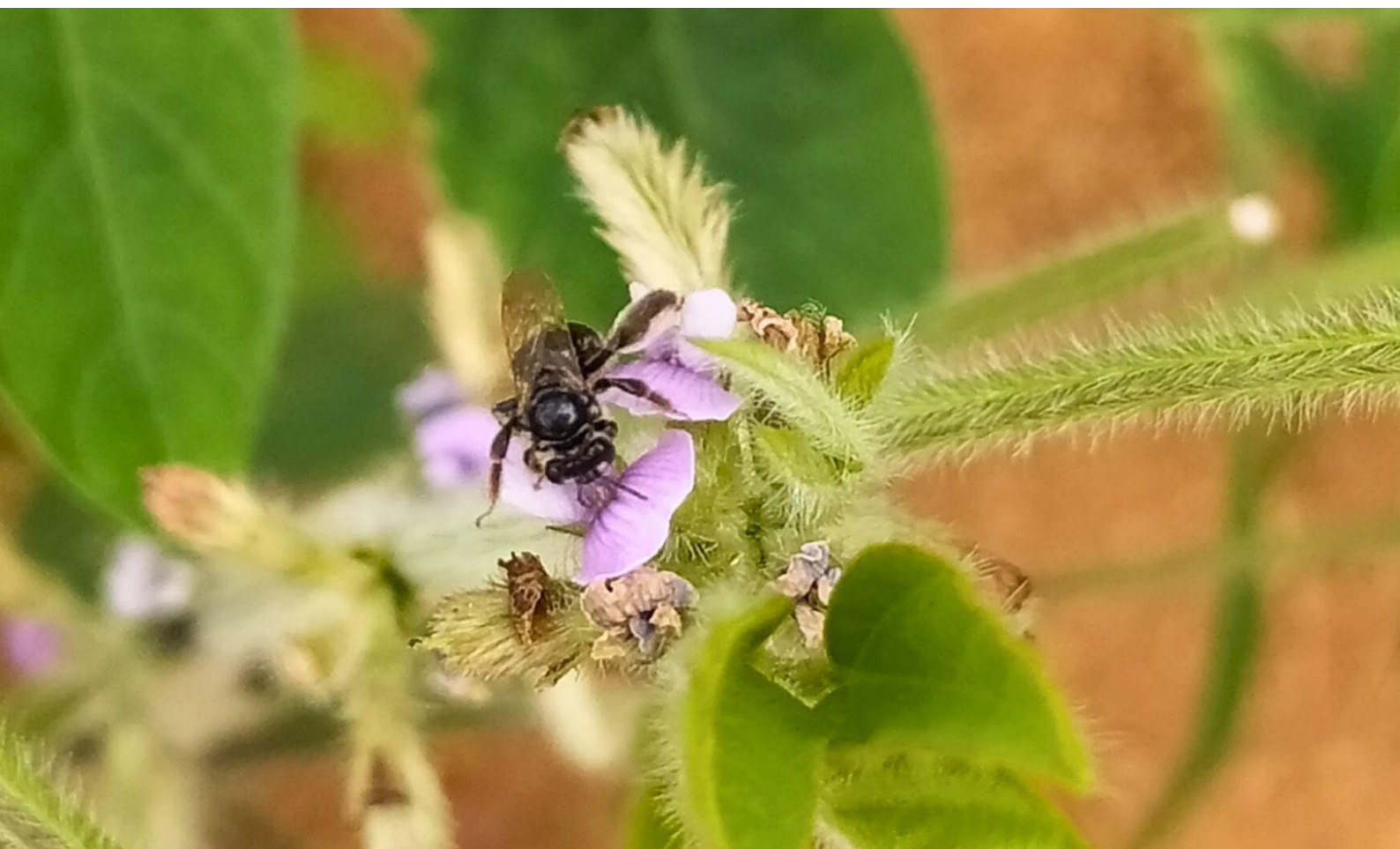


Brasília, DF / Setembro, 2026

Comunidade de abelhas em áreas de produção de soja no sudoeste de Goiás com diferentes níveis de adoção de bioinsumos



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN 0102-0110 / e-ISSN 2966-3202

Documentos 391

Setembro, 2026

Comunidade de abelhas em áreas de
produção de soja no sudoeste de Goiás com
diferentes níveis de adoção de bioinsumos

Carmen Silvia Soares Pires

Davi de Lacerda Ramos

Favizia Freitas de Oliveira

Pedro Henrique Brum Togni

Décio Luiz Gazzoni

Fabiano Guimarães Silva

***Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Brasília, DF
2026***

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Parque Estação Biológica, PqEB, Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372 – Brasília, DF – CEP 70770-917
www.embrapa.br/web/recursos-geneticos-e-biotecnologia
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

João Henrique Viana

Secretária-executiva

Ana Flávia do Nascimento Dias

Adilson Amaral Werneck (Substituto)

Membros

Andrielle Câmara Amaral Lopes

Bruno Machado Teles Walter

Carolina Vianna Morgante

Débora Pires Paula

Marcos Aparecido Gimenès

Naiara Milagres Augusto da Silva

Solange Carvalho Barrios Roveri José

Sueli Correa Marques de Mello

Edição executiva

Ana Flávia do Nascimento Dias

Normalização bibliográfica

Rosamires Rocha Galvão

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Maria Goreti Braga dos Santos

Foto da capa

Davi de Lacerda Ramos

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Comunidade de abelhas em áreas de produção de soja no sudoeste de Goiás com
diferentes níveis de adoção de bioinsumos / Carmen Silvia Soares Pires ... [et al.]. -
Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2026.

PDF (32 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,
e-ISSN 2966-3202 ; 391).

1. Agricultura sustentável. 2. Polinizador. 3. Manejo agrícola. I. Pires, Carmen, Silvia
Soares. II. Série.

CDD (21. ed.) 631.8

Rosamires Rocha Galvão (CRB-1/2122)

© 2026 Embrapa

Autores

Carmen Silvia Soares Pires

Bióloga, doutora em Biologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Davi de Lacerda Ramos

Bolsista de Pós-doutoramento do Projeto Regenera Cerrado; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Favizia Freitas de Oliveira

Professora e pesquisadora do Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS), Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA

Pedro Henrique Brum Togni

Professor do Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, DF

Décio Luiz Gazzoni

Engenheiro-agrônomo, mestre em Entomologia, pesquisador aposentado da Embrapa Soja, Londrina, PR

Fabiano Guimarães Silva

Professor do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO

Agradecemos aos alunos de iniciação científica que realizaram as amostras de campo, classificaram e montaram os insetos em laboratório: Jackson Hoffmann Filho, Isis Aparecida Lima, Maria Eduarda Zebian, Filipe Vieira Goveia, Ana Paula Costa e João Victor; aos produtores Adriano Castro Cruvinel (Fazenda Bom Jardim Lagoano), Paulo Roberto Buffon (Fazenda Tropical), Claudio Augusto Alves Leão (Fazenda Rio Verdinho Monte Alegre), Fabiana Leão dos Santos (Fazenda Bom Jardim), Renato Hayashi (Fazenda Rio Verdinho), Marion Kompier (Fazenda Brasilanda) e Franciele Henkes (Fazenda Montividiu) e aos seus colaboradores pelo apoio logístico e acesso às áreas de produção. Agradecemos também à Cargill pelo financiamento e ao Instituto BioSistêmico pela gestão do Projeto Regenera Cerrado, e às demais instituições parceiras do projeto: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Grupo Associado de Agricultura Sustentável (GAAS), Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e INCT Polinização (CNPq/CAPES/ FAPERJ Chamada 58/ 2022).

Apresentação

Conciliar produtividade e sustentabilidade é um dos maiores desafios da pesquisa agropecuária contemporânea. Alinhada a esse cenário e cumprindo sua missão institucional, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) apresenta este Documento com o propósito de expandir o conhecimento sobre a biodiversidade de polinizadores nos ambientes agrícolas e fortalecer soluções tecnológicas sustentáveis.

O tema central aborda a caracterização das comunidades de abelhas silvestres em áreas comerciais de cultivo de soja no sudoeste de Goiás. Em um estudo pioneiro, o trabalho investiga como diferentes níveis de adoção de práticas da agricultura regenerativa e o uso de bioinsumos afetam a riqueza e a abundância desses insetos. Adicionalmente, analisa-se o papel crucial de fragmentos de vegetação nativa do Cerrado, adjacentes às lavouras, como refúgios essenciais para a manutenção dessas populações.

Os resultados trazem contribuições valiosas ao preencher lacunas sobre os visitantes florais da soja no território nacional. A obra adiciona novos registros

de espécies nativas associadas ao cultivo e avalia a eficiência de diferentes técnicas de amostragem entomológica em campo. Essas descobertas fornecem subsídios práticos e teóricos para a compreensão das interações biológicas nos agroecossistemas.

Do ponto de vista econômico e social, a publicação indica que a conservação dos polinizadores pode gerar reflexos diretos na rentabilidade do produtor rural, pois a atividade das abelhas potencializa significativamente os índices de produtividade por hectare. Ambientalmente, o manejo amigável à biodiversidade reduz impactos ecotoxicológicos e promove a preservação dos recursos naturais.

Esta iniciativa foi viabilizada por uma sólida rede de cooperação entre a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Soja, Instituto Federal Goiano (Campus Rio Verde), Universidade Federal da Bahia e Universidade de Brasília, integrada às ações da primeira fase do Projeto Regenera Cerrado (Instituto Fórum do Futuro). Unindo ciência e parceria com o setor privado, esta obra reafirma o compromisso da Embrapa com o futuro sustentável da agricultura.

Ricardo Alamino Figueiredo

Chefe-Geral da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Sumário

Introdução	11
Estrutura floral da soja e o processo de polinização	12
As flores de soja e os polinizadores	13
Onde e quando as amostragens das abelhas foram realizadas?	14
Como as amostragens foram realizadas?	16
Qual é a composição da comunidade de abelhas nas áreas de cultivo de soja e vegetação adjacentes?	18
Como os insumos químicos e biológicos afetaram a estrutura da comunidade de abelhas?	23
Considerações Finais	23
Referências	23
Anexo A1 – Manejo do solo nas áreas de estudo	26
Anexo A2 – Insumos agrícolas utilizados nas áreas de estudo	27
Anexo A3 – Risco ambiental dos produtos aplicados	31

Introdução

As abelhas desempenham um papel fundamental na polinização de diversas culturas agrícolas em todo o mundo, especialmente em países tropicais, como o Brasil (Potts et al., 2016; Wolowski et al., 2019). Mesmo aquelas espécies botânicas capazes de se autopolinizar, como a soja (*Glycine max* (L.) Merr.), podem se beneficiar da visita de abelhas polinizadoras (Cunha et al., 2023). Quando há comunidades diversificadas de abelhas nas áreas de cultivo de soja ou em suas proximidades, e a polinização é eficiente, elas contribuem para a formação de vagens com maior número de sementes, de maior massa e mais vigorosas (Garibaldi et al., 2021). Isso significa maior e melhor produção na mesma área de cultivo, com mesmo investimento em insumos e, portanto, maior lucro para o produtor.

Experimentos de campo têm demonstrado que a produtividade (kg/ha) em áreas de soja no Brasil pode apresentar incrementos de 13% a 18% com a polinização promovida por abelhas, a depender da cultivar agrônômica (Milfont et al., 2013; Santos et al., 2019; Costa, 2022; Gazzoni; Barateiro, 2023). Mesmo apresentando dependência modesta de polinizadores, o valor econômico do serviço de polinização para soja no Brasil foi estimado em cerca de US\$26 bilhões por safra, com base em dados de produção da cultura na safra de 2018 (Giannini et al., 2015; Wolowski et al., 2019). Esse montante elevado justifica-se pelo fato de que, em uma cultura de altíssimo valor econômico para o país, mesmo acréscimos discretos associados à atividade de polinizadores traduzem-se em ganhos monetários absolutos de grande magnitude (Giannini et al., 2015; Wolowski et al., 2019). Por isso, a polinização por abelhas silvestres nativas ou por abelhas introduzidas para a polinização assistida pode representar ganhos financeiros para o produtor.

A polinização assistida consiste na introdução de colmeias manejadas, por exemplo, da abelha exótica *Apis mellifera* Linnaeus (1758) (abelha africanizada), nas áreas de cultivo durante o período da floração da cultura. Geralmente, essa prática está associada

à manutenção de apiário próprio, à parceria com agricultores ou ao aluguel de colônias pelo produtor. Contudo, a própria biodiversidade local de abelhas silvestres também desempenha um papel muito importante na polinização da soja, sem custos adicionais para o produtor (Milfont et al., 2013; Costa, 2022). A biodiversidade de abelhas silvestres incluiu ninhos de *A. mellifera* não manejados pela apicultura e de espécies nativas presentes em ambientes naturais ou seminaturais (i.e., ambientes naturais modificados pela ação humana). As espécies de abelhas nativas, em sua maioria, diferentemente da *A. mellifera*, não são domesticadas e, por isso, não são mantidas em sistemas de manejo intensivo. Além disso, muitas dessas espécies não são sociais e constroem seus ninhos solitários ou em agregações temporárias, especialmente no solo. Ao manter os ambientes naturais e os sistemas agrícolas manejados de forma menos intensiva, o produtor agrega valor econômico à área produtiva ao se beneficiar diretamente do serviço de polinização prestado pela fauna nativa de abelhas silvestres. Essa perspectiva pode ser a base para valorizar estratégias de manejo agrícola amigáveis à biodiversidade e com benefícios diretos para os produtores, sem custos adicionais para incremento da produção.

Embora a soja seja uma das culturas agrícolas mais importantes do ponto de vista econômico no Brasil, ainda há lacunas quanto às espécies de abelhas nativas que visitam os cultivos de soja em nosso território. Em uma revisão da literatura científica sobre os visitantes florais da soja, publicada em 2018, foram registradas apenas 12 espécies de abelhas nativas, além de *A. mellifera*, que atuam como visitantes florais da soja (Pires et al., 2018). Mais recentemente, um levantamento realizado na região de Leme - SP adicionou à listagem de visitantes florais 10 outras espécies de abelhas nativas associadas a áreas de produção de soja (Costa, 2022). Contudo, a biodiversidade de abelhas no Brasil é altamente expressiva, contando com mais de 1.900 espécies descritas (Moure et al., 2022), das quais centenas já foram registradas em ambientes agrícolas com potencial para polinizar diversos cultivos (Wolowski et al., 2019). Por isso, ainda há um grande potencial a ser explorado sobre o papel

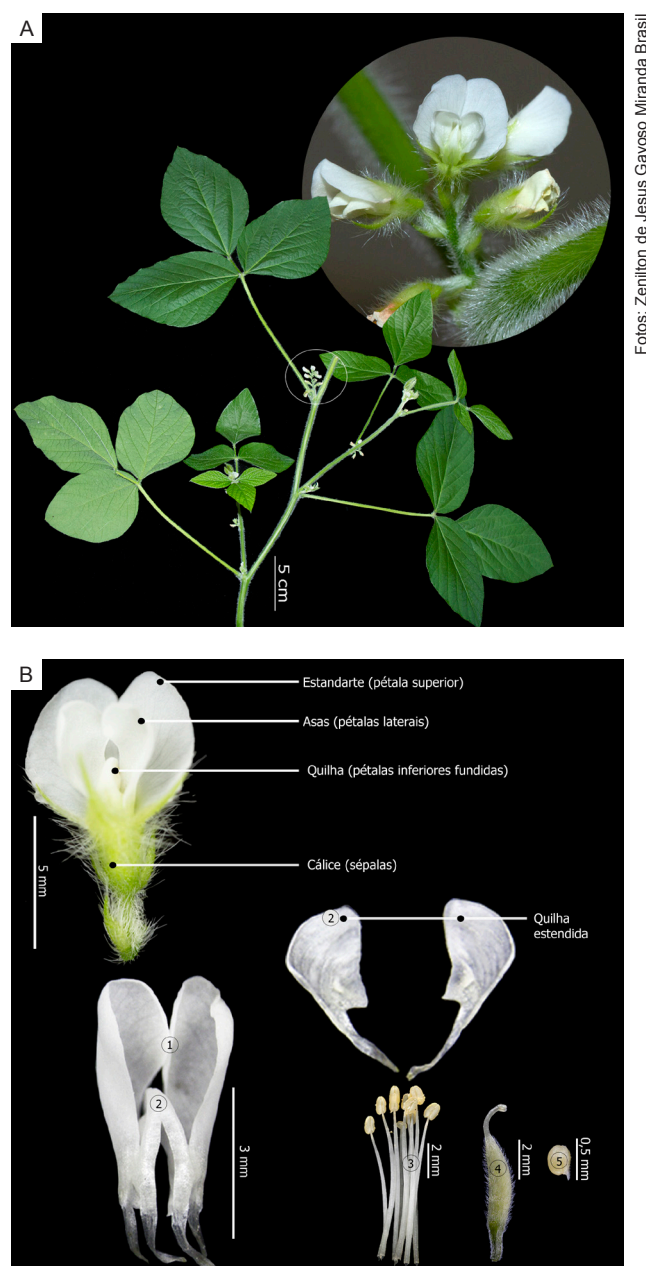
dessas espécies em cultivos como a soja. Conhecer, valorizar e utilizar as espécies de abelhas silvestres no processo produtivo constitui uma das estratégias mais eficazes para fortalecer o protagonismo da agricultura brasileira no desenvolvimento de soluções inovadoras alinhadas às demandas da sociedade e dos mercados internacionais por produtos agrícolas mais sustentáveis. Além disso, essa prática promove a conscientização sobre o valor da biodiversidade e a necessidade de conservação dos polinizadores como elementos importantes nas áreas agrícolas do país.

Nesse contexto, esta publicação descreve a comunidade de abelhas silvestres em cultivos de soja no sudoeste de Goiás, analisando áreas com diferentes níveis de adoção de agricultura regenerativa (AR) e discutindo a influência de fragmentos de vegetação natural adjacentes para a manutenção de abelhas nas áreas cultivadas. Além dos dados empíricos obtidos neste estudo, discutimos, com base na literatura, a biologia floral e reprodutiva da soja e o comportamento de forrageamento das abelhas em suas flores. Esses aspectos são fundamentais para compreendermos as interações entre a cultura e seus possíveis visitantes florais e potencializarmos o uso sustentável da biodiversidade na produção agrícola nacional. Adicionalmente, discutimos quais práticas associadas à agricultura regenerativa podem estar contribuindo para a manutenção das comunidades de abelhas nas áreas de produção avaliadas.

Estrutura floral da soja e o processo de polinização

A flor de soja é pequena, medindo cerca de 6–10 mm de comprimento e 5–8 mm de largura e é considerada uma flor completa, pois apresenta as quatro partes básicas: as sépalas, que protegem o botão floral em desenvolvimento; as pétalas, que são as estruturas coloridas (brancas, púrpuras claras ou roxas), que exercem atração sobre os polinizadores; os estames, que produzem pólen e pertencem às partes masculinas da flor; e o pistilo, que contém o ovário e representa a parte feminina (Erickson; Garment, 1979; Chiari et al., 2005) (Figura 1A). A flor de soja apresenta o formato típico das encontradas nas plantas da família Fabaceae (leguminosas) e lembra uma pequena borboleta devido à disposição de suas pétalas: uma pétala superior maior (estandarte), duas pétalas menores laterais (asas) e

duas pétalas inferiores parcialmente fundidas (quilha) (Ray et al., 2003) (Figura 1B). No interior dessa quilha encontram-se os órgãos reprodutivos da flor: os filetes e as anteras (parte masculina), o ovário (parte feminina), o estilete e o estigma. A estrutura da flor, especialmente a quilha fechada, protege as estruturas reprodutivas e favorece o contato entre o pólen liberado pelas anteras e o estigma da própria flor (Ray et al., 2003), o que contribui para que a fecundação ocorra predominantemente por autopolinização (Cunha et al., 2023).



Fotos: Zenilton de Jesus Gayoso Miranda Brasil

Figura 1. (A) Flor de soja da cultivar Brasmax Olimpo IPRO. (B) Detalhes das partes da flor de soja: (1) asas, (2) quilha, (3) filetes e anteras, (4) ovário, estilete e estigma, (5) óvulo.

As flores de soja e os polinizadores

Apesar da predominância da autopolinização, a polinização entre flores pode ocorrer na soja (Garibaldi et al., 2021; Cunha et al., 2023) e é mediada principalmente por abelhas (Wolowski et al., 2019). As flores de soja produzem néctar e podem atrair diversos insetos, especialmente abelhas (Pires et al., 2018; Costa, 2022), o que pode aumentar a polinização. Além da produção de néctar, a morfologia das flores de soja favorece a polinização por insetos, pois apresenta verticilos¹ livres, o que facilita o acesso de visitantes florais (Erickson, 1975; Chiari et al., 2005) (Tabela 1, Figura 1B). Quando uma abelha, por exemplo, pousa sobre a flor para a coleta de néctar, apoia-se nas pétalas inferiores e, sob o peso e o movimento, aciona mecanicamente a abertura dessas pétalas. Assim, a abelha entra em contato com os grãos de pólen, que ficam

retidos nos pelos e podem ser transportados para outras flores da mesma planta (autopolinização) ou para flores de outras plantas (polinização cruzada), favorecendo a fecundação das flores receptoras (Figuras 2 e 3). A visitação de abelhas também pode aumentar a eficiência da autopolinização pela deposição adicional de pólen no estigma. Um fato interessante é que o néctar produzido pelas flores de soja não é muito abundante dentro de cada flor (0,5 ug/flor) (Gazzoni et al., 2022), o que favorece que uma mesma abelha visite as diversas flores produzidas pelas plantas de soja (Tabela 1) e contribua para a polinização cruzada, aumentando o fluxo gênico entre as plantas de soja dentro do cultivo. Mesmo quando a flor já foi autopolinizada, o pólen transportado pelos visitantes florais pode ser depositado sobre o estigma, ampliando a quantidade e a diversidade genética do pólen disponível, aumentando a probabilidade de fecundação dos óvulos e o desenvolvimento das sementes, e o número de sementes e de sementes por vagem (Free, 1993; Gazzoni; Barateiro, 2023).

Tabela 1. Morfologia e recursos florais da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e características associadas à atratividade para abelhas e outros insetos.

Característica floral	Descrição	Implicação para visitação de abelhas	Referências
Tamanho da flor	Flores pequenas, cerca de 6–10 mm de comprimento e 5–8 mm de largura	Flores pequenas limitam o acesso e favorecem insetos capazes de manipular a quilha	Erickson (1975)
Cor da flor	Predominantemente branca ou púrpura, podendo apresentar guias de néctar	Guias de néctar auxiliam na orientação dos insetos até o nectário	Erickson (1975) e Chiari et al. (2005)
Guias de néctar	Linhas convergentes direcionando ao nectário, mais visíveis em flores púrpuras	Facilitam a localização do recurso floral pelos polinizadores	Chiari et al. (2005) e Gazzoni e Barateiro (2023)
Abundância de flores por planta	Uma planta pode produzir até cerca de 800 flores, no pico 600 flores /m-2/dia	Alta densidade floral compensa a baixa oferta de recurso por flor	Chiari et al. (2005) e Gazzoni et al. (2022)
Produção de néctar	Quantidade pequena por flor, variável entre cultivares	A grande quantidade de flores pode tornar a cultura atrativa para abelhas	Erickson (1975), Chiari et al. (2005) e Gazzoni et al. (2022)
Concentração de açúcares do néctar	Aproximadamente 21–45% de sólidos dissolvidos	Faixa de concentração adequada para muitas espécies de abelhas	Chiari et al. (2005)
Produção de açúcar por flor	Média de aproximadamente 14,33 µg de açúcar por flor	Define o valor energético do recurso floral	Chiari et al. (2005)
Grau de abertura floral	Flores podem ser casmogâmicas (abertas) ou cleistogâmicas (fechadas)	Flores abertas facilitam o acesso ao néctar e aumentam a visitação	Erickson (1975)

¹ Verticilos são os conjuntos de estruturas que compõem uma flor. Em uma flor considerada completa, distinguem-se quatro verticilos principais, organizados do exterior para o interior: o cálice, a corola (conjunto de pétalas), o androceu (conjunto de estames, estruturas masculinas) e o gineceu (conjunto de pistilos ou carpelos, estruturas femininas).

Foto: Davi de Lacerda Ramos

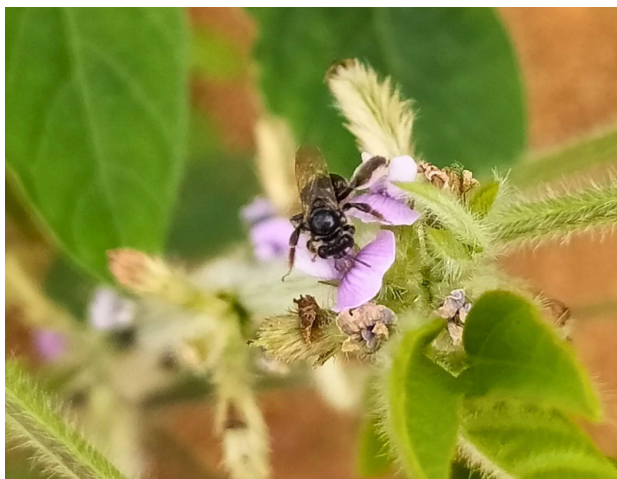


Figura 2. Abelha solitária *Exomalopsis* sp., da família Apidae, visitando uma flor da soja.

Onde e quando as amostragens das abelhas foram realizadas?

As áreas de produção de soja incluídas neste estudo integraram o **Projeto Regenera Cerrado – Fase I**, uma iniciativa do Instituto Fórum do Futuro, cuja fase de coleta e análise de dados foi realizada entre outubro de 2022 e agosto de 2025². O projeto contou, em sua primeira fase, com a participação de dez instituições de pesquisa e de 12 propriedades rurais localizadas no sudoeste de Goiás, além de uma organização de consultoria e assistência técnica, e recebeu apoio financeiro da iniciativa privada.

As amostragens das abelhas foram semanais e ocorreram ao longo de todo o período de floração da soja, entre novembro de 2023 e janeiro de 2024. As abelhas foram amostradas em sete talhões de produção de soja localizados nas regiões dos municípios de Rio Verde - GO e Montividiu – GO (Figura 4) e em manchas de vegetação natural adjacentes ao cultivo que em sua maioria fazem parte da Área de Proteção

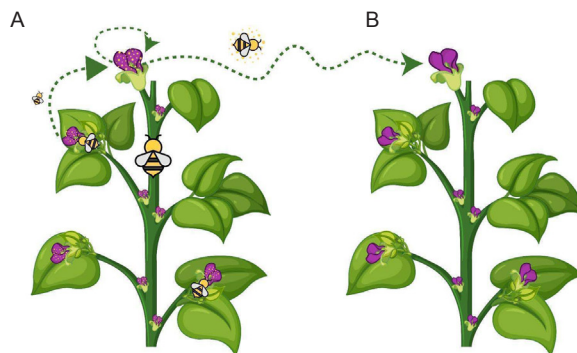


Ilustração: Bruno Hennrichsen

Figura 3. Polinização nas flores de soja mediada por abelhas. Polinização é o processo pelo qual o pólen contido nas partes masculinas de uma flor é transportado até a parte feminina da mesma flor, de outra flor da mesma planta (A = autopolinização) ou ainda de plantas diferentes (B = polinização cruzada), levando à fecundação e à formação de frutos e sementes. Esse transporte de pólen entre as flores de soja é mediado por insetos, principalmente por abelhas. Quanto mais eficiente for a polinização, maior será a chance de formar frutos de melhor qualidade, com mais sementes, mais uniformes e, em muitos casos, mais pesados.

Permanente (APP) das propriedades. O tamanho dos talhões amostrados variou entre 45 e 146 hectares, com diferentes porcentagens de vegetação natural no entorno (Tabela 2). As áreas de vegetação amostradas são remanescentes do Cerrado, com predomínio de formações savânicas, caracterizadas por vegetação rasteira e arbustiva, ou de formações florestais, com vegetação arbórea, dosséis fechados e próximas a cursos d'água.

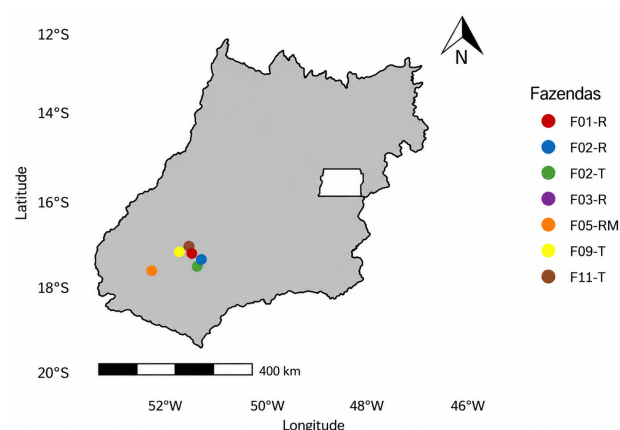


Figura 4. Mapa do estado de Goiás mostrando as sete áreas onde foram amostradas as abelhas visitantes das áreas de cultivo de soja.

Fonte: Adaptado de Fontes et al. (2024).

² Disponível em: <https://www.forum dofuturo.org/>.

Tabela 2. Caracterização das áreas de cultivo de soja onde foram realizadas as amostragens de abelhas.

Talhão	Área (ha)	Variedade de soja	Nível de adoção de biológicos (fertilização)*	Nível de adoção de biológicos (controle fitossanitário)*	Caracterização da paisagem**				
					Vegetação nativa (%)	Distância mínima de mancha de vegetação nativa (m)	Distância máxima de mancha de vegetação nativa (m)	Agricultura (%)	Pastagem (%)
1	100	DM73i75	2,64	2,30	5,17	10	2.000	93,0	1,6
2	100	Embrapa BRS 284 e BRS 534	2,28	2,07	13,77	10	2.000	82,5	3,6
3	45	BMX 80I82 Olimpo IPRO / 0790	2,81	2,47	15,56	140	1.000	67,24	7,3
4	77,65	NEO 761	2,09	2,27	8,76	10	800	86,3	4,5
5	120	IPRO DM73i75	2,40	1,21	8,3	10	600	87,2	4,2
6	146	IPRO DM73i75	3,00	2,95	8,89	30	1.500	69,0	5,2
7	72,60	Intacta 7383	3,20	2,70	12,9	70	2.000	76,7	4,5

* Quanto menor o número, maior o nível de adoção de produtos biológicos. Os produtos para controle de pragas foram classificados de acordo com Classificação de Periculosidade Ambiental do Ibama (Ibama, 1996). Os produtos utilizados como fertilizantes foram classificados com base na origem e na composição, adotando-se os critérios do Mapa (Brasil, 2026).

** Cálculos feitos com base em dados do MapBiomass (2021).

O nível de adoção de práticas de agricultura regenerativa variou entre os sete talhões estudados. Com base nos princípios³ definidos para a agricultura regenerativa (LaCanne; Lundgren, 2018), caracterizamos e registramos as práticas agrícolas utilizadas para manejo do solo, fertilização da cultura, controle de artrópodes-praga, doenças e plantas invasoras (Tabelas A1 e A2 dos Anexos). Essas informações foram obtidas por meio de entrevistas com os produtores, combinando questionários qualitativos e quantitativos. Para a caracterização do manejo do solo, um questionário com respostas qualitativas (adota/ não adota) relacionadas às práticas de revolvimento e cobertura do solo foi preenchido para cada talhão de estudo (Tabela A2 dos Anexos). As áreas de estudo adotam manejo do solo muito semelhante. Todos adotam práticas, como o plantio direto e o plantio sobre a palhada, que auxiliam na manutenção da matéria orgânica no solo e quase todos adotam de forma similar práticas que minimizam o revolvimento do solo (Tabela A1

dos Anexos). A diferenciação entre os talhões torna-se mais clara na dimensão dos insumos empregados (Tabela A2 dos Anexos).

Os insumos utilizados para fertilização e controle de pragas e plantas invasoras foram listados, qualificados e quantificados (Tabela A2 dos Anexos). Seguindo a proposta metodológica de Paula et al. (2026), calculamos o nível de adoção de produtos biológicos (NAPB) em cada talhão (Tabela 2). Neste cálculo do nível de adoção de produtos biológicos, foram utilizados o número total de aplicações de fertilizantes e de produtos para o controle de pragas (inseticidas e fungicidas) e de plantas daninhas (herbicidas), bem como a classificação quanto ao risco ambiental de cada produto. No caso dos inseticidas, fungicidas e herbicidas, usou-se a classificação de periculosidade ambiental (PPA), conforme as normativas do Ibama (Ibama, 1996) e, para os produtos usados como fertilizantes, essa classificação foi feita com base na origem e na composição, adotando-se os critérios do Mapa

³ Os cinco princípios da agricultura regenerativa consistem em minimizar a perturbação física, biológica e química do solo, manter o solo permanentemente coberto, aumentar a diversidade de plantas, manter raízes vivas no solo pelo maior tempo possível e integrar animais ao sistema produtivo sempre que possível (LaCanne; Lundgren, 2018).

(Brasil, 2026). As informações foram obtidas pela consulta ao Cadastro de Agrotóxicos, Fitossanitários e Afins (Agrofit) registrados no Brasil⁴.

Conforme a proposta de Paula et al. (2026), atribuiu-se a cada classe de risco ambiental um escore ordinal de 1 a 4, proporcional ao seu nível de periculosidade para as abelhas. Os pesos foram definidos como: 4 para produtos de maior periculosidade (Classe I), 3 para Classe II, 2 para Classe III e 1 para insumos de menor risco, incluindo bioinsumos e produtos de base orgânica (Classe IV). O Nível de Adoção de Produtos Biológicos (NAPB) foi calculado pela média ponderada do número de aplicações em cada classe, utilizando os escores como pesos e dividindo pelo total de aplicações realizadas no talhão. Dessa forma, valores menores de NAPB indicam maior utilização de insumos de baixa periculosidade (especialmente os biológicos), enquanto índices elevados refletem o uso predominante de defensivos químicos de maior impacto ambiental, como os inseticidas sintéticos. Essa abordagem tem a vantagem de balancear o número de aplicações de cada produto, considerando sua classe de periculosidade ambiental. Os critérios, bem como os escores utilizados por Paula et al. (2026) para a classificação do risco ambiental dos produtos, estão descritos na Tabela A3 dos Anexos.

Foram utilizadas, nos talhões, na safra de 2023/2024, variedades distintas de soja e diferentes quantidades de produtos sintéticos e biológicos para a fertilização e o controle de artrópodes-praga, doenças e plantas invasoras ao longo do ciclo da cultura (Tabela 2 e Tabela A2 dos Anexos).

Como as amostragens foram realizadas?

As amostragens foram realizadas semanalmente, variando de 2 a 6 semanas por talhão, durante todo o período de floração da cultura, entre 21 de novembro de 2023 e 25 de janeiro de 2024. Foram utilizados dois métodos complementares de coleta: a) coleta ativa com rede entomológica; b) coleta passiva com pratos-armadilha de cor azul (*“pan trap”*). A cor azul para as armadilhas foi escolhida por ter sido demonstrada como uma das mais eficientes para a coleta de

várias espécies de abelhas (Barbosa et al., 2023). As armadilhas continham uma solução composta por propilenoglicol (50%), álcool etílico 70% (20%), água (30%) e 1 colher de sopa de detergente neutro para 5 L de solução (Figura 5). O detergente foi usado para quebrar a tensão superficial da solução e facilitar a captura dos insetos, o propilenoglicol foi usado para evitar a evaporação da solução; e o álcool etílico para a conservação dos insetos capturados. A solução das armadilhas era repostada uma vez por semana no momento da retirada dos insetos coletados.

Nas coletas nas áreas de cultivo de soja, utilizaram-se tanto a rede entomológica quanto os pratos-armadilha. Nas áreas de vegetação natural, usaram-se apenas os pratos-armadilha, devido à impossibilidade de coletar as abelhas diretamente sobre as plantas no dossel da mata. As coletas realizadas com armadilhas coletam os insetos que voam sobre as plantas de soja e são atraídos pela cor das armadilhas, e não necessariamente os visitantes florais.

As coletas com rede entomológica ocorreram em 6 a 10 pontos amostrais por talhão, dependendo do tamanho deste e observando-se uma distância mínima de 300 metros entre pontos para independência das amostras. Os pontos amostrais foram marcados a cerca de 25 metros da borda do plantio. Uma vez por semana, em cada ponto amostral, dois coletores caminhavam lentamente por 25 metros, direcionando a rede para os insetos que pousavam ou voavam próximos às plantas de soja, totalizando 50 metros de amostragem em cada ponto amostral. A passagem da rede era sempre feita na direção das linhas de plantio. As amostragens com rede entomológica ocorreram entre 09h00 e 13h00, período que coincide com o pico de abertura floral (Milfont, 2012), em dias sem chuva e, preferencialmente, ensolarados, e o tempo necessário para amostrar todos os pontos de cada talhão foi de 1 hora.

Em cada talhão, foram instaladas 10 armadilhas no cultivo de soja, posicionadas paralelamente à borda da lavoura e a aproximadamente 25 m da área de vegetação natural adjacente. Outras 10 armadilhas foram instaladas na área de vegetação natural, também alinhadas paralelamente à borda, a cerca de 10 m do limite com a lavoura. Em ambos os ambientes, as armadilhas foram distribuídas com espaçamento aproximado de 5 m entre si. Semanalmente, estas

⁴ Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.



Fotos: Davi Lacerda Ramos

Figura 5. Métodos utilizados nas amostragens de abelhas em áreas de produção de soja e vegetação natural adjacentes aos cultivos. A: treinamento com estudantes utilizando o método de coleta com rede entomológica. e B: pratos-armadilha de cor azul (*“pan trap”*), instalado na área de lavoura de soja.

amostras de cada armadilha, por fazenda, eram agrupadas para formar uma amostra composta, sendo uma para as armadilhas instaladas na lavoura de soja e outra para a área de vegetação natural adjacente. Para as coletas na vegetação natural, as armadilhas foram mantidas até o período de colheita da soja, a fim de aumentar o esforço amostral nessas áreas. As armadilhas foram instaladas a aproximadamente 1,5 m acima do solo, em suportes confeccionados com canos de PVC. Nas áreas de cultivo de soja, as armadilhas foram posicionadas um pouco acima da altura das plantas, destacando-se na vegetação. O esforço de amostragem foi diferente entre as duas metodologias. Considerando o número de horas por dia e os dias em que as armadilhas permaneceram em campo, o método passivo de coleta totalizou 1.728 horas. Enquanto nas coletas ativas com rede,

o esforço total de coleta foi de aproximadamente 30 horas (tempo despendido em cada talhão x número de talhões x número de semanas de coleta).

Semanalmente, em campo, os insetos coletados nas armadilhas e nas varreduras realizadas com rede entomológica foram transferidos para frascos plásticos contendo etanol 70% e levados ao laboratório. Em laboratório, as amostras foram triadas, montadas em alfinete entomológico e identificadas até o menor nível taxonômico possível pela taxonomista Dra. Favízia Freitas da Universidade Federal da Bahia. As abelhas identificadas foram depositadas na Coleção Entomológica de Abelhas da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, localizada em Brasília, DF. As informações sobre os espécimes foram registradas no Banco de Dados Alelo, plataforma digital da Embrapa disponível para consulta⁵.

⁵ Disponível em: <https://alelo.cenargen.embrapa.br/>

Qual é a composição da comunidade de abelhas nas áreas de cultivo de soja e vegetação adjacentes?

Foi coletado um total de 11.199 insetos de diferentes ordens, sendo 6.053 atraídos pelas armadilhas (coleta passiva) e 5.146 coletados com o uso de rede entomológica (coleta ativa). Considerando apenas as abelhas (Hymenoptera, Anthophila), foi coletado um total de 764 indivíduos, sendo 728 (95%) nas armadilhas e 36 (5%) em rede entomológica. Foram coletadas abelhas das cinco famílias que ocorrem no Brasil: Apidae, Andrenidae, Megachilidae, Colletidae e Halictidae. Todos os indivíduos coletados foram identificados ao nível de gênero e destes, 437 (58%) ao nível de espécie (Tabela 3).

Dos 728 espécimes de abelhas coletados nas armadilhas instaladas nas duas áreas, 324 foram coletados na mata e 404 nas áreas de soja. As abelhas da família Halictidae foram as mais abundantes na soja, com destaque para abelhas do gênero *Dialictus*. Já na mata, a espécie *Ceratina* (*Crewella*) *duplocarinata* (Roig-Alsina, 2022), Apidae tribo Ceratinini, foi a mais representativa, com 29% do total de espécimes coletados (Tabela 3). As áreas de vegetação nativa próximas aos cultivos servem de fonte de visitantes florais e potenciais polinizadores que podem forragear nas áreas agrícolas adjacentes (Monasterolo et al., 2015). Constatamos que o afastamento da vegetação nativa reduziu significativamente a riqueza e a abundância das espécies de abelhas nativas, em contraste com a estabilidade observada na abundância de *Apis mellifera* (Ramos et al., 2026). Além disso, essas áreas naturais abrigam diversas espécies exclusivas de abelhas, o que evidencia sua importância para a manutenção da diversidade local de abelhas silvestres (Tabela 3, Figura 6).

Tabela 3. Lista de espécies de abelhas, por Família, coletadas durante a floração da soja entre novembro de 2023 a janeiro de 2024, utilizando rede entomológica e armadilhas do tipo “pan trap” azul, em 7 talhões de cultivo soja e matas adjacentes em fazendas localizadas no Sudoeste Goiano nos municípios de Rio Verde e Montividiu, estado de Goiás. Estas fazendas apresentam diferentes níveis de adoção de produtos biológicos.

Taxonomia por Família	N mata (324)	Freq. mata (%)	N soja (440)	Freq. soja (%)	N total (764)	Freq. total (%)
APIDAE						
<i>Alepidocelis</i> sp.	0	0	2	0,45	2	0,26
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758 (africanizada - exótica)	13	4,01	69	15,68	82	10,73
<i>Centris</i> (<i>Heterocentris</i>) <i> analis</i> (Fabricius, 1804)	1	0,30	0	0	1	0,13
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>diligens</i> Smith, 1879	7	2,39	0	0	7	0,91
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>duplocarinata</i> Roig-Alsina, 2022	95	29,32	4	0,90	99	12,95
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>gossypii</i> Schrottky, 1907	7	2,16	1	0,22	8	1,04
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.1	4	1,23	0	0	4	0,52
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>maculifrons</i> Smith, 1854	2	0,61	0	0	2	0,26
<i>Ephicaris</i> (<i>Epicharis</i>) <i>flava</i> Friese, 1900	3	0,22	0	0	3	0,39
<i>Ephicaris</i> (<i>Xanthepicharis</i>) <i>bicolor</i> Smith, 1853	14	4,32	2	0,45	16	2,09
<i>Eufriesea</i> sp.	3	0,92	0	0	3	0,39
<i>Euglossa</i> (<i>Euglossa</i>) <i>liopoda</i> Dressler, 1982	3	0,92	0	0	3	0,39
<i>Euglossa</i> sp.1	1	0,30	0	0	1	0,13
<i>Euglossa</i> sp.2	2	0,61	1	0,22	3	0,39
<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i> analis</i> Spinola, 1853	12	3,39	54	12,27	67	8,76
<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i> auropilosa</i> Spinola, 1853	3	0,92	9	2,04	12	1,57
<i>Exomalopsis</i> sp.1	1	0,30	5	1,13	6	0,78
<i>Exomalopsis</i> sp.2	0	0	1	0,22	1	0,13

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Taxonomia por Família	N mata (324)	Freq. mata (%)	N soja (440)	Freq. soja (%)	N total (764)	Freq. total (%)
<i>Florilegus</i> sp.	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Frieseomelitta doederleini</i> (Friese, 1900)	1	0,30	0	0	1	0,13
<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Melissodes (Ecplectica) nigroaenea</i> Smith, 1854	0	0	2	0,45	2	0,26
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	13	4,01	0	0	13	1,70
<i>Melitomella</i> sp.	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Paratetrapedia</i> sp.1	11	2,39	8	1,81	19	2,48
<i>Paratetrapedia</i> sp.2	2	0,61	1	0,22	3	0,39
<i>Paratetrapedia</i> sp.3	3	0,92	0	0	3	0,39
<i>Paratrigona (Paratrigona) lineata</i> (Lepeletier, 1836)	0	0	6	1,36	6	0,78
<i>Peponapis fervens</i> (Smith, 1879)	5	1,71	35	7,95	40	5,23
<i>Tetragona clavipes</i> (Fabricius, 1804)	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Thygater (Thygater) analis</i> (Lepeletier, 1841)	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Trigona (Trigona) spinipes</i> (Fabricius, 1793)	2	0,61	32	7,27	34	4,45
<i>Trigona (Trigona) hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	2	0,61	1	0,22	3	0,39
<i>Xylocopa</i> sp.1	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Xylocopa</i> sp.2	0	0	1	0,22	1	0,13
ANDRENIDAE						
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	2	0,61	20	4,54	22	3,04
COLLETIDAE						
<i>Ptiloglossa</i> sp.	0	0	1	0,22	1	0,13
HALICTIDAE						
<i>Augochlora</i> sp. 1	2	0,61	0	0	2	0,26
<i>Augochlora</i> sp. 2	9	2,77	1	0,22	10	1,30
<i>Augochloropsis</i> sp.1	63	19,44	22	5,00	85	11,12
<i>Augochloropsis</i> sp.2	20	6,17	2	0,45	22	2,74
<i>Augochloropsis</i> sp.3	2	0,61	4	0,90	6	0,78
<i>Augochloropsis</i> sp.4	1	0,30	0	0	1	0,13
<i>Augochloropsis aurifluens</i> (Vachal, 1903)	0	0	2	0,45	2	0,26
<i>Augochloropsis wallacei</i> (Cockerell, 1900)	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Dialictus opacus</i> (Moure, 1940)	0	0	9	2,04	9	1,17
<i>Dialictus</i> sp.1	6	1,85	81	18,40	87	11,38
<i>Dialictus</i> sp.2	6	1,85	50	11,36	56	7,32
<i>Dialictus</i> sp.3	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Halictus (Pachyceble) lanei</i> (Moure, 1940)	0	0	1	0,22	1	0,13
<i>Megalopta</i> sp.	1	0,30	1	0,22	2	0,26
MEGACHILIDAE						
<i>Megachile</i> sp.	2	0,61	3	0,68	5	0,65
Nº total de espécies:	35	100	40	100	53	100

N= número total de indivíduos; Freq.= frequência de indivíduos em relação ao total coletado.

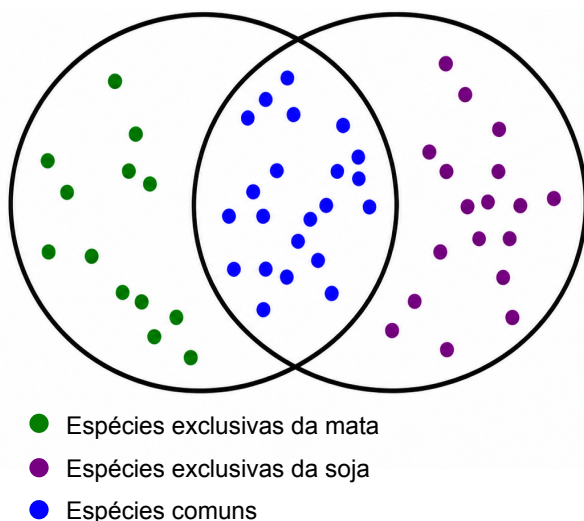


Figura 6. Distribuição das espécies de abelhas coletadas em áreas de cultivo de soja e vegetação adjacente utilizando dois métodos de amostragem: rede entomológica (soja) e armadilhas do tipo pan trap (soja e mata). Os pontos verdes indicam espécies registradas exclusivamente nas áreas de mata ($n = 13$), os pontos azuis representam espécies comuns a ambas as áreas (interseção; $n = 22$) e os pontos lilás correspondem às espécies exclusivas das áreas de soja ($n = 18$). Cada ponto representa uma espécie.

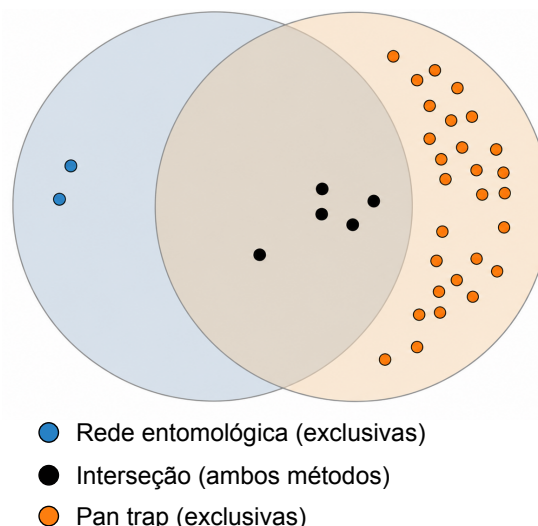


Figura 7. Distribuição das espécies de abelhas coletadas em áreas de cultivo de soja por dois métodos de amostragem: rede entomológica e armadilhas do tipo pan trap. Os pontos azuis indicam espécies registradas exclusivamente pela rede entomológica ($n = 2$), os pontos pretos representam espécies comuns a ambos os métodos (interseção; $n = 5$) e os pontos laranja correspondem às espécies exclusivas das pan traps ($n = 28$). Cada ponto representa uma espécie.

Do total de 53 espécies de abelhas coletadas nas áreas de cultivo de soja e vegetação do entorno, 89% dos indivíduos correspondem a espécies de abelhas nativas e apenas 11% são representantes da espécie exótica *A. mellifera*. Considerando os dois métodos de coleta, foram registradas 40 espécies de abelhas nas áreas cultivadas, das quais 27 representam novos registros para a cultura da soja (Tabela 3). A contribuição relativa de cada método de coleta para a composição da comunidade amostrada é ilustrada na Figura 7.

Os resultados evidenciam a complementaridade entre os métodos de coleta, mas também indicam possíveis limitações da rede entomológica para amostrar a comunidade de abelhas associada à cultura da soja. O elevado número de espécies registradas exclusivamente nas armadilhas do tipo pan trap, em contraste com o baixo número de espécies exclusivas da rede (Figura 7), sugere que a coleta ativa subestima a riqueza local e foca mais nos potenciais visitantes florais. A coleta com rede registrou 7 espécies em aproximadamente 30 horas, o que corresponde a uma taxa de 0,23 espécies por hora. Mantida essa taxa, seriam necessárias cerca de 142 horas de amostragem com rede para atingir as 33 espécies registradas pelas pan traps. Embora essa estimativa seja aproximada, ela evidencia a maior eficiência das pan traps em termos de esforço amostral para

a amostragem da diversidade local da comunidade de abelhas.

Levando-se em conta a dificuldade de acesso às flores devido à arquitetura da planta de soja e ao espaçamento de plantio adensado adotado nas áreas de produção, a amostragem com rede entomológica mostra-se pouco eficiente para caracterizar a comunidade de abelhas. Essas limitações operacionais reduzem a detectabilidade, especialmente de espécies pequenas, menos conspícuas ou com padrões de atividade restritos. Por outro lado, as armadilhas pan trap permitem maior padronização do esforço amostral e demandam menor investimento em termos de horas/pessoa em campo, favorecendo o registro de um número mais amplo de espécies. Assim, para estudos voltados ao levantamento da diversidade de abelhas em áreas de produção de soja, as coletas passivas com pan trap se apresentam como a abordagem mais indicada, enquanto a rede entomológica pode ser utilizada de forma complementar, especialmente quando o interesse recai sobre interações florais específicas. Não podemos deixar de mencionar também que a eficiência da coleta de abelhas com rede entomológica depende muito do esforço e habilidade do coletor, variando em eficiência de pessoa para pessoa, o que não acontece com as armadilhas, que eliminam essa questão da habilidade do coletor em manejar o equipamento. Além disso, como diferentes

espécies podem visitar as flores em horários distintos, o intervalo restrito de amostragem com rede entomológica (entre 9h e 13h) pode ter reduzido a eficiência desse método.

As espécies de abelhas mais abundantes nas áreas de cultivo de soja foram: *Dialictus* sp. 1, *Dialictus* sp. 2, *Apis mellifera*, *Peponapis fervens* (Smith, 1879) e *Trigona* (*Trigona*) *spinipes* (Fabricius, 1793) (Tabela 4). Algumas das espécies de abelhas nativas silvestres coletadas em nosso estudo, como aquelas dos gêneros *Dialictus*, *Augochlora*, *Augochloropsis* e *Melissodes*, podem atuar como agentes polinizadores na cultura da soja conforme já relatado em outros estudos (Rust et al., 1980; Monasterolo et al., 2015; O'Neal, 2015).

Com base em informações disponíveis sobre a biologia das espécies das abelhas coletadas⁶ (Araújo et al., 2004; Moure et al., 2022), observou-se que mais de 60% são espécies que constroem seus ninhos no solo (Figura 8A). Deste grupo de abelhas que nidificam no solo, cerca de 66% foram capturadas em armadilhas instaladas dentro dos campos de soja, o que sugere que determinadas práticas de manejo do solo que reduzem sua compactação e perturbação podem favorecer a preservação dos ninhos dessas espécies dentro das lavouras (Tschanz et al., 2024). O uso intensivo de maquinário agrícola, especialmente

pulverizadores e colheitadeiras de grande porte, pode destruir ou obstruir as entradas de ninhos localizados no solo. Nos talhões avaliados, o plantio é organizado de modo a manter áreas livres para o trânsito dessas máquinas, o que, em princípio, poderia reduzir a disponibilidade de locais adequados para nidificação. Ainda assim, o elevado percentual de espécies com hábito de nidificação no solo (60%) e a capacidade de voo da maioria das espécies coletadas (Tabela 4) sugerem que seus ninhos possam ter estabelecido no interior das áreas cultivadas e em seu entorno imediato.

Adicionalmente, aproximadamente 18% das abelhas coletadas nidificam em ocos de troncos de árvore, o que ressalta ainda mais a importância da preservação de áreas de vegetação nativa dentro e no entorno das lavouras, de modo a garantir a disponibilidade de locais de nidificação e a permanência dessas espécies nos agroecossistemas. Aproximadamente, 12% das espécies coletadas fazem ninhos em cavidades diversas pré-existentes, como cupinzeiros, por exemplo, e 5% das espécies não dependem de cavidades para construir os seus ninhos. O restante dos espécimes (ca. 4%), identificados apenas até o nível de gênero, pode incluir espécies que constroem ninhos no solo e nas árvores, em cavidades diversas ou ainda em locais independentes de cavidade (Figura 8A).

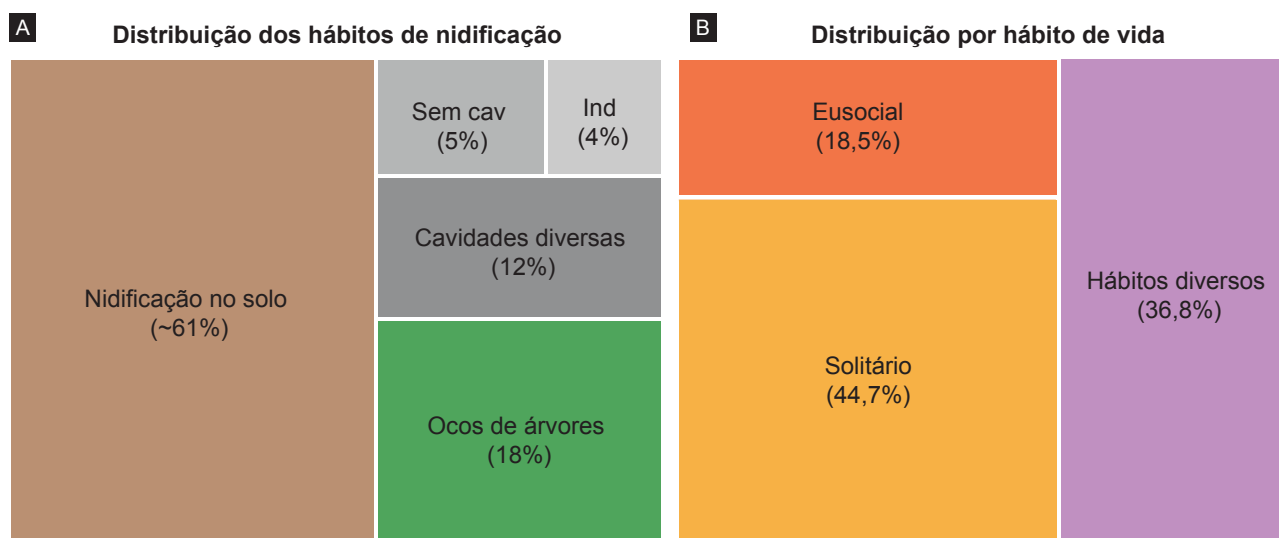


Figura 8. Hábitos de nidificação (A) e hábitos de vida (B) das abelhas coletadas durante o período de floração, em áreas de cultivo de soja e de vegetação natural adjacente utilizando armadilhas do tipo *pan trap* azul e rede entomológica. As coletas foram realizadas no Sudoeste Goiano, entre novembro de 2023 e janeiro de 2024, em fazendas localizadas nos municípios de Rio Verde e Montividiu, Goiás.

Sem cav = ninho independente de cavidade; Ind = hábito indefinido.

⁶ Comunicação pessoal, Favízia Freitas.

Tabela 4. Espécies e informações sobre aspectos biológicos* das abelhas mais abundantes coletadas com rede entomológica e armadilhas *pan-trap* azul em áreas de cultivo de soja no sudoeste goiano entre novembro de 2023 a janeiro de 2024, com diferentes níveis de adoção de produtos biológicos.

Fotos: Daniel Daldegan

	Espécie	Frequência de coleta na soja (%)	Família	Tamanho (mm)	Nidificação	Socialidade	Capacidade de voo	Hábito alimentar
	<i>Dialictus</i> sp1.	18,40	Halictidae	4 – 7,0	solo	variado (solitário a eusocial)	distância curta (<1 km)	generalista
	<i>Exomalopsis</i> sp.	15,89	Apidae	5,5	solo	solitária (pode formar agregações)	distância média (até 1,7 km)	especialista
	<i>Apis mellifera</i>	15,68	Apidae	13,0	cavidades ocas	eusocial	distância longa (>2 km)	generalista
	<i>Peponapis fervens</i>	7,95	Apidae	14,0	solo	solitária (pode formar agregações)	distância longa (>2 km)	especialista
	<i>Trigona spinipes</i>	7,27	Apidae	6,5	ninhos externos em árvores	eusocial	distância média (até 1,7 km)	generalista

* As informações sobre tamanho, locais de nidificação, sociabilidade e hábito alimentar foram obtidas em Moure et al. (2022) e com a taxonomista e ecóloga de abelhas, Dra. Favízia Freitas (informação pessoal). Os dados sobre capacidade de voo foram estimados com base na publicação de Araújo et al. (2004).

A análise dos hábitos de vida⁷ mostrou que a maior parte das abelhas coletadas (44,7%) têm o hábito de vida solitário, seguida por 18,5% de espécies eusociais. Os demais espécimes correspondem a grupos que podem incluir espécies solitárias, espécies sociais

(formam agregações de fêmeas) e espécies com hábito de vida eusocial (Figura 8B). Muitas dessas espécies, em especial as solitárias, não são manejáveis para fins de polinização assistida, o que implica que o manejo e a manutenção das áreas componentes

⁷ As abelhas apresentam ampla variação nos sistemas de organização social, que podem ser compreendidos ao longo de um gradiente entre hábitos solitários e eusociais. Em espécies solitárias, cada fêmea constrói e mantém seu próprio ninho, sendo integralmente responsável pela oviposição e provisão de alimento, sem cooperação com outras fêmeas. Por outro lado, formas sociais envolvem o compartilhamento de ninhos por duas ou mais fêmeas, com algum nível de cooperação e, em certos casos, divisão de tarefas. No extremo desse continuum encontra-se a eusocialidade, caracterizada pela cooperação no cuidado da prole, sobreposição de gerações e divisão reprodutiva do trabalho, com a presença de castas comportamentais distintas, como rainhas e operárias. Esse espectro de organização social é amplamente documentado em diferentes grupos de abelhas, refletindo uma diversidade de estratégias evolutivas associadas ao comportamento e à ecologia dessas espécies (Silveira; Almeida, 2002).

da fazenda (área cultivada e não cultivada) podem ser os fatores mais importantes para a manutenção dessas espécies ao longo do tempo na lavoura.

Como os insumos químicos e biológicos afetaram a estrutura da comunidade de abelhas?

Para avaliar esses impactos, as análises estatísticas integraram os dados de manejo em duas etapas principais. Primeiro, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para reduzir a dimensionalidade das frequências de uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e fertilizantes, o que gerou eixos de variação para o período de floração e para toda a safra. Posteriormente, os eixos simplificados da PCA (PC1 e PC2) foram utilizados como preditores em Modelos Lineares Generalizados (GLM) para mensurar as respostas de abundância, riqueza, diversidade (Shannon) e equitabilidade das comunidades de abelhas (Ramos et al., 2026).

O uso intensivo de defensivos agrícolas e fertilizantes sintéticos na cultura da soja alterou a estrutura das comunidades. A alta frequência de inseticidas sintéticos e fungicidas em geral, reduziu significativamente a equitabilidade das comunidades de abelhas, gerando um efeito de filtragem ambiental. Esse distúrbio, provavelmente, eliminou espécies sensíveis e favoreceu a dominância de poucas espécies tolerantes a perturbações como as do gênero *Dialictus*. Em contrapartida, as lavouras que adotaram bioinsumos e produtos de menor risco ambiental mantiveram assembleias de abelhas mais equilibradas e funcionalmente diversas (Ramos et al., 2026).

Adicionalmente, os resultados demonstraram que métricas isoladas de abundância e riqueza de espécies não foram preditoras adequadas para avaliar os impactos em ambientes sob forte perturbação. Isso ocorreu porque os campos tratados com insumos químicos de alto risco ambiental registraram maior riqueza e abundância bruta, porém esses dados provavelmente foram inflados pela proliferação desproporcional de poucos táxons oportunistas e resistentes. Portanto, nossos estudos sugerem que a redução do uso de insumos químicos perigosos, associada

à adoção de práticas regenerativas e bioinsumos, é essencial para manter a estabilidade, a integridade funcional e a conservação dos polinizadores nativos em sistemas agrícolas de larga escala.

Considerações Finais

Em suma, nossos resultados indicam que áreas de cultivo de soja que adotam o maior uso de bioinsumos e estão situadas próximas a fragmentos de vegetação natural tendem a sustentar uma comunidade mais diversificada de abelhas silvestres. Ficou evidente, portanto, que a preservação da vegetação natural no entorno das lavouras é essencial para a manutenção da diversidade de espécies de abelhas nas culturas, especialmente daquelas que dependem de troncos mortos para a construção de seus ninhos, favorecendo, ao mesmo tempo, o produtor e a biodiversidade.

Adicionalmente, a eliminação ou redução de pesticidas e fertilizantes químicos sintéticos pode favorecer a permanência desses polinizadores nas áreas de produção de soja. Paralelamente, reduzir a perturbação física, química e biológica do solo nas áreas cultivadas de soja pode favorecer espécies de abelhas que fazem os ninhos no solo dentro e nas proximidades da área cultivada.

Em conclusão, a manutenção de vegetação nativa nas proximidades das áreas de produção interage sinergicamente com as práticas de manejo adotadas pelo produtor. Essa integração de fatores exerce uma influência direta sobre as comunidades de abelhas que visitam as áreas de produção.

Referências

- ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3B, p. 563-568, 2004.
- BARBOSA, A.; PINHEIRO, P. A. S.; TEIXEIRA, C. M. N.; AGUIAR, A. J. C. Inventário rápido das abelhas do campo rupestre da Serrinha do Paranoá (Distrito Federal, Brasília). **Acta Biológica Paranaense**, v. 52, e89395, 2023.
- BRASIL. Decreto nº 12.858, de 24 de fevereiro de 2026. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de

janeiro de 2004, que regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília, DF: Presidência da República, 2026. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 fev. 2026. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2026/decreto/d12858.htm. Acesso em: 24 mar. 2026.

CHIARI, W. C.; TOLEDO, V. A. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; ATTENCIA, V. M.; COSTA, F. M.; KOTAKA, C. S.; SAKAGUTI, E. S.; MAGALHÃES, H. R. Floral biology and behavior of Africanized honeybees *Apis mellifera* in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 3, p. 365-378, 2005.

COSTA, R. D. **Importância dos fragmentos de vegetação nativa para a manutenção do serviço de polinização no cultivo da soja**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP.

CUNHA, N. L. da; CHACOFF, N. P.; SÁEZ, A.; SCHMUCKI, R.; GALETTO, L.; DEVOTO, M.; CARRASCO, J.; MAZZEI, M. P.; CASTILLO, S. E.; PALACIOS, T. P.; VESPRINI, J. L.; AGOSTINI, K.; SARAIVA, A. M.; WOODCOCK, B. A.; OLLERTON, J.; AIZEN, M. A. Soybean dependence on biotic pollination decreases with latitude. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 347, 108376. 2023.

ERICKSON, E. H. Variability of floral characteristics influences honey bee visitation to soybean blossoms. **Crop Science**, v. 15, p. 767-770, 1975.

ERICKSON, E. H.; GARMENT, M. B. Soya-bean flowers: nectary ultrastructure, nectar guides, and orientation on the flower by foraging honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 18, p. 3-11, 1979.

FONTES, E. M. G.; PAULA, F. F. de; BATISTA, P. F.; OLIVEIRA, R. H. de; SILVEIRA, L. C. A. da; NASCIMENTO, A. R.; MARCOSSI, Í. dos S. F.; ROLIM, G. da S.; BARRIGOSI, J. A. F.; ALVES, T. M. **Efeito do uso de bioinsumos sobre populações de pragas e inimigos naturais na cultura da soja no Sudoeste de Goiás**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2024. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 390).

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

GARIBALDI, L. A.; SCHULTE, L. A.; NABAES JODAR, D. N.; GOMEZ CARELLA, D. S.; KREMEN, C. Time to integrate pollinator science into soybean production. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 36, p.

573–575, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.03.013>. Acesso em: 23 mar. 2026.

GAZZONI, D. L.; BARATEIRO, J. V. G. R. P.; SANTOS, P. da R. Supplemental bee pollination effect on the productivity of soybean grown in a low yield potential condition. **Journal of Apicultural Research**, p. 63, n. 4, p. 788-800, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2047264>. Acesso em: 24 mar. 2026.

GAZZONI, D. L.; BARATEIRO, J. V. G. R. P. Soybean yield is increased through complementary pollination by honey bees. **Journal of Apicultural Research**, v. 63, n. 4, p. 801-812, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2161219>. Acesso em: 3 mar. 2026.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 849-857, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jee/tov093>. Acesso em: 3 mar. 2026.

GILL, K. A.; O'NEAL, M. E. Survey of soybean insect pollinators: community identification and sampling method analysis. **Environmental Entomology**, v. 44, n. 3, p. 488-498, 2015.

IBAMA. **Portaria Normativa nº 84, de 15 de outubro de 1996**. Dispõe sobre o efeito de registro e avaliação do potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos, seus componentes e afins. Brasília, DF, 1996.

LACANNE, C. E.; LUNDGREN, J. G. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **PeerJ**, v. 6, e4428, 2018.

LE FÉON, V.; POGGIO, S. L.; TORRETTA, J. P.; BERTRAND, C.; MOLINA, G. A. R.; BUREL, F.; BAUDRY, J.; GHERSA, C. M. Diversity and life-history traits of wild bees (Insecta: Hymenoptera) in intensive agricultural landscapes in the Rolling Pampa, Argentina. **Journal of Natural History**, v. 50, p. 19-20, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2015.1113315>. Acesso em: 3 mar. 2026.

MACGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: USDA, 1976. (Agriculture Handbook). Disponível em: <https://play.google.com/books/reader?id=w0YOr5QUff0C&pg=GBS.PA316&hl=pt>. Acesso em: 6 mar. 2026.

MILFONT, M. O. **Uso da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização e aumento de produtividade de grãos em variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) adaptada às condições climáticas do Nordeste brasileiro**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal

do Ceará, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal da Paraíba, Fortaleza.

MILFONT, M. O.; ROCHA, E. E. M.; LIMA, A. O. N.; FREITAS, B. M. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators: a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, n. 4, p. 335-341, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0412-8>. Acesso em: 3 mar. 2026.

MONASTEROLO, M.; MUSICANTE, M. L.; VALLADARES, G.; SALVO, A. Soybean crops may benefit from forest pollinators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 202, p. 217-222, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.012>. Acesso em: 23 mar. 2026.

MOURE, J. S.; MELO, G. A. R.; VIVALLO, F. (Coord.). **Catálogo Moure**. Versão 2022. (S.I.): Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), 2022. Disponível em: <http://moure.cria.org.br>. Acesso em: 10 abr. 2026.

PAULA, F. F. de; GONÇALVES, G. A. S.; CAMARGO, N. F.; NUNES, G. S.; RAMOS, D. de L.; NASCIMENTO, A. R.; FONTES, E. M. G. Use of agricultural bioinputs and chemical inputs: implications for earwig diversity and pest control in soybean fields. **Biological Control**, v. 212, 105936, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105936>. Acesso em: 5 abr. 2026.

PIRES, C. S. S.; TOREZANI, K. R. S.; CHAM, K. O.; VIANA-SILVA, F. E. C.; BORGES, L. O.; TONELLI, C. A. M.; SARETTO, C. O. S. D.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; CIONE, A. P.; SHIWA, A. P.; FERRAZ, A.; BELCHIOR, C.; MARCONDES, C. P.; TEIXEIRA, I. **Seleção de espécies de abelhas nativas para avaliação de risco de agrotóxicos**. Brasília: Ibama, 2018. Disponível em: file:///C:/Users/rosamare/Downloads/selecao_especies_abelhas_nativas_para_avaliacao_de.pdf. Acesso em: 25 set. 2025.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T. (Org.). **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. Bonn: IPBES Secretariat, 2016. Disponível em: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/pollinators>. Acesso em: 3 mar. 2026.

RAMOS, D. L.; CAMARGO, N. F.; SILVA, F. G.; TOGNI, P.; PIRES, C. S. S. Bioinput use and native vegetation fragments are associated with higher bee community evenness in large-scale soybean crops. **Journal of Applied Entomology**, 2026. Online first. Disponível em: <http://doi.org/10.1111/jen.70137>. Acesso em: 3 mar. 2026.

RAY, J. D.; KILEN, T. C.; ABEL, C. A.; PARIS, R. L. Soybean natural cross-pollination rates under field

conditions. **Environmental Biosafety Research**, v. 2, n. 3, p. 133-138, 2003.

RUST, R.W.; MASON, C. E.; ERICKSON, E. H. Wild bees on soybeans, *Glycine max*. **Environmental Entomology**, v. 9, n. 2, p. 230-232, 1980.

SANTOS, P. R.; CECÍLIO, R.; ROGIA, S.; ROSSONI, D. F.; TOLEDO, V. A. A. Africanized honeybee and its contribution to soybean yield in Brazil. **American Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 45, 2019.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002.

TSCHANZ, P.; WALTER, A.; KELLER, T.; ALBRECHT, M. A review of soil tillage impacts on ground-nesting wild bees: mechanisms, implications, and future research perspectives. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 375, 109224, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109224>. Acesso em: 3 mar. 2026.

WOŁOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. de O.; CONSOLARO, H.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. da. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos: Editora Cubo, 2019.

Anexo A1 – Manejo do solo nas áreas de estudo

Tabela A1. Práticas de manejo do solo utilizadas nas áreas de cultivo de soja onde foram realizadas as amostragens de abelhas. As informações foram obtidas através da aplicação de um questionário

Número Talhão	Minimizar revolvimento do solo					Cobertura/matéria orgânica/diversificação de culturas				
	Revolvimento do Solo recente? 1 = Não 0 = Sim	Aração? 1 = Não 0 = Sim	Gradagem aradora ou pesada? 1 = Não 0 = Sim	Gradagem niveladora 1 = Não 0 = Sim	Mecanismos de abertura de sulco de semeadura por haste sulcadora? 1 = Sim 0 = Não	Plantio na palha? 1 = Sim 0 = Não	Plantio direto? 1 = Sim 0 = Não	Sucessão soja e milho? 1 = Sim 0 = Não	Sucessão de soja - mix safrinha e outras? Rotação? 1 = Sim 0 = Não	Culturas de cobertura? 1 = Sim 0 = Não
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
5	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
6	NI *	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
7	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0

* NI = não informado pelo produtor

Anexo A2 – Insumos agrícolas utilizados nas áreas de estudo

Tabela A2. Produtos aplicados por talhão, classe de uso, tipo de produto (químico ou biológico), número de aplicações e risco ambiental de defensivos e fertilizantes.

Código do Talhão	Produto aplicado	Classe de uso do produto	Químico ou Biológico	Risco Ambiental*	Nº total de aplicações
Talhão 1	<i>Bacillus pumilus</i>	Inseticida	Biológico	Classe IV	1
	<i>Bacillus velezensis</i>	Inseticida	Biológico	Classe IV	1
	Biomax Azum	Fertilizante	Biológico	Classe IV	1
	<i>Beauveria</i>	Inseticida	Biológico	Classe IV	1
	Cartugen	Inseticida	Biológico	Classe IV	1
	Cypress	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Cyptrin	Fungicida	Químico	Classe II	3
	Dioxido Silicio	Fertilizante	Biológico	Mineral	1
	Engeo Pleno	Inseticida	Químico	Classe I	1
	Exalt	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Fighter	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	3
	Fixer Ap	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
	Glifotal	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Hidrolisado Peixe	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	Kellus/ Copper	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	Map	Fertilizante	Químico	Sintético	1
	Map Purificado	Fertilizante	Químico	Sintético	2
	Mn EDTA	Fertilizante/Foliar	Químico	Mineral	1
	Orkestra	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Prevenil	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Proclaim	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Sperto	Inseticida	Químico	Classe I	1
	Sulfato Mg	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	TMT	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	Translok	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	<i>Trichoderma</i>	Fertilizante	Biológico	Classe IV	1
	Ureia	Fertilizante	Químico	Sintético	2
Talhão 2	Acera	Inseticida	Biológico	Classe IV	2
	Agefix	Inseticida	Químico	Classe III	1
	Agrimult	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
	Alga 95	Fertilizante	Biológico	Orgânico	2
	Bio Fertilizante	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	Bombardeiro	Fungicida	Biológico	Classe IV	1
	Cal Virgem	Fertilizante	Biológico	Mineral	2
	Co Mo Ni	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	Cyptrin Prime	Inseticida	Químico	Classe II	1

Continua...

Tabela A2. Continuação.

Código do Talhão	Produto aplicado	Classe de uso do produto	Químico ou Biológico	Risco Ambiental*	Nº total de aplicações
Talhão 2	Extrato SFW	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	Flex	Herbicida	Químico	Classe II	1
	Grasidim (Cletodim)	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Manganês	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	Premio	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Silício	Fertilizante	Químico	Mineral	4
	Sulfato de Cobre	Fertilizante	Químico	Mineral	3
	Sulfato de Magnésio	Fertilizante	Químico	Mineral	3
	Sulfato de Manganês	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	Sulfato de Potássio	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	Urina de gado	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	Óleo Laranja	Fertilizante	Biológico	Orgânico	2
Talhão 3	Diplomata Evo	Inseticida	Químico	Classe IV	2
	Fezan Gold	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Glyphotal TR	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Microgeo	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	Select One Pack	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Sperto	Inseticida	Químico	Classe I	1
Talhão 4	AUREO EC720	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
	<i>Bacillus</i>	Inseticida/ Fungicida	Biológico	Classe IV	1
	EVOLUTION 600 WG	Fungicida	Químico	Classe IV	1
	Extrato SFW	Fertilizante	Biológico	Orgânico	2
	Hero	Inseticida	Químico	Classe II	2
	Hidrolisado de Peixe	Fertilizante	Biológico	Orgânico	2
	INDUCTOR	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	INDUCTOR	Fertilizante	Biológico	Orgânico	1
	SUPER PLUS U-10	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	2
	SUPER PLUS U-10	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
Talhão 5	Acido húmico	Fertilizante	Biológico	Orgânico	2
	B	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	B - Zn	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Inseticida	Biológico	Classe IV	1
	CLETODIM	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Calda Bordalesa	Fungicida	Químico	Mineral	3
	Co Mo Ni	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	Glifosato	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Hidrolisado de peixe	Fertilizante	Biológico	Orgânico	5
	<i>Isaria fumosorosea</i>	Inseticida	Biológico	Classe IV	2
	Map	Fertilizante	Químico	Sintético	2
	Map Purificado	Fertilizante	Químico	Sintético	2
	Mg	Fertilizante	Químico	Mineral	5
	Nitrato K	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	Nitrato K.	Fertilizante	Químico	Mineral	1

Continua...

Tabela A2. Continuação.

Código do Talhão	Produto aplicado	Classe de uso do produto	Químico ou Biológico	Risco Ambiental*	Nº total de aplicações
Talhão 5	Silício	Fertilizante	Químico	Mineral	3
	Silício M.	Fertilizante	Químico	Mineral	2
	VIP CERRADO	Fertilizante	Químico	Mineral	4
Talhão 6	Adjuvante	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
	Agral	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
	Aureo	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	1
	Diquat	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Evolution	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Evolution	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Fox Xpro	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Hero	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Quimifol Cerrado	Fertilizante	Químico	Sintético	1
	Select	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Trinca Caps	Inseticida	Químico	Classe II	1
	ZAPP QI 620	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Acquamax Flight	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	2
	Acquamax Power	Adjuvante	Químico	Sem Classificação	3
	Agral	Adjuvante/ Espalhante	Químico	Sem Classificação	1
	Aproach Power	Fungicida	Químico	Classe I	1
Talhão 7	Bravonil 720	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Concorde	Fertilizante	Biológico	Organomineral	1
	Convencionalmifol Boro	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	Convencionalmifol Cerrado	Fertilizante	Químico	Mineral	1
	Elatus	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Engeo Pleno	Inseticida	Químico	Classe I	1
	Fipronil	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Galil	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Glifosato WG 720	Herbicida	Químico	Classe III	2
	Grafite	Adjuvante/ Acelerador	Químico	Sem Classificação	1
	HERO	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Helmoquat	Herbicida	Químico	Classe II	1
	Iharol Gold	Adjuvante/ Espalhante	Químico	Sem Classificação	2
	Imidacloprid	Inseticida	Químico	Classe III	1
	Kilate	Fungicida	Químico	Classe II	1
	Polímero	Adjuvante/ Acelerador	Químico	Sem Classificação	1
	Premio	Inseticida	Químico	Classe II	1
	Pó Secante	Adjuvante/ Acelerador	Químico	Sem Classificação	1
	SCORE FLEXI	Fungicida	Químico	Classe II	1
	SELECT	Herbicida	Químico	Classe III	1
	Semicros	Fertilizante	Químico	Químico	1
	SuperRoot	Fertilizante	Químico	Químico	1

Continua...

Tabela A2. Continuação.

Código do Talhão	Produto aplicado	Classe de uso do produto	Químico ou Biológico	Risco Ambiental*	Nº total de aplicações
Talhão 7	<i>Trichoderma harzianum</i>	Fungicida	Biológico	Classe IV	1
	Trinca Caps	Inseticida	Químico	Classe I	3

* Os fertilizantes foram classificados quanto ao risco ambiental por De Paula et al (2026) de acordo com a origem e composição, seguindo as denominações do MAPA para fertilizantes (MAPA 2009, 2020). Os inseticidas, fungicidas, herbicidas e fertilizantes de origem biológica foram classificados de acordo com o PPA - classificação de periculosidade ambiental - de acordo com o sistema de avaliação ecotoxicológica do IBAMA (Ibama, 1996).

Anexo A3 – Risco ambiental dos produtos aplicados

Tabela A3. Critérios utilizados por De Paula et al. (2026) para classificação quanto ao risco ambiental dos produtos utilizados para fertilização e controle de pragas e plantas invasoras nos talhões onde as amostragens de abelhas foram realizadas.

Produtos	Classificação quanto ao risco ambiental e escores atribuídos à cada classe			
	Classe I Escore 4	Classe II Escore 3	Classe III Escore 2	Classe IV Escore 1
Fertilizantes*	Sintéticos: fertilizantes produzidos a partir do petróleo, como ureia, NPK (nitrogênio/potássio/cálcio) e demais compostos sintéticos	Minerais: fertilizantes de origem mineral, como rochas moídas, sulfatos, fosfatos, nitratos e cloretos	Organominerais: combinação de fertilizantes de fontes orgânicas e minerais	Orgânicos: fertilizantes à base de matéria orgânica como húmus, extratos vegetais e derivados de animais
Inseticidas, Fungicidas e Herbicidas**	Altamente perigoso para o meio ambiente. Apresentam alto risco a organismos não-alvo, alta persistência no ambiente ou alta mobilidade.	Muito perigoso ao meio ambiente	Perigoso ao meio ambiente	Pouco perigoso para o meio ambiente. Na classe IV, encontram-se os bioinsumos, considerados de menor impacto, como bactérias, fungos e vírus, usados no controle de pragas.

* Fertilizantes: os produtos foram classificados quanto ao risco ambiental por De Paula et al. (2026) de acordo com a origem e composição, seguindo as denominações do Mapa para fertilizantes (Brasil, 2009, 2020).

** Inseticidas, Fungicidas e Herbicidas: de acordo com o PPA - classificação de periculosidade ambiental - de acordo com o sistema de avaliação ecotoxicológica do Ibama. O PPA avalia o risco que o produto oferece ao meio ambiente, com foco em organismos não-alvo. Os produtos são classificados conforme o nível de risco, geralmente divididos em faixas de alta a baixa periculosidade ambiental.

