendimento das culturas. Entretanto, essas ervas podem proteger a superfície do solo contra a erosão, absorver nutrientes que seriam lixiviados do sistema, adicionando matéria orgânica e inibindo seletivamente o desenvolvimento de espécies vegetais mais prejudiciais (Gliessman, 2000). Em geral, a agricultura preocupa-se em manter insetos e ervas daninhas fora do sistema de produção, o que consome grandes quantidades de insumos externos e nem sempre proporciona os resultados esperados (Gliessman, 2000). Mas, quando as interações entre ervas e insetos são examinadas do ponto de vista ecológico, a possibilidade de mantê-las no sistema a fim de controlar insetos indesejados, surge como uma opção. Dependendo da espécie de inseto, as ervas ou plantas invasoras podem proporcionar *habitats* e fontes alternativas de néctar, pólen, folhas ou presas (Altieri et al., 2003). Estudos mostram que o pólen, por exemplo, é indispensável para a produção de ovos de muitas moscas da família Syrphidae e também tem sido relatado como fonte de alimento para muitos besouros predadores da família Coccinellidae

(abaixo)

FIGURA 78: Culturas perenes, como as frutíferas, podem ser manejadas com uma cobertura de solo.

O próprio manejo da vegetação espontânea nos pomares protege o solo e pode fornecer floradas diversificadas no tempo e no espaço para os polinizadores. Fotos: Leticia Lopes.



(joaninhas). Além disso, esses estudos destacam um aumento do parasitismo de determinadas pragas em cultivos anuais e pomares com uma rica cobertura de flores silvestres (Altieri et al., 2003).

Jardins, hortas e espaços para plantas medicinais, aromáticas e condimentares – criar ou manter espaços com flores ornamentais, de hortaliças e de plantas medicinais, aromáticas e condimentares pode ser outra possibilidade de recursos alimentares para as abelhas além de ter grande importância para o agricultor na diversificação da produção na propriedade rural (Figura 79). As plantas medicinais, aromáticas e condimentares podem ser cultivadas em hortas e pequenos espaços sendo uma estratégia viável e de baixo custo para a manutenção das populações de polinizadores nas propriedades rurais.

A família Lamiaceae, por exemplo, inclui numerosas espécies de plantas de importância econômica como o manjeriço, a lavanda, orégano, manjerona, tomilho e alecrim, cujas flores são muito atrativas para diversas espécies de abelhas nativas (Mader et al., 2011; Garófalo et al., 2012). As flores de diferentes plantas dessa família são utilizadas por certas espécies de abelhas-corta-folhas (Megachilidae) para a obtenção de recursos alimentares (Raw, 2004). Essas plantas podem, em retorno, ser beneficiadas pelos serviços de polinização prestados por essas e outras espécies de abelhas nativas com a possibilidade de melhorar a produção de sementes (Garófalo et al., 2012). Outros exemplos estão relacionados na Tabela 5.

(página à direita)
 FIGURA 79: Espaços para atrair polinizadores nas propriedades rurais: A) e B) jardins; C), D), E), F) e G) Hortas e Hortos.
 Fotos: Fernando Dias.

(abaixo)
 TABELA 5: Plantas para polinizadores que podem ser cultivadas em pequenos espaços nas propriedades rurais.

Família	Nome popular	Nome científico	Abelha	Autor
Apiaceae	Funcho	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apidae e Halictidae	Hobold 2009
Asteraceae	Assa-peixe	<i>Vernonia polyanthes</i>	Apidae, Andrenidae e Halictidae	Alves, 2010
Asteraceae	Calêndula	<i>Calendula officinalis</i>	Apidae e Halictidae	Hobold 2009
Asteraceae	Camomila	<i>Chamomilla recutita</i>	Apidae e Halictidae	Hobold 2009
Asteraceae	Girassol-mexicano	<i>Tithonia</i> sp.	<i>Bombus</i>	Guidi & Witter, no prelo
Boraginaceae	Confrei	<i>Symphytum officinale</i>	<i>Bombus</i>	Guidi & Witter, no prelo
Lamiaceae	Manjeriço	<i>Ocimum basilicum</i>	Halictidae	Steiner et al., 2010
Lamiaceae	Boldo-do-brasil	<i>Coleus barbatus</i>	<i>Bombus</i> e Euglossini	Steiner et al., 2010
Lamiaceae	Hortelã-do-campo	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	Apidae, Halictidae, Andrenidae e Megachilidae	Steiner et al., 2010
Lamiaceae		<i>Leonurus japonicus</i>	Apidae	Steiner et al., 2010
Lamiaceae	Poejo	<i>Mentha pulegium</i>	Apidae e Halictidae	
Solanaceae	Jurubeba	<i>Solanum paniculatum</i>	<i>Bombus</i>	Guidi & Witter, no prelo
Tropaeolaceae	Capuchinha	<i>Tropaeolum majus</i>	<i>Bombus</i>	Guidi & Witter, no prelo



A



B



C



D



E



F



G

9.4. Redução do uso de pesticidas de risco para os polinizadores

Várias práticas agrícolas atuais causam impactos altamente negativos sobre os polinizadores, afetando sua diversidade, abundância e eficiência de polinização. Os efeitos mais drásticos dessas práticas decorrem dos agrotóxicos, sobretudo da sua forma inadequada de uso (Lima & Rocha, 2012).

Os efeitos dos agrotóxicos são divididos basicamente em dois tipos: letais e subletais. O efeito letal ocorre quando o inseto morre sob o efeito do agrotóxico. Ocorre principalmente na presença de floradas contaminadas que são densas e atrativas aos polinizadores, sendo a principal causa da morte (Pinheiro & Freitas, 2010; Lima & Rocha, 2012; www.pollinator.ca/canpolin). Já baixos níveis de dose e/ou baixa frequência de aplicação causam efeitos subletais, ou seja, que podem afetar o comportamento das abelhas forrageiras e reduzir o vigor da colônia sem causar a morte dos indivíduos contaminados (Freitas & Pinheiro, 2010; www.pollinator.ca/canpolin).

A contaminação pode ocorrer de algumas maneiras (Malaspina, 1979; Carvalho et al., 2009; Mader et al., 2011; Lima & Rocha, 2012; www.pollinator.ca/canpolin):

- por contato: as toxinas de ação rápida são absorvidas através do tegumento; ocorre quando as abelhas forrageiam em campos recentemente pulverizados;
- pela ingestão de néctar ou pólen contaminado: o néctar e o pólen também podem ficar contaminados através da utilização de inseticidas com ação sistêmica, que são absorvidos pelo tecido vegetal, incluindo o que compõe o grão de pólen.

Esses são modos de contaminação que ocorrem quando as abelhas visitam as flores. Contudo, as abelhas que nidificam no solo e suas larvas também não estão necessariamente protegidas de pesticidas. As aplicações de agrotóxicos para matar patógenos radiculares em campos agrícolas podem atingir os ninhos feitos no solo (Mader et al., 2011). Além disso, a contaminação por pesticidas não inclui somente as plantas da cultura-alvo, mas também outras dentro da área tratada, como as ervas-daninhas, ou plantas próximas que podem ser contaminadas pela deriva dos produtos pelo ar (Pinheiro & Freitas, 2010).

Para diminuir a contaminação dos polinizadores por agrotóxicos devem-se evitar pulverizações diurnas com inseticidas considerados de alto risco para abelhas, especialmente em culturas em pleno florescimento, visto que essa é a fase mais atrativa e as abelhas estão em intensa atividade de coleta (Freitas & Pinheiro, 2012). No caso de extrema necessidade, as aplicações devem ser realizadas em um horário do dia no qual os polinizadores já cessaram suas visitas às flores, o que dependerá da cultura, das condições climáticas, da estação do ano e da região geográfica (Freitas, informação pessoal).

Pesticidas cujo ingrediente ativo se degrada poucas horas após as aplicações podem ser pulverizados, com relativa segurança para as abelhas, durante a noite, adiantado período do entardecer ou início do amanhecer. Aplicações no início da manhã são mais perigosas que as realizadas ao entardecer ou à noite, e os pesticidas de maior efeito residual devem ser evitados, pois não há horário de aplicação que se mostre seguro (Pinheiro & Freitas, 2010; Freitas & Pinheiro, 2012). Uma lista de pesticidas de ampla utilização no Brasil, contendo seus efeitos sobre algumas espécies de abelhas e recomendações para boas práticas de manejo, é disponi-

bilizada no livro *Polinizadores e pesticidas: princípios de manejo para os agroecossistemas brasileiros* e pode ser facilmente encontrada na internet utilizando-se ferramentas de pesquisa como o Google.

Os fatores ambientais, especialmente a temperatura e a umidade, podem influenciar o potencial de toxicidade de um inseticida. Assim, um inseticida que oferece segurança para as abelhas pode tornar-se muito tóxico, dependendo da temperatura do ar: pesticidas aplica-

(abaixo)

FIGURA 80: Inseticidas são utilizados para combater pragas, mas causam impactos altamente negativos sobre polinizadores e inimigos naturais que também as combatem.

Fotos: Fernando Dias.



dos durante períodos frios oferecem maior risco às abelhas, pois a toxicidade de muitos deles tende a durar mais tempo em baixas temperaturas. Da mesma forma, devem-se evitar aplicações também quando a temperatura estiver muito alta, pois o acúmulo de abelhas na entrada da colônia para resfriar o interior da colmeia as torna susceptíveis ao inseticida que vem com o ar, podendo causar grande mortalidade (Pinheiro & Freitas, 2010; Mader et al., 2011; Freitas & Pinheiro, 2012).

A toxicidade é condicionada, também, pela seletividade dos pesticidas e pela sua formulação. Em relação à seletividade, quanto menos tóxico para as abelhas e mais eficaz contra organismo-alvo, melhor. Já em relação à formulação, formulações em pó molhável são mais prejudiciais às abelhas do que as líquidas, sendo que as formulações microencapsuladas são as que oferecem maior risco por liberarem gradativamente os ingredientes. Além disso, as microcápsulas apresentam tamanho semelhante aos grãos de pólen e podem ser levados pelas abelhas para os ninhos. Dessa forma, recomendam-se usar as formulações menos perigosas sempre que possível, como as granuladas e as em solução (Pinheiro & Freitas, 2010; Freitas & Pinheiro, 2012).

Os efeitos dos pesticidas também podem variar com o tamanho do inseto. A susceptibilidade a pesticidas aumenta com a diminuição do tamanho do polinizador, causando maior sensibilidade em abelhas menores da família Halictidae, por exemplo, do que abelhas de maior porte, como *A. mellifera* e as mamangavas (Pinheiro & Freitas, 2010; Mader et al., 2011; Freitas & Pinheiro, 2012).

Como vimos, inseticidas agem de modo direto sobre os polinizadores através de seus efeitos letais e subletais. Já os herbicidas agem de modo indireto, reduzindo a diversidade e a abundância de plantas que servem de recursos alimentares e locais de descanso, nidificação e reprodução (Mader et al., 2011; Freitas & Pinheiro, 2012). Alguns fungicidas de amplo uso em macieiras, particularmente no Brasil, podem repelir os polinizadores, diminuindo o forrageamento nas flores e provocando defeitos morfogênicos em adultos expostos na fase de larva (Solomon & Hooker, 1989; Johansen & Mayer, 1990 apud Freitas & Pinheiro, 2012).

A melhor forma de proteger os polinizadores da exposição por pesticidas é a comunicação entre agricultores, apicultores, vizinhos e profissionais da agricultura, o que permitirá que sejam tomadas as decisões apropriadas para proteger ou mover as abelhas das lavouras. Os apicultores contratados para os serviços de polinização estão cientes dos riscos que os pesticidas representam para suas abelhas, podendo se recusar a colocar suas colmeias em locais onde as lavouras estão sendo pulverizadas (www.pollinator.ca/canpolin).

9.5. Práticas agrícolas e polinizadores

Com base na identificação das espécies de abelhas, nos conhecimentos sobre locais de construção dos ninhos e das plantas importantes para as abelhas em sua propriedade, o agricultor então poderá ajustar suas práticas agrícolas com os recursos ambientais importantes para a manutenção dos polinizadores:

- minimizar o uso de inseticidas, selecionar os menos tóxicos ou ainda utilizar estratégias alternativas de manejo de pragas para reduzir o risco para as abelhas;
- fazer escalonamento de culturas com variedades de diferentes épocas de floração, garantindo um período maior de forrageamento das populações de abelhas: em sistemas agrícolas que empreguem a rotação de culturas no tempo e no espaço, é interessante que o planejamento da implantação dos cultivos em cada ciclo produtivo do ano envolva sempre espécies que tenham a necessidade de polinização entomófila, e, portanto, com potencial para alimentar as abelhas. Seria o caso, por exemplo, de dois talhões, em que um foi cultivado com girassol (polinização entomófila) e outro com milho (polinização pelo vento). No inverno, a rotação se daria com a implantação do trigo (autofecundação) e canola (polinização entomófila) (Figura 81). Dessa forma, sempre haverá uma cultura capaz de manter a população de abelhas estabelecidas na área;
- adotar sistemas de manejo do solo que minimizem seu revolvimento, como o plantio direto ou preparo reduzido, a fim de diminuir impactos negativos aos ninhos de abelhas com ninhos subterrâneos.

(abaixo)

FIGURA 81: O planejamento de cultivos poderá disponibilizar recursos florais para alimentar as abelhas ao longo do ano.

Fotos: Fernando Dias.



QUADRO 1 – FORRAGEIRAS NATIVAS *VERSUS* ABELHAS NATIVAS

Algumas espécies de leguminosas nativas no Rio Grande do sul apresentam alto potencial para exploração econômica na produção de forragem para o gado. Espécies nativas do gênero *Adesmia* podem ser utilizadas para esse propósito, a exemplo da *Adesmia tristis*, considerada uma opção para disponibilizar forragem para o gado no período de inverno (Ferreira, 2012). *Adesmia tristis*, entre outras espécies do gênero, está incluída na lista das espécies de plantas do futuro (Coradin et al., 2011). Os principais polinizadores dessa espécie são abelhas nativas das famílias Megachilidae e Andrenidae (Figura 82). Para a polinização de suas flores, a exemplo da alfafa (capítulo 6), faz-se necessária uma tensão nas pétalas por parte do visitante floral, para a coluna estaminal ceder expondo o estigma e os grãos de pólen (Raju et al., 2006), sendo que a *Apis mellifera* não se mostra hábil nesse processo. Quando essa abelha visita as flores, ela rouba néctar através da introdução da língua (glossa) entre as pétalas na base da flor, sem promover a polinização (Figura 82) (Ferreira, 2012).

Espécies de *Adesmia* podem naturalmente ocupar a beira de rios, arroios, banhados, barrancos, locais perturbados como beira de estradas, locais de transição entre mata e campo, pastagens, campos gramíneos, arbustivos, subarbustivos e densamente arbustivos, bordas de matas e baixadas úmidas com banhados (Ferreira, 2012).

Se o agricultor cultivar espécies de forrageiras nativas, conservar e/ou manter áreas onde elas crescem naturalmente, ele poderá manter populações de abelhas nativas em sua propriedade a partir no fornecimento de recursos alimentares para elas. Em contrapartida, as abelhas nativas consideradas os principais polinizadores de várias espécies do gênero *Adesmia*, contribuirão com os serviços de polinização e produção de sementes de forrageiras nativas (*Adesmia*) e exóticas (alfafa) (ver capítulo 6) (Ferreira et al., 2012).

FIGURA 82: A) Abelha-corta-folha polinizadora das flores de *Adesmia*; B) abelha melífera roubando néctar na flor de *Adesmia*. Fotos: Betina Blochtein e Nadilson Ferreira.

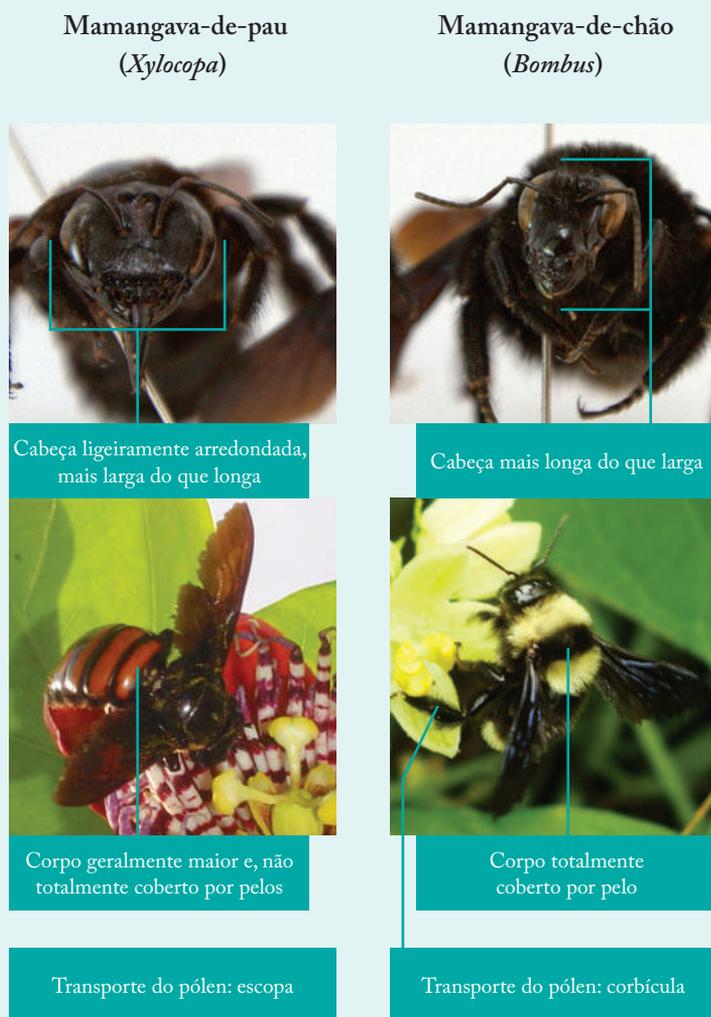


QUADRO 2 – DIFERENÇAS ENTRE MAMANGAVAS-DE-PAU E MAMANGAVAS-DE-CHÃO

As mamangavas-de-pau, ou abelhas-carpinteiras, e as mamangavas-de-chão são geralmente confundidas pelos agricultores por serem grandes e robustas. No entanto, um pouco de atenção é suficiente para distingui-las. Veja tabela e figuras:

	Mamangava-de-pau (<i>Xylocopa</i>)	Mamangava-de-chão (<i>Bombus</i>)
Cabeça	Ligeiramente arredondada, mais larga do que longa	Mais longa do que larga
Corpo	Geralmente maior e, não totalmente coberto por pelos	Totalmente coberto por pelos
Transporte do pólen	Escopa	Corbícula

FIGURA 83: Diferenças entre mamangavas-de-pau e mamangavas-de-chão. Fotos: Sergio Bavaresco, Bernadete Radin e Leticia Lopes.



QUADRO 3 – LOCAIS DE NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS-CORTA-FOLHAS NO PAMPA

Ninho de abelhas-corta-folhas foi localizado sob rochas de arenito em Mata Ciliar na APA do Ibirapuitã, em Santana do Livramento, RS. A Área de Preservação Ambiental do Ibirapuitã é uma unidade de conservação localizada na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul (55°29'W a 55°53'W e 29°05'S a 30°51'S), na região pampiana, abrangendo parte dos municípios de Alegrete, Quaraí, Rosário do Sul e Santana do Livramento, distante cerca de 600 km da capital, Porto Alegre. Ocupa uma superfície de aproximadamente 318.767 hectares, que circunscreve o trecho superior da bacia do rio Ibirapuitã. A área inclui formações campestres e florestais de clima temperado, distintas de outras formações existentes no Brasil (<http://www.icmbio.gov.br/>).

FIGURA 84: A) ninho de abelha-corta-folha construído sob rocha de arenito; B) mata ciliar onde os ninhos foram encontrados. Foto: Ricardo Ott.

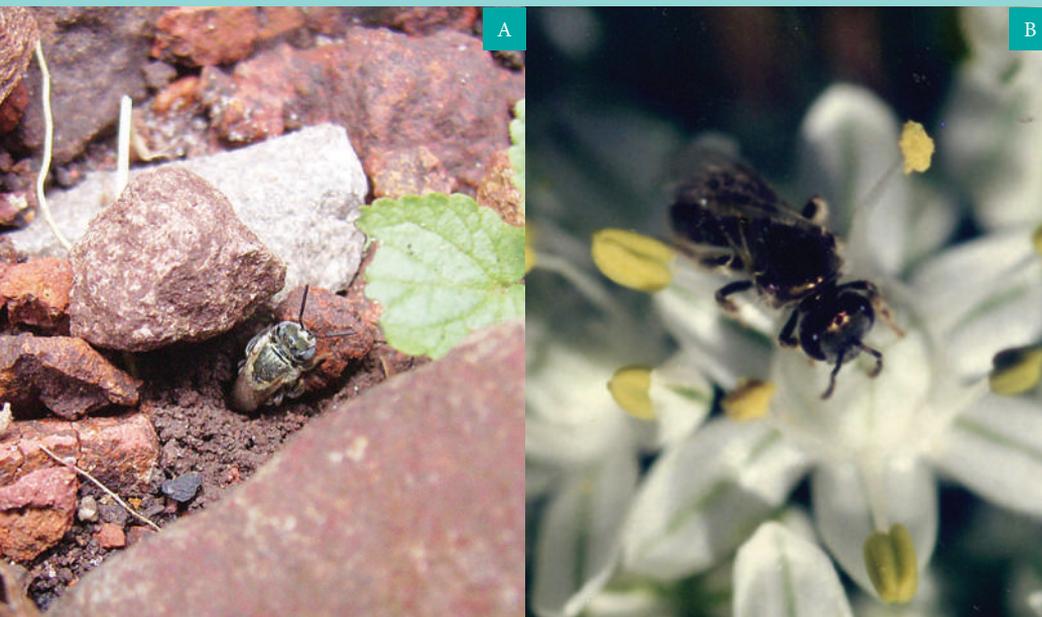


QUADRO 4 – MELIPONÍNEOS DE SOLO E AS PRÁTICAS AGRÍCOLAS

Quando um polinizador coleta alimento e constrói ninhos em ambientes naturais que circundam áreas cultivadas, essas são favorecidas pelo abastecimento dos serviços de polinização. Esse fato pode ser exemplificado no Rio Grande do Sul pela presença de ninhos nativos de uma espécie de abelha-sem-ferrão conhecida popularmente por bieira (*Mourella caerulea*), em áreas para produção de sementes de hortícolas na região da campanha. Operárias dessa espécie de abelha social foram observadas visitando flores de cebola, cenoura, couve, coentro, além de plantas silvestres. Trata-se de uma espécie-de-abelha sem ferrão que constrói ninhos subterrâneos, aproveitando os espaços entre as raízes das plantas, a uma profundidade de 40 a 50 cm (Figura 85) (Camargo & Wittmann, 1989).

No entanto, os ninhos da bieira podem ser destruídos acidentalmente nas operações de preparo do solo para implantação de cultivos. Tais práticas contribuem para diminuir as populações e, conseqüentemente, reduzir o número de polinizadores nativos que colaboram com a polinização de plantas nativas e cultivadas da região. A ocorrência de *M. caerulea* no Paraná, por exemplo, sempre foi muito pontual e relacionada à existência de campos naturais bem preservados. A perda de *habitats*, principalmente pelo avanço da agricultura sobre as áreas de campos naturais, destruindo ou aterrando os ninhos subterrâneos dessa espécie e suprimindo suas fontes alimentares, paralelamente com o uso indiscriminado de agrotóxicos, representa as sua principal ameaça no Paraná (Mikich et al., 2004). As abelhas que nidificam no solo são mais difíceis de manejar. Uma possibilidade de conservação dos ninhos localizados na propriedade seria proteger as áreas de nidificação a partir de placas sinalizadoras. A reduzida movimentação do solo, proporcionada pela adoção do plantio direto, também poderia ser uma solução viável que, além de outros benefícios, protegeria os seus ninhos subterrâneos.

FIGURA 85: A) ninho de bieira (*M. caerulea*) em área para produção de sementes de hortícolas no pampa gaúcho; B) operária de bieira em flor de cebola. Fotos: Sídia Witter e Juliana G. Teixeira.



QUADRO 5 – VEGETAÇÃO DE BEIRA DE ESTRADAS *VERSUS* ABELHAS DAS PETÚNIAS

Petunia é um gênero de planta herbácea da família Solanaceae, tipicamente sul-americana e conhecido popularmente por petúnia. No Rio Grande do Sul, ocorrem sete espécies, e todas são ornamentais (Soares, 2011). São encontradas nos mais variados tipos de ambientes, como nos campestres, em afloramentos rochosos e locais perturbados pela ação antrópica (Longo, 2005). Em estudos realizados no Rio Grande do Sul, constatou-se a presença de plantas desse gênero em áreas de entornos das lavouras de canola e em barrancos de beira de estrada às margens do cultivo. Paralelamente, diversas espécies de abelhas nativas foram registradas nas lavouras e, entre elas, fêmeas e machos das abelhas das petúnias (*Callonychium petuniae*) no município de Guarani das Missões no mês de setembro (Witter et al., no prelo).

Petunia integrifolia é uma espécie de petúnia que ocorre na Região Sul do Brasil e também no Uruguai, Argentina e Paraguai. É considerada uma das espécies de planta do futuro da Região Sul (Coradin et al., 2011). A inflorescência se ramifica, apresentando muitas flores de corola magenta a purpúrea com anteras e pólen azul-violáceo. As anteras são poricidas, o que faz com que essa planta necessite de polinizadores que realizem polinização por vibração para sua reprodução.

Suas flores atraem abelhas de poucas espécies, e a floração ocorre principalmente na primavera e verão (Silva, 1994; Soares et al., 2008). A abelha das petúnias (*C. petuniae*) é a polinizadora mais eficiente na reprodução dessa espécie de planta no Rio Grande do Sul. Os machos, ao coletarem néctar nas flores, também contribuem para a sua polinização (Wittmann et al., 1990). As fêmeas de *C. petuniae* são dependentes de pólen das petúnias, as quais são fontes exclusivas de pólen para a alimentação de sua prole (Silva, 1994). Estudos mostram que essas abelhas utilizam as flores de petúnia não só para coletar recursos alimentares, mas também para dormir e acasalar. Os machos emergem primeiro que as fêmeas, e ambos são ativos nessas flores de outubro a fevereiro. As cópulas ocorrem durante a coleta de recursos alimentares pelas fêmeas (Silva, 1994).

A conservação da vegetação das áreas onde essas plantas crescem naturalmente (entornos de lavouras, barrancos, beira de estradas etc.) pode servir para alimentação de fêmeas e machos das abelhas das petúnias, bem como locais para dormir e acasalar (Figura 86). Outra possibilidade é o cultivo de petúnias nativas com vistas à manutenção e aumento das populações de abelhas em áreas agrícolas, contribuindo também para aumentar os serviços de polinização dessas áreas.

FIGURA 86: A manutenção de flores de petúnia que se desenvolvem na beira das estradas próximas às lavouras pode servir de recursos alimentares e de locais para repouso e cópula de polinizadores. Fotos: Fernando Dias e Dieter Wittmann.



QUADRO 6 – SUBSTRATOS DE NIDIFICAÇÃO PARA GUARAIPO

Melipona bicolor schenki, conhecida popularmente por guaraiipo, é uma espécie de meliponíneo ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Um trabalho recente realizado em um fragmento conservado de Mata com Araucária, na região nordeste do Estado, mostrou que os ninhos dessa espécie são preferencialmente encontrados em árvores da família Lauraceae, conhecidas popularmente por canelãs (*Cinnamomum amoemum*) (Lopes, 2012). O plantio de *Pinus* na região resulta na substituição de áreas com diversas espécies vegetais por uma única espécie de planta que não produz flores, reduzindo a pastagem apícola e retirando os potenciais locais para construção dos ninhos das abelhas-sem-ferrão, em especial de guaraiipo (Amoroso & Ries, 2005). O desaparecimento de espécies de abelhas-sem-ferrão pelo desmatamento ou extrativismo implica a diminuição de espécies vegetais importantes em nossos ecossistemas. Isso pode ocorrer porque as plantas cujas flores são polinizadas por essas abelhas terão sua capacidade de produzir sementes diminuídas, podendo até ser extintas.

FIGURA 87: A guaraiipo utiliza fragmentos conservados de Floresta com araucária para construção de seus ninhos. Fotos: Fernando Dias e Letícia Lopes.



Referências

- ABAK, K.; SARI, N.; PAKSOY, M.; KAFTANOGLU, O.; YENINAR, H. Efficiency of bumble bees on the yield and quality of eggplants and tomato grown in unheated greenhouses. *Acta Horticulturae*, v. 512, p. 268-274, 1995.
- _____; OZDOGAN, A. O.; DASGAN, H. Y.; DERIN, K.; KAFTANOGLU, O. Effectiveness of bumble bees as pollinators for eggplants grown in unheated greenhouses. *Acta Horticulturae*, v. 514, p. 197-203, 2000.
- AL-ATTAL, Y. Z.; KASRAWI, M.A.; NAZER, I.K. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. *Agricultural and Marine Sciences*, v. 8, p. 21-26, 2003.
- ACOSTA, A.; GAVIOLA, J. C.; GALMARINI, C. *Manual de produccion de semillas hortícolas*: cebolla. José Crnkó: Mendoza, 1993.
- ADAMSON, N. L.; ROULSTON, T. H.; FELL, R. D.; MULLINS, D. E. From April to August – Wild Bees Pollinating Crops Through the Growing Season in Virginia, USA. *Environmental Entomology*, v. 41, n. 4, p. 813-821, 2012.
- ADEGAS, J. E. B.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Entomophilous pollination in rape (*Brassica napus* L. var oleifera) in Brazil. *Apidologie*, v. 23, n. 1, p. 203-209, 1992.
- ADEL, M. R.; NAMAGHI, H. S.; MOJTABA, HOSSEINI. Effects of insect pollinators on onion seed production quality and Quantity. *Journal of Crop Protection*, v. 2, n. 4, p. 395-402, 2013.
- AGUIAR-MENEZES, E. L. Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola. (Documento 177). *Seropédica*, Embrapa Agrobiologia, 2004, 68 p.
- ALIERI, M.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. *O papel da biodiversidade no manejo de pragas*. Ribeirão Preto: Holos, 2003, 226 p.
- ALI, M.; SAEED, S.; SAJJAD, A.; WHITTINGTON, A. In search of the best pollinators (*Brassica napus* L.) production in Pakistan. *Applied Entomology and Zoology*, v. 46, p. 353-361, 2011.
- ALLSOPP, M. H.; DE LANGE, W. J.; VELDTMAN, R. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PLoS ONE*, v. 3, n. 9.
- ALVARENGA, M. A. R. *Tomate*: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora Universidade Federal de Lavras, 2004. 400 p.
- ALVES, L. H. S. *Abelhas visitantes florais de Vernonia polyanthes Less. (Asteraceae), em Valença, RJ*. 2010. 59 p. Mestrado. Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, área de concentração Entomologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. Abelhas e plantas melíferas da Mata Atlântica, restingas e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 43, p. 191-223, 1999.
- _____. A vida de uma abelha solitária. *Ciência Hoje*, v. 179, p. 60-62, 2002.
- _____. Conhecimento e criação de abelhas solitárias: um desafio. *Revista de Tecnologia e Ambiente*, v. 10, n. 2, p. 99-114, 2004.
- _____; MACHADO, I. C.; GAGLIONE, M. C. História natural das abelhas coletoras de óleos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 4, p. 544-557, 2007.
- AMBONI, M. P. M. *Dieta, disponibilidade alimentar e padrão de movimentação do lobo-guajá, Chrysocyon brachyurus, no Parque Nacional da Serra da Canastra, MG*. 2007. Dissertação de mestrado – Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.
- AMOAKO, J.; YEBOAH-GYAN, K. Insect pollination of three solanaceous vegetable crops in Ghana with special reference to the role of African honeybee (*Apis mellifera adansonii*) for fruit set. *Acta Horticulturae*, v. 288, p. 255-259, 1991.
- AMOROSO, L. S.; RIES, J. E. Apicultura na Região Fisiográfica dos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul – Uma Visão Regional. In: *X Seminário Estadual de Apicultura, IV Encontro Estadual de Meliponicultores*, Cambará do Sul, RS, 2005.
- ANTONINI, Y.; MARTINS, R. P. The value of a tree species (*Caryocar brasiliense*) for a stingless bee *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*. *Journal of Insect Conservation*, v. 3, p. 167-164, 2003.
- ANTUNES, O. T. et al. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 94-99, 2007.
- ATLAS SÓCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/contedo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_contedo=1504>. Acesso em: jun. 2012.
- BANDA, H. J.; PAXTON, R. J. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae*, v. 288, p. 194-198, 1991.
- BARBIERI, R. L. Cebola: das Lágrimas ao sabor. In: BARBIERI, R. L.; STUNPF, e. R. (eds.). *Origem e Evolução das Plantas Cultivadas*. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008. p. 253-265.
- BARBOSA, F. S. et al. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas para uma agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 6, n. 2, p. 101-110, 2011.
- BATISTA, M.A., RAMALHO, M.; SOARES, A.E.E. Nesting sites and abundance of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) in heterogeneous habitats of the atlantic rain forest, Bahia, Brasil. *Lundiana*, v. 4, p. 19-23, 2003.
- BEST MANAGEMENT PRACTICES FOR POLLINATION IN ONTARIO CROPS. 2012. Disponível em: <http://www.pollinator.ca/canpolin/>. Acesso em: nov. 2012.
- BIESMEIJER, J. C. et al. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*, v. 313, p. 351-354, 2006.
- BISPO DOS SANTOS, S. A. et al. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, v. 8, n. 2, p. 751-757, 2009.
- BLOCHTEIN, B. et al. Comparative study of the floral biology and of the response of productivity to insect visitation in two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Biology*. 2013.
- BOHART, G. E.; NYE, W. P.; HAWTHORN, L. R. Onion pollination as affected by different levels of pollinator activity. *Utah Agricultural Experiment Station, Bulletin* 482, p. 1-60, 1970.
- BOMMARCO, R.; MARINI, L.; VAISSIÈRE, B. E. Insect pollination enhances seed yield, quality, and marked value in oilseed rape. *Oecologia*, v. 169, p. 1025-1032, 2012.
- BOSCH, J.; WILLIAM P. K. Alfalfa Leafcutting Bee Population Dynamics, Flower Availability, and Pollination Rates in Two Oregon Alfalfa Fields. *Journal of Economic Entomology*, v. 98, n. 4, p. 1077-1086, 2005.
- _____; KEMP, W. P. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*, v. 92, p. 3-16, 2002.
- BRITAIN, C. et al. Synergistic effects of non-Apis bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society - Biological Sciences*, v. 280, n. 1754, doi: 10.1098/rspb.2012.2767, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2767>.
- BROMENSHENK, J. J. et al. Iridovirus and Microsporidian Linked to Honeybee Colony Decline. *PLoS ONE*, v. 5, n. 10, p. 13181, 2010.
- BROOThAERTS, W.; VAN NERUM, I.; KEULEMANS, J. Update on and review of the incompatibility (S-) genotypes of apple cultivars. *HortScience*, v. 39, v. 5, p. 943-947, 2004.
- BUCHMANN, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C. E., LITTLE, R. J. (eds.) *Handbook of Experimental Pollination Biology*. New York: Scientific and Academic Editions, Van Nostrand Reinhold, 1983. p. 73-113.
- _____. GARY, P. N. *The forgotten pollinators*. Washington, D.C.: Island Press [for] Shearwater Books, 1996.
- _____. Aspects of Centridine biology (*Centris* spp.) importance for pollination, and use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinators of tomatoes and other crops. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. (eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p. 203-211.
- CALDERONE, N. W. Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992–2009. *PLoS ONE*, v. 7, n. 5.
- CAMARGO, J. M. F. Notas sobre a morfologia e biologia de *Plebeia (Schwarziana) quadripunctata quadripunctata* (Hym., Apidae). *Studia Entomologica*, v. 17, n. 1-4, p. 433-470, 1974.
- _____; WITTMANN, D. Nest architecture and distribution of the primitive stingless bee *Mourella caerulea* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae): evidence for the origin of *Plebeia* (s.lat.) on the Gondwana continent. *Studies on Neotropical Fauna & Environment*, v. 24, n. 4, p. 213-229, 1989.
- _____; PEDRO, S. R. M. Meliponini neotropicais: o gênero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) – bionomia e biogeografia. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 47, n. 3, p. 311-372, 2003.
- CAMAROTTI-DE-LIMA, M. F.; MARTINS, C. F. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotropica Entomology*, v. 34, n. 3, p. 375-380, 2005.
- CAMERONA, S. A. et al. Patterns of widespread decline in North American Bumble Bees. *Proceedings of the National Academy of Science*, v. 108, p. 662-667, 2011.
- CAMILLO, E. Aspectos ecológicos e evolutivos de abelhas do gênero *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae). 1979. 173fls. Dissertação – (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos. 1979.
- _____. Utilização de espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) na polinização do maracujá amarelo. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2., 1996, Ribeirão Preto. *Anais... Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto*, 1996a. p.141-146.
- _____. Polinização do maracujá amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. *Anais... Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura*, 1996b. p.317-321.
- _____. Polinização do maracujazeiro: mamangavas e africanizadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., 2000. *Anais... Florianópolis: Confederação Brasileira de Apicultura*, 2000. CD-ROM.
- _____. *Polinização do maracujá*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2003. 44 p.
- CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W. B. *Mata Atlântica: manual de adequação Ambiental*. (Série Biodiversidade, 35). Brasília: MMA/SBF, 2010. 96 p.
- CANE, J. H. A native ground-nesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. *Apidologie*, v. 39, p. 315-323, 2008.
- _____; PAYNE, J. A. Native bee pollinates Rabbiteye Blueberry. *Alabama Agricul-*

- tural Experiment Station, v. 37, n. 4, 1990.
- CAUICH, O. et al. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical México. *Journal of Economic Entomology*, v. 7, n. 2, p. 172-179, 2004.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA. What's in Canola oil? Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/canola-oil/> Acesso em: jun. 2013.
- _____. *Canola varieties*. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/crop-production/canola-grower's-manual-contents/chapter-2-canola-varieties/canola-varieties#history>. Acesso em: mai. 2013.
- CARVALHO, S. M. et al. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 597-606, 2009.
- CASTELLANE, P. D.; NICOLOSI, W. M.; HASEGAWA, M. *Produção de sementes de hortaliças*. Jaboticabal: FCAV/Funep, 1990. 261 p.
- CHAGNON, M.; GINGRAS, J.; OLIVEIRA, D. Pollination rate of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, v. 82, p. 1350-1353, 1989.
- CHAMBÓ, E.D. et al. Produção de genótipos de girassol pela ação de insetos polinizadores. *Revista Varia Scientia*, Cascavel, v. 9, n. 15, p. 131-139, 2009.
- _____. *Polinização em genótipos de girassol (Helianthus annuus L.) Marechal Cândido Rondon, PR, 2010*. 79 fls. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, 2010.
- CHIARI, W. C. et al. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005a.
- _____. et al. Floral biology and behavior of Africanized honeybees *Apis mellifera* in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 48, n. 3, p. 367-378, 2005b.
- _____. et al. Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica [*Glycine max* (L.) Merrill] Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. *Acta Scientiarum Agronomia*, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008.
- CHANDEL, R.S. et al. Onion seed crop pollination: a missing dimension in mountain horticulture. *Acta Horticulturae*, v. 631, p. 79-86, 2004.
- CHEN, N. C. *Eggplant seed production*. AVRDC International Cooperators' Guide. Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhuu, 2001.
- CHIARI, W. C. et al. Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica [*Glycine max* (L.) Merrill] Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. *Acta Scientiarum Agronomia*, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Canola*. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_06_16_52_23_apresentacaocanolaabril.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2013.
- CONNOR, L. J.; MARTIN, E. C. Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience*, v. 8, n. 4, p. 304-306, 1973.
- CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro. Brasília: MMA, 2011. 934p.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; KNOLL, F. R. N.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Nicho trófico e abundância de *Bombus morio* e *Bombus atratus* em diferentes biomas brasileiros. In: MELO, G. A. R.; ALVES-DOS-SANTOS, I. *Apoidea Neotropica*: Homagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure. Editora UNESC, Criciúma, 2003.
- CRANE, E.; WALKER, P. *Pollination directory for world crops*. London: International Bee Research Association, 1984. 183p.
- CRUZ, D. O. et al. Adaptação e comportamento de pajeij da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) em ambiente protegido. *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, v. 26, p. 293-298, 2004.
- _____. et al. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1197-1201, 2005.
- CUNHA, R.; BLOCHTEIN, B. Life history of *Monoecca xanthopiga* Harter-Marques, Cunha & Moure (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini) at the Araucária Plateau, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*. Zoologia, v. 20, p. 107-113, 2003.
- CURRAH, L. Onion flowering and seed production. *Scientific Horticulture*, v. 32, p. 26-46, 1981.
- _____. OCKENDON, D. J. Protandry and the sequence of flower opening in the onion (*Allium cepa* L.). *New Phytologist*, v. 81, p. 419-428, 1978.
- DAG, A.; EISIKOWITZ, D. The influence of hive location on honeybee foraging activity and fruit set in melons grown in plastic greenhouses. *Apidologie*, v. 26, p. 511-519, 1995.
- _____. KAMER, Y. Comparison between the effectiveness of honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*). *American Bee Journal*, Hamilton, v. 141, n. 6, p. 447-448, 2001.
- _____. AFIK, O.; STERN, R. A.; SHAFIR, S. Selection and breeding of honeybee strains for pollination of tree crops. *Proceedings of the 1st ApiEcoFlora Symposium*, San Marino, p. 15, 2012.
- DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O.V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 1-14.
- DALMAZZO, M.; ROIG-ALSINA, A. Estrutura do ninho e notas sobre o comportamento social dos *Augochlora amphitrite* (Schrotyk) (Hymenoptera, Halictidae). *Journal of Hymenoptera Research*, v. 26, p. 17-29, 2012.
- DELAFLANE, K. S.; MAYER, D. F. *Crop Pollination by Bees*. Wallingford, UK: CABI, 2000.
- DEL POZO IBAÑES, M. *La alfalfa, su cultivo aprovechamiento*. 2.ed. revisada e ampliada por Gamborino, Miguel Ibañez. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 379 p. 1977.
- DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A. O. Evaluation of the neotropical bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, v. 98, n. 2, p. 260-266, 2005.
- DE MARCO, P. J. R.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, v. 13, p. 1245-1255, 2004.
- DEQUECH, S. T. B. Estudos sobre a polinização de alfafa (*Medicago sativa* L. cv. Crioula) no município de Augusto Pestana. 1987. 170 fls. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia. UFRGS. 1987.
- DURÁN, X. A. et al. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 70, p. 309-314, 2010.
- DRUMMONT, P.; SILVA, F. O.; VIANA, B. F. Ninhos de *Centris (Heterocentris) terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em Fragmentos de Mata Atlântica Secundária, Salvador, BA. *Neotropical Entomology*, v. 37, n. 3, p. 239-246, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Berinjela (Solanum melongena L.)*. 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>.
- _____. *Pimentão*. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/hortalicasnaweb/pimentao.html> Acesso em: jun. 2012.
- _____. *Capsicum*. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/capsicum/cpimentao.html> Acesso em: jun. 2012.
- _____. *Girassol*. Disponível em <www.cnpsa.embrapa.br/>. Acesso em: mai. 2012.
- _____. *Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira*. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/download/c174_eletronica.pdf>. Acesso em: mai. 2012.
- _____. *Maracujá*. Disponível em: <www.cnpmp.embrapa.br/> Acesso em: 22 out. 2012.
- _____. *Cultivo da alfafa*. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Alfafa/SistemaProducaoAlfafa%3e.ril>. Acesso em: abr. 2012.
- FARIA JÚNIOR, L.R.R.; NASCIMENTO, J.B.; BARRETO, L.M.R.C. Eficiência polinizadora de *Apis mellifera* L. e polinização entomófila em pimentão variedade casca dura Ikeda. *Bragantia*, v. 67, n. 2, p. 261-266, 2008.
- FERREIRA, D. L. *Interações entre Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae) e insetos anfífilos em fragmentos florestais no sul do Brasil*. 2009. 77 fls. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Zoologia. 2009.
- FERREIRA, F. M. C. *A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação*. 2008. 89 fls. Tese (Doutorado) – Universidade de Minas Gerais, Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre. Belo Horizonte. 2008.
- FERREIRA, N. R. *Biologia reprodutiva, desenvolvimento e produção de sementes de Adesmia tristis Vogel*. 2012. 178 fls. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012.
- FERREIRA, R. P. et al. *Cultivo e utilização de alfafa nos trópicos*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 469 p.
- FIGUEIREDO, G. *Panorama da produção em ambiente protegido*. Disponível em: <www.asbraer.org.br/arquivos/bibli/56-ca.produção.pdf>. Acesso em: jan. 2013.
- FREE, J. B. *Insect Pollination of Crops*. 2.ed. New York: Academic Press, 1993.
- _____. *Insect pollination of Crops*. New York: Academic Press, 1970. 544 p.
- FREITAS, B. M. *Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.
- _____. *Foraging behaviour of honeybees (A. mellifera L.) on apples (Pyrus malus L.)*. Tese. 1992. 72 p. University of Wales, Cardiff – Reino Unido. 1992.
- _____. *The pollination efficiency of foraging bees on apple (Malus domestica Borkh) and cashew (Anacardium occidentale L.)*. 1995a. Tese (Doutorado), University of Wales, Cardiff, 1995a.
- _____. *Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. Mensagem Doce*, n. 46. 1998.
- _____. OLIVEIRA FILHO, J. H. *Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2001. 96 p.
- _____. *Ninhos racionais para mamangava (Xylocopa frontalis) na polinização do maracujá-amarelo (Passiflora edulis)*. *Ciência Rural*, v. 33, n. 6, p. 1135-1139, 2003.
- _____. IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Economic value of Brazilian cash and stimulates of their pollination constraints. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) (ed.). *Economic Value of Pollination and Pollinators*. São Paulo: Food Agriculture Organization & Universidade de São Paulo, 2004.
- _____. *A importância da polinização. Mensagem Doce*, v. 80, p. 44-46, 2005.
- _____. PINHEIRO, J. N. Efeitos Subletais dos Pesticidas Agrícolas e seus Impactos no Manejo de Polinizadores dos Agroecossistemas Brasileiros. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 282-298, 2010.
- _____. *Polinizadores e Pesticidas: Princípios de Manejo para os Agroecossistemas Brasileiros*. Brasília: MMA, 2012. 112 p.
- _____. NUNES-SILVA, P. *Polinização agrícola e sua importância no Brasil*. In: IM-

- PERATRIZ-FONSECA, V. et al. (eds.) *Polinizadores no Brasil – contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: EDUSP, 2012. p. 103-118.
- GAGLIANONE, M. C.; HOFFMANN, M. Polinizadores do maracujá-amarelo no norte fluminense. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 7., 2006, Ribeirão Preto. *Anais... Ribeirão Preto: USP/PR*. v. 1, 2006. p. 1-17.
- GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, v. 68, p. 810-821, 2009.
- _____; VAISSIÈRE, B. E. *Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale*. Rome: FAO, 2009.
- GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, v. 339, p. 1608-1611, 2013.
- GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p. 77-84.
- _____. *Bombus*: as mamangavas de chão e sua importância como agentes polinizadores. 2005. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/polinizacao2.htm>>. Acesso em: mai. 2010.
- _____. et al. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (orgs.) *Polinizadores do Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 183-203.
- GEMMILL-HERREN, B.; OCHIENG, A. O. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 127, n. 1-2, p. 31-36, 2008.
- GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 2000.
- GOKA, K. The European Bumblebee *Bombus terrestris* and Invasive Alien species Act. *The Nature and Insects*, v. 41, n. 12, p. 22-26, 2006.
- GOULSON, D. Effect of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, p. 1-26, 2003.
- GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, London, v. 1, n. 33, p. 81-87, 2006.
- GRUBER, B.; ECKEL, K.; EVERAARS, J.; DORMANN, C. F. On managing the red mason bee (*Osmia bicornis*) in apple orchards. *Apidologie*, v. 42, p. 564-576, 2011.
- GUEDES, R. S. et al. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no Semárido Paraibano. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 2, p. 465-471, 2011.
- HALINSKI, R. *Assembléias de abelhas e efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de Brassica napus (Hoyala 420) no sul do Brasil*. 2013. 92 fls. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2013.
- HARTER-MARQUES, B.; ENGELS, W. A produção de sementes de *Mimosa scabrella* (Mimosaceae) no Planalto das Araucárias, RS, depende da polinização por abelhas sem ferrão. *Biociências*, v. 11, n. 1, 9-16, 2003.
- HEARD T. A. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*, v. 44, p. 183-206, 1999.
- HIGUTI, A. R. O. et al. Produção de tomate em função da “vibração” das plantas. *Bragantia*, v. 69, n. 1, p. 87-92, 2010.
- HIKAWA, M.; MIYANAGA, R. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. *Applied Entomology and Zoology*, v. 44, n. 2, p. 301-307, 2009.
- HOBOLD, C. *Visitantes florais das plantas medicinais Calendula officinalis L. (Asteraceae), Chamomilla recutita L. (Asteraceae) e Foeniculum vulgare mill. (Apiaceae), cultivadas no município de Grão-Pará, Santa Catarina*. 2009. 58 fls. Conclusão de curso (Bacharel em Ciência Biológicas). Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2009.
- HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. *Como cultivar mirtilo*. Artigos Técnicos. Disponível em: <http://www.cnpv.embrapa.br/publica/artigos/como_cultivar_mirtulo.pdf>.
- _____; ANTUNES, L. E. C. Grande potencial. *Cultivar Hortaliças e Frutas*, Pelotas, v. 5, n. 27 p. 28-30, 2004. p. 28-30. il. Número especial. Contém orientações gerais de como produzir mirtilo. Disponível em: <http://www.cnpv.embrapa.br/publica/artigos/como_cultivar_mirtulo.pdf>.
- HOGENDOORN, K.; BARTHOLOMAEUS, F.; KELLER, M. A. Chemical and sensory comparison of tomatoes pollinated by bees and by a pollination wand. *Journal of Economic Entomology*, v. 103, n. 4, p. 1286-1292, 2010.
- IKEDA, F.; TADAUCHI, Y. Use of bumblebees as pollinators on fruits and vegetables. *Honeybee Science*, v. 16, p. 49-56, 1995.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICM-BIO). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br>>. Acesso em: nov. 2013.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; JONG, D. (Org.) *Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices*. Ribeirão Preto: Holos. 2006. 112 p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). Disponível em: <<http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/maciera/maciera.html>>. Acesso: jun. 2011.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). *Segurança Alimentar e Produção Integrada: a exploração do maracujá como alternativa para o Estado de São Paulo*. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/seto1-0104.pdf>>. Aces-
- so em: jan. 2012.
- ISAACS, R.; KIRK, A.K. Pollination services provided to small and large highbush blueberry fields by wild and managed bees. *Journal of Applied Ecology*, v. 47, p. 841-849, 2010.
- ISHIKAWA, S. M. Olerícolas para cultivo em ambiente protegido. Disponível em: <www.asbraer.org.br/arquivos/bibli/56-ca.producao.pdf>. Acesso em: jan. 2014.
- JARAU, S.; HRNCIR, M. *Food Exploitation by Social Insects: Ecological, Behavioral, and Theoretical Approaches*. Boca Raton-FL: CRC Press, 2009. v. 1. 348 p.
- JAUKER, F. et al. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agric. For. Entomology*, v. 14, p. 81-87, 2012.
- JAY, S. C. Spatial management of honeybees on crops. *Annual Review Entomology*, v. 31, p. 49-65, 1986.
- JAYCOX, E.R. Pollination of strawberries. *American Bee Journal*, n. 110, p. 176-177, 1970.
- KALT, W. et al. Antioxidant capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal Agric. Food. Chem.*, v. 47, 1999.
- KEVAN, P. G. et al. Pollination of greenhouse tomatoes by bumblebee in Ontario. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, n. 122, p. 15-17, 1991.
- _____; PHILLIPS, T. P. The economics impacts of pollinators declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, v. 5, n. 1, 2001.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, v. 270, p. 955-961, 2003.
- _____. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society - Biological Sciences*, v. 274, p. 303-313, 2007.
- KOEDAM, D.; MENDES, R. *Manejo de colônias de algumas espécies de abelhas sem ferrão com cupinzeiros*. 2009. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/100/mmsg100.htm>>. Acesso em: mai. 2011.
- KOSIOR, A. et al. The decline of the bumblebees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of Western and Central Europe. *Oryx*, v. 41, p. 79-88, 2007.
- KOWALSKA, G. Flowering biology of eggplant and procedures intensifying fruit set review. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum*, v. 7, n. 4, p. 63-76, 2008.
- KREUZ, C. L.; BERNARDI, J. História e importância da macieira. In: EMBRAPA. *Manual da cultura da macieira*. Florianópolis: Epagri, 1986. 562p.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 99, p. 16812-16816, 2002.
- _____. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits? In: FREITAS; PEREIRA (eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária. 2004. p. 115-124.
- _____. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, v. 10, p. 299-314, 2007.
- KRUG, C. *A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apiformes) da mata com araucária em Porto União/SC e abelhas visitantes florais da aboboreira (Cucurbita L.) em Santa Catarina, com notas sobre Peponapis ferveus (Eucerini, Apidae)*. 2007. 127 fls. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2007.
- _____; ALVES-DOS-SANTOS, I. O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotropical Entomology*, v. 37, n. 3, p. 265-277, 2008.
- KVITSCHAL, M. V. et al. Identificação de polinizadoras para a cultivar de macieira Daiane. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 1, p. 9-14, 2013.
- LANGE, C. E. Soja: uma história de sucesso. In: BARBIERI, R. L.; & STUNPF, E. R. (eds.) *Origem e Evolução das Plantas Cultivadas*. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica. 2008. p. 253-265.
- LIMA, A. A. *O cultivo do maracujá*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 130 p.
- LIMA, M. C.; ROCHA, S. de A. *Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento*. Brasília: Ibama, 2012. 80 p.
- LONGO, D. *Delimitação taxonômica do complexo *Peutunia integrifolia* uma abordagem molecular*. 2005. 81fls. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- LOPES, L. A. et al. Abelhas visitantes florais do tomate (*Lycopersicon esculentum* mill. – solanaceae) – estudos preliminares. In: *Anais do VII Encontro sobre Abelhas de Ribeirão Preto*, Ribeirão Preto. CD-ROM.
- _____. *Abelhas sem ferrão em fragmentos preservados de floresta com Araucária em Cambará do Sul, RS, com ênfase em *Melipona bicolor schencki**. 2012. Tese (Doutorado em Entomologia) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto. 2012.
- LORENZI, A. Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1, 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.
- MACIAS, M. J. O.; QUEZADA-EUAN, J. J. G.; PARRA-TABLA, V. Comportamento y efi ciencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. II Seminario mexicano sobre abejas sin aguijón – una vision sobre su biología y cultivo. *Memorias*. Universidad Autonoma de Yucatán – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mérida, 2001. p. 119-124.

- MADER, E. et al. *Attracting native pollinators: Protecting North America's bees and butterflies*. North Adams, MA: Storey Publishing, 2011. 371 p.
- MAETA, Y. T.; TEZUKA, H.; SUSUKI, K. Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis* as a pollinator for strawberries. *Honeybee Science*, v. 13, p. 71-78, 1992.
- MAGALHÃES, T. L.; VENTURIERI, G. C. *Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no nordeste paraense*. (Documentos 364). Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 36 p.
- MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. M. P. Os meliponíneos como polinizadores em estufas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande, Anais... Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p. 204-208.
- _____. Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – Rosaceae). 2002. 104 fts. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- _____. Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses? *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 55, p. 71-773, 2004.
- _____. Como o comportamento das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne) influencia a formação dos frutos? *Bioscience Journal*, v. 23, p. 76-81, 2007.
- MALASPINA, O. *Estudo genético da resistência ao DDT e relação com outros caracteres em Apis mellifera (Hymenoptera, Apidae)*. 1979. 81 fts. Dissertação (Mestrado em Zoologia de Invertebrados) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro, 1979.
- MARCHI, P.; MELO, G. A. Biologia de nidificação de *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, Paraná. *Oecologia*, v. 14, n. 1, p. 210-23, 2010.
- MARINI, L. et al. Landscape context and elevation affect pollinator communities in intensive apple orchards. *Basic and Applied Ecology*, v. 13, n. 8, p. 681-689, 2012.
- MCGREGOR, S. E. Insect pollination of cultivated crop-plants. U.S.D.A. *Agriculture Handbook* n. 496, p. 93-98, 1976. Versão atualizada para algumas culturas. Disponível em: <http://gears.tucson.ars.ag.gov/book/>.
- MEDEIROS, P. C. R.; SCHLINDWEIN, C. Território de machos, acasalamento, distribuição e relação com plantas em *Protomelitturga turnerae* (Ducke, 1907) (Hymenoptera, Andrenidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 47, p. 589-596, 2003.
- MEYRELLES, B. G. *Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido*. 46 fts. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- MEZADRI, T. et al. El fruto de la acerola. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Caracas, v. 56, n. 2, p. 101-109, 2006.
- MICHENER, C. D. *The social behaviour of the bees. A comparative study*. Cambridge: Belknap Press, 1974. 404 p.
- _____. *The Bees of the World*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2000. 913 p.
- _____. *The Bees of the World*. 2.ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007. 953 p.
- MIKICH, S. B.; BÉRNILS, R.S. *Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná*. 2004. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/iap>. Acesso em: 4 fev. 2014.
- MILFONT, M. O. et al. O uso de *Apis mellifera* (L.) na polinização da soja (*Glycine max* L. Merrill) pode levar a aumentos de produtividade. In: *Anais do XIX Encontro sobre Abelhas*, 2010. CD-ROM.
- _____. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental Chemistry Letters*, v. 11, p. 335-341, 2013.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Canola*. 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Oleaginosas_e_biodiesel/10_reuniao/Apresentacao.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2011.
- MONTEMOR, K. A.; MALERBO-SOUZA, D. T. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). *Zootecnia Tropical*, v. 27, n. 1, p. 97-103, 2009.
- MORAIS, M. M. et al. Africanized honey bees are efficient at detecting, uncapping and removing dead brood. *Genetics and Molecular Research*, v. 8, n. 2, p. 718-724, 2009.
- MORANDIN, L. A. et al. Effect of greenhouse polyethylene covering on activity level and photo-response of bumble bees. *The Canadian Entomologist*, v. 134, p. 539-549, 2002.
- _____. WINSTON, M. L. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecology Applied*, v. 15, p. 871-881, 2005.
- MORATO, E.; GARCIA, M.V.B.; CAMPOS, L. A. Biologia de *Centris Fabricius* (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, p. 1213-1222, 1999.
- MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. *Manual de identificação de plantas infestantes. Manual de identificação de plantas infestantes: hortifrúti*. São Paulo: FMC Agricultural Products, 2011. 1017 p.
- MORETI, A. C. et al. Aumento na produção de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) pela ação de insetos polinizadores. *Scientia Agricola*, v. 53, n. 1, p. 2-3, 1996.
- MORGADO, L. N. et al. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras – MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 26, n. 6, p. 1167-1177, 2002.
- MOTA, M. O. S.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Polinização entomófila em pessegueiro (*Prunus persica* L.). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 39, n. 3, p. 124-128, 2002.
- MOURE, J. S.; SAKAGAMI, S. F. As mamangavas sociais do Brasil (*Bombus* Latr.) (Hymenoptera, Apoidea). *Studia Entomologica*, v. 5, p. 65-194, 1962.
- _____. URBAN, D.; MELO, G. A. R. *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. 1058 p.
- MÜLLER, J. J. V.; CASALI, V. W. D. *Produção de sementes de cebola*. Empasc: Florianópolis, 1982.
- MUNAWAR, M. S. et al. Comparative performance of honeybees (*Apis mellifera* L.) and blowflies (*Phormia terronovae*) in onion (*Allium cepa* L.) seed setting. *Journal of Agricultural Research*, v. 40, n. 1, p. 49-56, 2011.
- MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. Studies of the Floral Biology and Reproductive System of *Brassica napus* L. (Cruciferae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 43, n. 1, p. 111-117, 2000.
- MORITZ, R. F. A. et al. The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation*, v. 11, p. 391-397, 2007.
- NADIA, T. L.; MACHADO, I. C. Polinização por vibração e sistema reprodutivo de duas espécies de *Sauvagesia* L. (Ochnaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n. 2, p. 255-265, 2005.
- NATURAL RESEARCH COUNCIL. *Status of Pollinators in North America*. Washington DC: National Academic Press, 2006.
- NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, v. 49, n. 1, p. 1-6, 2010.
- NOGUEIRA-NETO, P. *A criação de Abelhas Indígenas sem ferrão*. São Paulo: Chácaras e Quintais, 1953. 280 p.
- _____. *Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão*. São Paulo: Nogueirapris, 1997. 445 p.
- NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A polinização por vibração. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.
- _____. WITTER, S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A adaptação de abelhas sem ferrão em casas de vegetação. In: *19 Congresso Brasileiro de Apicultura e 5 Congresso Brasileiro de Meliponicultura*, Gramado, Mensagem Doce (Associação Paulista de Apicultores, Criadores de Abelhas Melíficas Europeias). Água Branca: APACAME, v. 116. p. 103-104, 2012.
- _____. et al. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. *Apidologie*, v. 44, n. 5, p. 537-546, 2013.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) em Lavras. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 11, p. 23-32, 1988.
- OLIVEIRA, R. C. et al. Trap-nest for stingless bees (Hymenoptera, Meliponini). *Apidologie*, v. 44, p. 29-37, 2012.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, v. 120, p. 321-326, 2011.
- ORTH, A. I. Levantamento das Abelhas Nativas (Hym., Apoidea) associadas às flores da macieira (*Pyrus Malus* L.). *Anais do VI Congresso Brasileiro de Apicultura*, Florianópolis, p. 280-287, 1984.
- _____. et al. Eficiência de polinizadores no disparo da flor da alfafa. In: XIII Congresso Brasileiro de Entomologia, 1991, Recife, PE. *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Entomologia*, 1991. v. 1, p. 110.
- ORTOLAN, S. M. L. S.; LAROCA, S. Melissoecenótica em áreas de cultivo de macieira (*Pyrus malus* L.) em Lages (Santa Catarina), com notas comparativas e experimento de polinização com *Plebeia emerina* (Friese) (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biológica Paranaense*, v. 25, p. 1-113, 1996.
- PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. (Documento 37) In: *Anais do 1º Seminário Brasileiro de pequenas frutas*. Vacaria, RS: Embrapa, 2003. Disponível em: <www.cnpv.embrapa.br/publica/anais/peqfrutas>.
- PAIVA, G. J.; TERADA, Y.; TOLEDO, V. A. A. Seed production and germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in three pollination systems. *Acta Scientiarum*, v. 25, n. 2, p. 223-227, 2003.
- PALACIOS, P. E. *Bombus en Chile: especies, biología y manejo*. Santiago de Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, INIA, Centro Regional de Investigación La Platina. 2007.
- PALMA, G. et al. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona peritampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea). *Journal of Applied Entomology*, v. 132, p. 79-85, 2008.
- PARANHOS, B. A. J.; WALDER, J. M. M.; MARCHINI, L. C. Densidade de colmeias de abelhas africanizadas, *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae), para polinizar maçã cv. Anna. *Scientia Agricola*, v. 55, n. 3, p. 355-359, 1998.
- PENN STATE – COOPERATIVE EXTENSION – COLLEGE OF AGRICULTURAL SCIENCE. *The Mid-Atlantic Berry Guide for Commercial Growers 2013-2014*. Disponível em: <http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/AGRS097.pdf>. Acesso em: mar. 2014.
- PRESCOTT-ALLEN, R.; PRESCOTT-ALLEN, C. How Many Plants Feed the World? *Conservation Biology*, v. 4, p. 365-374, 1990.
- PEREIRA, M.; GARÓFALO, C.A. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa griseescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. *Oecologia*, v. 14, n. 1, p. 193-209, 2010.
- PETRI, J. L. Polinização e fertilização. In: Manual da cultura da Macieira. Florianópolis

- lis: Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária. p.133-151, 1986.
- _____. et al. Avanços na cultura da macieira no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 1, p. 48-56, 2011.
- PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, v. 14, p. 266-281, 2010.
- POTTS, S. G. et al. Declines of managed honeybees and beekeepers in Europe? *Journal of Apicultural Research*, v. 49, p. 15-22, 2010.
- PITTS-SINGER, T. L.; CANE, J. H. The alfalfa leafcutting bee *Megachile rotundata*: The World's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, v. 56, p. 221-237, 2011.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.
- PURSEGLOVE, J. W. *Tropical crops: Monocotyledons*. New York: John Wiley and Sons, 1971. 607 p.
- RAJU, A. J. S.; RAO, S. P. Explosive pollen release and pollination as a function of nectar-feeding activity of certain bees in the biodiesel plant *Pongamia pinnata* L. Pierre (Fabaceae). *Current Science*, v. 90, n. 7, p. 960-967, 2006.
- RAO, G. M.; SURYANARAYANA, M. C. Effect of honeybee pollination on seed yield in onion (*Allium cepa* L.). *Indian Bee Journal*, v. 51, p. 9-11, 1989.
- RASEIRA, M. B. C.; ANTUNES, L. E. C. A Cultura do mirtilo. (Documentos, 121) Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.
- RASSINI, J. B. et al. Cultivo da Alfafa. *Embrapa Pecúária Sudeste Sistemas de Produção*. ISSN 1679-1495. Versão Eletrônica. Jan/2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AIAlfa/SistemaProducaoAlfafa/index.htm>.
- RAW, A. *Leafcutter and Mason Bees: a Biological Catalogue of the Genus Megachile of the Neotropics*. 2004 Disponível em: <http://www.webbee.org.br/raw/catalogue.pdf>. Acesso em: mar. 2010.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. *Projeto Madeira do Rio Grande do Sul*. 1988.
- RÊGO, M.; ALBUQUERQUE, P. *Polinização do murici*. São Luís: EdUFMA, 2006.
- RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. Informe Agropecuário, n. 20, p. 5-17, 1999.
- RIBEIRO, A. M. F.; COUTO, R. H. N. Polinização entomófila da soja (*Glycine max*) cultivar Conquista. In: *Anais 14º Congresso Brasileiro de Apicultura*, Campo Grande, CBA, 2002. CD-ROM.
- RICHARDSON, JR. R. W.; ALVAREZ, L. Pollination relationships among vegetable crops in Mexico. I. Natural cross-pollination in cultivated tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 69, p. 366-371, 1957.
- RICKETTS, T. H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, p. 12579-12582, 2004.
- _____. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, v. 11, p. 499-515, 2008.
- RITZINGER, R.; SILVA, L. C. V.; ALVES, M. G. V. Polinização da aceroleira. *Acerola em foco*. Embrapa. Cruz das Almas, BA. n. 7. 2004.
- _____. *Cultivo Tropical de fruteira: Acerola*. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54086/1/Acerola-RITZINGER-Rogério.pdf >. Acesso em: abr. 2012.
- RIZZARDO, R. A. G. et al. A polinização de Culturas oleaginosas com potencial de para Produção de biodiesel: Estudo de Caso com a mamona (*Ricinus communis* L.). In: Encontro sobre Abelhas, 8., Ribeirão Preto, *Proceedings*. Ribeirão Preto: FUNPEC, p. 72-79, 2008.
- _____. et al. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). *Anais da Academia Brasileira de Ciências [online]*, v. 84, n. 4, p. 1137-1145, 2012.
- RODRIGUES, W. E.; EROLES, S. F. *Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos*. São Carlos: Embrapa Pecúária Sudeste, 2008b, cap. 1, p. 16-36.
- ROSA, A. S.; BRANCHI, I.; BLOCHTEIN, B. Influência de *Apis mellifera* na produtividade de soja (*Glycine max*) BR 36 no Rio Grande do Sul. In: I Simpósio Brasileiro de Insetos Sociais, 2005, Belo Horizonte. *Anais do I Simpósio Brasileiro de Insetos Sociais*, 2005.
- _____. et al. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) as a potential *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (Brassicaceae) in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 4, p. 1075-1081, 2010.
- ROSELINO, A. C. *Polinização em culturas de pimentão – Capsicum annuum por Melipona quadrifasciata anthidioides e Melipona scutellaris e de morango – Fragaria x ananassa por Scaptotrigona aff. depilis e Nannotrigona testaceicornis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). 2005. 95 fls. Dissertação. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, Mestre em Ciências - Área Entomologia, 2005.
- _____. BISPO DOS SANTOS, S. A. B.; BEGO, L. R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepelletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010.
- ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. *Biology and control of Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 103, p. 96-119, 2010.
- ROSSI, R. *O Girassol*. Curitiba: Tecnogro, 1998. 333 p.
- ROUBIK D. W. Nest and colony characteristics of stingless bees from Panama. *Journal of the Kansas Entomological Society*, v. 56, p. 327-355, 1983.
- _____. *Ecology and natural history of tropical bees*. New York: Cambridge University Press, 1989. 514p.
- _____. *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Food and Agricultural Organization of the United Nations. *Agricultural Bulletin No. 118*, Rome, Italy, 196 p., 1995.
- _____. *Stingless bee nesting biology*. *Apidologie*, v. 37, p. 124-143, 2006.
- RUGGIERO, C. *Estudos sobre floração e polinização do maracujá amarelo* (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*). 1973. Tese de Doutorado. Jaboticabal: Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia - FCAV. 1973.
- SABBAHI, R. D.; OLIVEIRA; MARCEU, J. Influence of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) density on production of canola. *Journal Economic Entomology*, v. 98, p. 367-372, 2005.
- SAJJAD, A.; SAEED, S.; MASOOD, A. Pollinator Community of Onion (*Allium cepa* L.) and its Role in Crop Reproductive Success. *Pakistan Journal Zoology*, v. 40, n. 6, p. 451-456, 2008.
- SAKAGAMI, S. F.; MICHENER, C. D. *The nest architecture of the sweat bees (Halictidae) – A comparative study of behavior*. Lawrence: The University of Kansas Press, 1962. 133 p.
- _____. LAROCA, S. Observations on the bionomics of some neotropical Xylocopini bees, with comparative biofaunistic notes (Hymenoptera, Anthophoridae). *Journal of the Faculty Science, Hokkaido University. Series 6, Zoology*, v. 18, p. 57-127, 1971.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. *Plant Physiology*. California, Wadsworth Publishing Company, 1992. 682 p.
- SAMPAIO, T. G., SAMPAIO, N. V.; SOARES, P. F. Estudo de componentes de rendimento na produção de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). *Revista Científica Rural*, v. 3, p. 1-7, 1998.
- SAMPSON, J. B.; CANE, J. H. Pollination efficiencies of tree bee (Hymenoptera: Apoidea) species visiting Rabbiteye Blueberry. *Journal of Economic Entomology*, College Park, v. 93, n. 6, p.1726-1731, 2000.
- SANTOS, A. A. *Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de Megachile dentipes Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha*. 2011. 95 fls. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba. 2011.
- SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. C. B. *O cultivo do mirtilo*. (Documento 96) Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 17p.
- SARAIVA, A. M. et al. *Bombus terrestris* na América do Sul: Possíveis rotas de invasão deste polinizador exótico até o Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Org.). *Polinizadores no Brasil*. 1.ed. São Paulo: EDUSP, 2012, p. 315-334.
- SCHIFFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. *Ciência Rural*, v. 32, n. 6, p. 1083-1090, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000600027&lng=pt&nrm=iso>.
- _____. Alfafa. In: BARBIERI, R. L.; STUNPF, E. T. *Origem e Evolução de plantas cultivadas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 89-120, 2008.
- SCHLINDWEIN, C.; WITTMANN, D. Micro foraging routes of *Bicolletes pampeana* (Colletidae) and bee induced pollen presentation in *Cajophora archaevaleatae* (Loasaceae). *Acta Botanica*, v. 110, p. 177-183, 1997.
- _____. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. In: *Anais do Encontro Sobre Abelhas 4*. Encontro Sobre Abelhas, Ribeirão Preto, 2000, v. 4, p. 131-141, 2000.
- _____. Are oligolectic bees always the most effective pollinators? In: MAGALHÃES, F. B.; PEREIRA, J. O. P. (eds.) *Solitary bees Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Fortaleza, Ceará: Imprensa Universitária da UFC, 2004, p. 231-240.
- _____. et al. Diagnóstico e manejo dos polinizadores de mangabeira e aceroleira. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 7., 2006, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, FFLCPR, 2006, p. 443-454.
- SCHWARTZ, E.; BARBIERI, R. L. Morango: História que liga dois continentes. In: BARBIERI, R. L.; STUNPF, E. T. *Origem e Evolução das Plantas Cultivadas*. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008, p. 599-618.
- SEZERINO, A. A. *Polinização do mirtilo* (*Vaccinium corymbosum*) (Ericaceae) *cultivares Misty e O'neal no município de Itá, Oeste de SC*. 2007. 43f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Curso de Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- _____. *Ecologia da polinização do mirtilo* (*Vaccinium ashei* Read *cv*s *Climax e Powderlube*) no município de Bom Retiro, Santa Catarina. 2010. 43 f. Mestrado – Centro de Ciências Agrárias, Pós-graduação em Recursos Genéticos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- SHEFFIELD, C. S.; SMITH, R. F.; KEVAN, P. G. Perfect syncarpy in apple (*Malus domestica* 'Summerland McIntosh') and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae). *Annals of Botany*, v. 95, p. 583-591, 2005.
- _____. et al. Bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity within apple orchards and old fields in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *The Canadian Entomologist*, v. 145, p. 94-114, 2013.
- SHEPERD M. et al. *Pollinator Conservation Handbook*. *The Xerces Society*, Portland, 145 p. 2003.
- SILVA, A. C. T. F.; LEITE, I. C.; BRAZ, L. T. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, n. 2, p. 156-165, 2000.
- SILVA, C. I.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; GARÓFALO, C. Manejo e conservação de polinizadores do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). *Documentos* (Embrapa Semi-Árido. Online), v. 249, p. 163-178, 2012.

- SILVA, D. B. et al. Avaliação de Genótipos de Mourisco na Região do Cerrado. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 21. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.
- SILVA, E. M. S. et al. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, n.3, p. 386-390, 2005.
- SILVA, O. S. *Importância da Callonychium petuniae Cere & Wittmann, 1990 (Insecta, Hymenoptera, Andrenidae) e outras abelhas no sucesso reprodutivo de Petunia integrifolia (Hooker) Schinz & Thellung (Solanales)*. 1994. Dissertação de mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1994.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. D. A. *Abelhas brasileiras*. Sistemática e identificação, Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.
- SILVEIRA, T. M. T. *Polinização em amoreira-preta (Rubus sp.), mirtilo (Vaccinium ashei) e ameixeira-japonesa (Prunus salicina)*. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.
- _____. et al. Blueberry pollination in southern Brazil and their influence on fruit quality. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 1, p. 81-88, 2011.
- SINGER, R. B. *Biologia da polinização em orquídeas nativas da região sudeste do Brasil*. 2001. 107 fls. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- _____. *Orquídeas brasileiras e abelhas*. 2004. Disponível em: <www.webbee.org.br>. Acesso: mai. 2012.
- SIQUEIRA, K. M. M. et al. Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae). *Revista Caatinga*, v. 24, n. 2, p. 18-25, 2011.
- _____. et al. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na Região do Vale do Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009.
- SLAA E.J. et al. A scientific note on the use of stingless bees for commercial pollination in enclosures. *Apidologie*, v. 31, p. 141-142, 2000a.
- _____. MALAGODI-BRAGA, K. S.; HOFSTEDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, v. 37, p. 293-315, 2006.
- SOARES, E. L. C. et al. A família Solanales no Parque Estadual de Itapuã, Viçosa, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 6, n. 3, p. 177-188, 2008.
- _____. VIGNOLI-SILVA, M.; MENTZ, L. A. Sinopse taxonômica e chave ilustrada dos gêneros de Solanales ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasiliense*, v. 25, n. 2, p. 346-362, 2011.
- SOLOMON, M. G.; HOOKER, K. J. M. Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards. *Journal Apicultural Research*, v. 28, p. 223-227, 1989.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTT, S. G.; PACKER, L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 20, p. 651-652, 2005.
- STEHMANN, J. R.; SEMIR, J. Biologia reprodutiva de *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann & Semir (Solanales). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, p.43-49, 2001.
- STEINER, J. et al. Bees and Melittophilous Plants of Secondary Atlantic Forest Habitats at Santa Catarina Island, Southern Brazil. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 16-39, 2010.
- STERN, R. A. et al. The appropriate management of honeybee colonies for pollination of Rosaceae fruit trees in warm climates. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, v. 1, n. 1, p. 13-19, 2007.
- TEIXEIRA, L. M. R.; ZAMPIERON, S. L. M. Estudo da fenologia, biologia floral do girassol (*Helianthus annuus*, Compositae) e visitantes florais associados, em diferentes estações do ano. *Ciência e Praxis*, v. 1, n. 1, p. 5-14, 2008.
- TOLEDO, V. A. A. et al. Biodiversidade de agentes polinizadores e seu efeito na produção de grãos em soja var. Mon Soy 3329. *Revista Varia Scientia Agrárias*, v. 02, n. 01, p. 123-130, 2011.
- TOMM, G. O. Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos. *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 26, 21 p., 2005. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm>. Acesso em: 20 mai. 2013.
- _____. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. *Revista Plantio Direto*, v. 15, n. 94, 2006.
- _____. et al. Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil. *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2011.
- TRUYLIO, B.; HARTER-MARQUES, B. A. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas florestais do Parque Estadual de Itapuã (Viçosa, RS): diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 97 n. 4, p. 392-399, 2007.
- VAN DER MEER, Q. P.; VAN BENNEKOM, J. L. Research in pollen distribution in onion seed fields. *Euphytica*, v. 17, p. 216-219, 1968.
- VAN ENGELS DORP, D. et al. A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. *Journal of Apicultural Research*, v. 49, p. 7-14, 2010.
- _____. MEIXNER, M. D. A Historical Review of Managed honeybee populations in Europe in the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 103, p. 80-95, 2010.
- VELTHUIS, H. H. W.; VAN DOORN, A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, v. 37, p. 421-451, 2006.
- VENTURIERI, G. C.; PIRES, N.V.C.R.; CONTRERA, F.A.L. Management of stingless bee, *Melipona fasciculata*, for pollination of solanaceous crops in greenhouses. *Proceedings of 41st Apimondia*, Montpellier. 2009.
- VENTURIERI, G. C. et al. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Orgs.) *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo, EDUSP, 2012. p. 213-236.
- VIANA, B. F. et al. Evaluation of pollination deficit and the effect of supplementation with managed beehives on apple orchard (*Malus domestica* Borkh) in Bahia, Brazil. *Proceedings of the 1st ApiEcoFlora Symposium*, San Marino, p. 79, 2012.
- VICENS, N.; BOSCH, J. Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on 'Red Delicious' apple. *Environmental Entomology*, v. 29, n. 2, p. 235-240, 2000.
- VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Triângulo Mineiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.23, Suppl. 1, p.14-23, 2007.
- VALK, H.; VAN DER ET AL. *Aspects determining the risk of pesticides to wild bees: risk profiles for focal crops on three continents* (2013) Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. 67 p.
- VON FRISCH, K. *The Dance Language and Orientation of Bees*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press. 1967.
- WATERS, N. D. 1972. Honey Bee activity in blooming onion fields in Idaho. *American Bee Journal*, v. 112, p. 218-219, 1972.
- WESTERKAMP, P.; GOTTSSBERGER, G. Diversity pays in crop pollinations. *Crop Science*, v. 40, p. 1209-1222, 2000.
- WILKANIEC, Z.; GIEJDASZ, K.; PROSZYNSKI, G. Effect of pollination of onion seeds under isolation by the red mason bee (*Osmia rufa* L.) (Apoidea, Megachilidae) on the setting and quality of obtained seeds. *Journal of Apicultural Science*, v. 48, n. 2, p. 35-41, 2004.
- WILLIAMS, I. H.; FREE, J. B. The pollination of onion (*Allium cepa* L.) to produce hybrid seed. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v. 11, p. 409-417, jan. 1974.
- _____. BORBET, S. A.; OSBORNE, J. L. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. *Bee World*, v. 72, n. 4, p. 170-180, 1991.
- _____. Insect pollination and crop production: a European perspective. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (eds.). *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. 2.ed. *Ministério do Meio Ambiente*, Brasília, p. 59-65, 2006.
- WINFREE, R. et al. A meta analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, v. 90, n. 8, p. 2068-2076, 2009.
- _____. Invited View: Global environmental change, biodiversity, and ecosystem services: what can we learn from studies of pollination? *Basic and Applied Ecology*, v. 14, p. 453-460, 2013.
- WINTER, K. et al. Importation of Non-Native Bumble Bees into North America: Potential Consequences of Using *Bombus terrestris* and Other Non-Native Bumble Bees for Greenhouse Crop Pollination in Canada, Mexico, and the United States. *White Paper of the North American Pollinator Protection Campaign* (NAPPC). 2006, p. 1-31. Disponível em: <http://www.pollinator.org/Resources/BEEIMPORTATION_AUG2006.pdf>.
- WITTER, S.; BLOCHTEIN, B.; WITTMANN, D. Progressão da floração e antese de *Allium cepa* L. (Alliaceae) em Candiota, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n. 2, p. 319-328, 2005.
- _____. et al. Abelhas sem ferrão no Rio Grande do Sul: distribuição geográfica, árvores importantes para nidificação e sustentabilidade regional. *Mensagem Doce*, n. 100, p. 46-50, 2009.
- _____. et al. Potencial polinizador de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Apoidea Meliponina) em morangueiro. In: *III Simpósio Nacional de Morango, II Encontro de Pequenas Frutas e Fruteiras nativas do Mercosul*. 2007. Disponível em: <http://www.epact.embrapa.br/publicacoes/documentos/documento-203.pdf>. Acesso em: set. 2009.
- _____. et al. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 1, p. 58-65, 2012.
- WITTMANN, D.; M. HOFFMANN. Bees of Rio Grande do Sul, southern Brazil (Insecta, Hymenoptera, Apoidea). *Iheringia, Série Zoologia*, v. 71, p. 17-43, 1990.
- _____. et al. Coevolved reproductive strategies in the oligolectic bee *Callonychium petuniae* (Apoidea, Andrenidae) and three purple flowered *Petunia* species (Solanales) in Southern Brazil. *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung*, v. 28, p. 157-165, 1990.
- _____. et al. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Agrosystems and Environmental*, v. 159, p. 112-122, 2012.
- YAMANE, G. M.; NAKASONE, H. H. Pollination and fruit set studies of acerola *Malpighia glabra* L. in Hawaii. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. v. 78, p.141-148, 1961.

Editoração Eletrônica	Bruno Nunes Silva
Revisão Textual	Tarcila Lucena e EDIPUCRS
Formato	18 x 24 cm
Tipografia	Adobe Caslon Pro e Minion Pro
Número de páginas	144



*Ler
pra
valer.*



