




Insect Pheromones: an overview in brazilian agriculture


Feromônios de insetos: um panorama na agricultura brasileira

SILVA, Ítallo Jesus⁽¹⁾; PINHEIRO, Rodrigo Almeida⁽²⁾; ALVES, Deilson de Almeida⁽³⁾; SOARES, Marcus Alvarenga⁽⁴⁾

⁽¹⁾  0000-0002-4915-6482; Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais (MG), Brasil, E-mail: itallo.jesus@ufv.br.

⁽²⁾  0000-0001-5642-5065; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais (MG), Brasil. E-mail: bio.rodrigopinheiro@gmail.com.

⁽³⁾  0000-0002-8524-9010; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais (MG), Brasil. E-mail: deilson.alves@ufvjm.edu.br

⁽⁴⁾  0000-0002-8725-3697; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais (MG), Brasil. E-mail: marcus.alvarenga@ufvjm.edu.br

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Brazilian agribusiness stands out on the international stage, particularly in the export of agricultural commodities; however, the growing demand for sustainable practices, environmental conservation, and food with lower pesticide residues, combined with climate change, the high cost of developing new synthetic molecules, and increasingly restrictive regulations, has driven the search for alternative pest management strategies. In this context, integrated pest management has incorporated semiochemicals, especially sex pheromones, as effective and selective tools. This review compiled information on the identification, synthesis, and application of these compounds in Brazil, and evidence indicates that the use of pheromones in monitoring traps, mass trapping, and mating disruption strategies has produced consistent results in crops such as apple, cotton, tomato, and grape, contributing to reduced insecticide use and greater precision in population monitoring; the analyzed literature encompasses more than 100 species evaluated for the use of semiochemicals and reports 51 commercial products registered in the AGROFIT system of the Ministry of Agriculture, although economic, technical, and institutional challenges still limit their widespread adoption within integrated pest management programs.

RESUMO

O agronegócio brasileiro destaca-se no cenário internacional, especialmente na exportação de produtos agrícolas. Contudo, a crescente demanda por práticas sustentáveis, conservação ambiental e alimentos com menor resíduo de pesticidas, associada às mudanças climáticas, ao elevado custo de desenvolvimento de novas moléculas sintéticas e a legislações mais restritivas, tem impulsionado a busca por alternativas no manejo de pragas. Nesse contexto, o manejo integrado de pragas tem incorporado semioquímicos, especialmente feromônios sexuais, como ferramentas eficazes e seletivas. Esta revisão reuniu informações sobre a identificação, síntese e aplicação desses compostos no Brasil. Evidências indicam que o uso de feromônios em armadilhas de monitoramento, captura massal e estratégias de interrupção do acasalamento apresenta resultados consistentes em culturas como maçã, algodão, tomate e uva, contribuindo para a redução do uso de inseticidas e para maior precisão no monitoramento populacional. A literatura analisada abrange mais de 100 espécies avaliadas quanto ao uso de semioquímicos e registra 51 produtos comerciais cadastrados no sistema AGROFIT do Ministério da Agricultura, embora desafios de natureza econômica, técnica e institucional ainda restrinjam sua ampla adoção no manejo integrado de pragas.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 11/11/2025

Aprovado: 03/03/2026

Publicação: 28/06/2026



Keywords:

Behavioral control, Sex pheromones, Semiochemicals.

Palavras-Chave:

Controle comportamental, Feromônios sexuais, Semioquímicos.

Introdução

O Brasil tem ampla extensão territorial apta à agricultura e condições climáticas e hídricas favoráveis à produção agrícola, o que o torna uma das principais bases econômicas do país. A produção de cereais, frutas, hortaliças, matérias-primas e outros produtos apresenta elevada expressividade, com parcela significativa destinada à exportação, o que posiciona o país entre os maiores exportadores de produtos agrícolas no cenário mundial (Conab, 2025).

Diversas culturas comerciais são afetadas por insetos-praga que reduzem a produtividade e o rendimento das plantas cultivadas. Os danos causados por esses insetos comprometem significativamente a economia. Nesse contexto, o Manejo Integrado de Pragas propõe alternativas para o controle de surtos populacionais e a contenção de invasões biológicas, entre as quais se destaca o uso de inseticidas químicos (Friedrich et al., 2018). No entanto, o uso excessivo de inseticidas tem provocado a contaminação de alimentos, condimentos, hortaliças e outros produtos. Diante da necessidade de reduzir a aplicação desses compostos, a adoção de métodos eficazes e ambientalmente seguros para o controle de pragas configura-se como uma demanda atual (Sousa et al., 2018).

O uso de semioquímicos, especialmente feromônios, tem se mostrado uma alternativa eficiente e sustentável, contribuindo para a preservação ambiental (Zarbin & Rodrigues, 2009; Carneiro et al., 2015). Os feromônios exercem funções relevantes na ecologia dos insetos, atuando na localização de presas, na defesa e na agressividade, na seleção de plantas hospedeiras, na escolha de locais de oviposição, no corte e no acasalamento, bem como na organização de atividades sociais, entre outros comportamentos. Feromônios de agregação, sexuais, de trilha e de alarme constituem exemplos de sinais químicos que mediam essas interações (Bento, 2025).

Um dos principais desafios da agricultura moderna consiste em conciliar elevada produtividade com práticas que minimizem os impactos ambientais. Os feromônios, devido à sua elevada seletividade, não afetam organismos não-alvo nem causam danos ao meio ambiente quando comparados aos inseticidas químicos (Targino, 2025).

Diversas iniciativas têm sido adotadas com o propósito de reduzir os impactos ambientais decorrentes do uso de inseticidas, entre as quais se destaca a utilização de feromônios sexuais como alternativa promissora. O objetivo desta revisão foi apresentar um panorama atual e analisar os avanços e os desafios da pesquisa sobre feromônios de insetos no Brasil.

Semioquímicos

A maior abundância de plantas em agroecossistemas eleva a diversidade de inimigos naturais, intensificando sua eficiência sobre as populações de herbívoros (Schoonhoven et al., 2005). A consorciação ou o cultivo de múltiplas espécies vegetais configura uma estratégia promissora, incluindo o uso de plantas que liberam compostos voláteis capazes de atrair inimigos naturais, com conseqüente redução dos danos causados por herbívoros às culturas de

interesse comercial (Cook et al., 2004). Além dos compostos voláteis produzidos pelas plantas, os semioquímicos provenientes de outras fontes, como os emitidos por insetos, também são utilizados por inimigos naturais na localização de hospedeiros (Bento, 2025).

Entre as diversas interações ecológicas estabelecidas pelos insetos com o ambiente e com outros organismos, a comunicação química é uma das formas mais eficientes. Esses compostos atuam como gatilhos fisiológicos que desencadeiam respostas comportamentais específicas, como agregação, reprodução, defesa e organização social. A liberação e a detecção de sinais químicos permitem a localização de parceiros para acasalamento, de fontes de alimento e de sítios adequados para oviposição, além de desencadearem respostas defensivas diante de predadores (Zarbin & Rodrigues, 2009).

Os semioquímicos são classificados em duas categorias: a primeira considera a relação entre o emissor e o receptor do sinal químico, e a segunda contempla a função ecológica da comunicação (Leal et al., 2005). Quando o emissor e o receptor pertencem à mesma espécie, os compostos são denominados feromônios e são responsáveis pela comunicação intraespecífica. Na comunicação interespecífica, em que emissores e receptores pertencem a espécies distintas, os compostos são classificados como aleloquímicos (Figura 1) (Zarbin & Rodrigues, 2009).

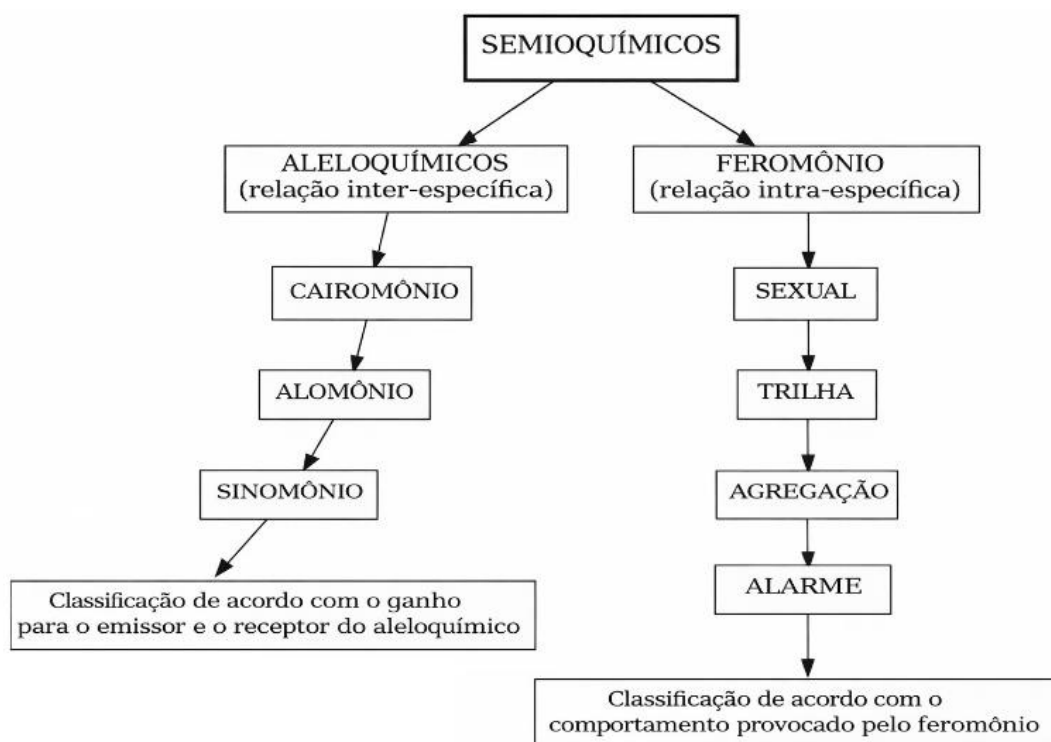
A comunicação química consiste na transmissão de sinais entre organismos e, nos insetos, ocorre predominantemente por meio de feromônios e de aleloquímicos (Silva et al., 2010). Entre os principais tipos de feromônios, destacam-se os sexuais, envolvidos na atração para o acasalamento; os de agregação, responsáveis pela concentração de indivíduos em determinado local; os de trilha, relacionados à marcação de caminhos; e os de alarme, associados ao alerta de perigo. Insetos sociais, como formigas e abelhas, utilizam uma ampla variedade de feromônios na organização das atividades da colônia (Vilela & Lucia, 2001).

Os aleloquímicos subdividem-se em cairomônios, que beneficiam o receptor; alomônios, que beneficiam o emissor; e sinomônios, que beneficiam ambos (Figura 2) (Zarbin & Rodrigues, 2009). No contexto agrícola, feromônios são amplamente empregados em programas de MIP para monitorar e controlar populações de insetos. Entre as principais aplicações práticas incluem-se o monitoramento da dinâmica populacional, a captura massal por meio de armadilhas de iscas com feromônios e a técnica de confusão sexual, que interfere no acasalamento ao saturar o ambiente com sinais químicos sintéticos. Outra abordagem consiste na associação de feromônios a inseticidas em armadilhas, o que promove a morte dos indivíduos atraídos (Jorge, 2016).

Diante das múltiplas possibilidades de aplicação dos semioquímicos no controle de insetos em sistemas agrícolas, os avanços mais expressivos concentram-se no uso de feromônios sexuais, em razão de sua elevada eficiência, alta especificidade e reduzido impacto ambiental.

Figura 1.

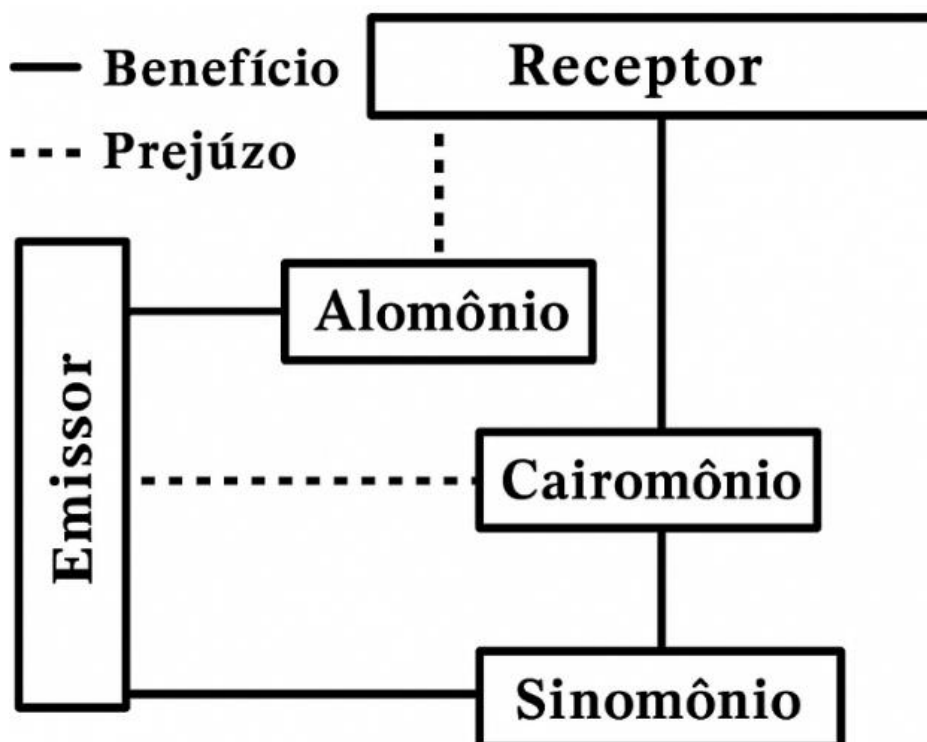
Nomenclatura de semioquímicos e seus critérios biológicos de classificação.



Nota: Adaptação de Zarbin e Rodrigues (2009).

Figura 2.

Representação esquemática dos critérios biológicos de classificação dos aleloquímicos



Nota: Zarbin e Rodrigues (2009).

Semioquímicos produzidos por insetos

O primeiro feromônio sexual identificado foi o bombicol, isolado do bicho-da-seda, *Bombyx mori* L., 1758 (Lepidoptera: Bombycidae), há cerca de 50 anos por pesquisadores alemães. Trata-se de um álcool de cadeia longa, produzido pelas fêmeas e que atrai machos para o acasalamento. No Brasil, os primeiros estudos sobre o isolamento de feromônios sexuais foram publicados em 1966, abordando mariposas como *Trichoplusia ni* (Hübner, 1803) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Porto, 2002).

A maioria das pesquisas com feromônios no Brasil concentra-se em espécies de borboletas e mariposas, com ênfase no uso de armadilhas adesivas associadas a feromônios sexuais. Essas armadilhas demonstram eficiência no monitoramento de pragas como *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (Lepidoptera: Gelechiidae) e *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Parra-Pedrazzoli, 2006).

Os feromônios são sintetizados predominantemente por fêmeas em glândulas exócrinas especializadas, localizadas no tegumento e distribuídas em diferentes regiões corporais, cuja posição e estrutura variam entre as espécies. A produção do feromônio ocorre de forma contínua; contudo, sua liberação e detecção no ambiente são reguladas pelo estado fisiológico e pela maturidade sexual dos indivíduos-alvo, bem como por fatores ambientais e climáticos (Arioli et al., 2013).

Outras estruturas especializadas também participam da produção de feromônios, como as membranas intersegmentares modificadas, responsáveis pela síntese de feromônios sexuais, especialmente em borboletas e mariposas. Em fêmeas de *Trogoderma granarium* Everts, 1898 (Coleoptera: Dermestidae), por exemplo, células especializadas, desprovidas de dutos, produzem feromônios de agregação. Adicionalmente, glândulas dotadas de reservatórios revestidos por cutícula armazenam compostos que atuam como feromônios de alarme, sexuais, de trilha ou reguladores de casta (Silva et al., 2010).

Os feromônios apresentam elevada especificidade de ação e podem ser classificados conforme seus perfis qualitativos e quantitativos, que envolvem distintas composições químicas à base de álcoois, aldeídos, terpenos e ésteres (Meyer et al., 2015). Observa-se, ainda, diferenciação na composição feromonal entre machos e fêmeas. Em moscas do gênero *Anastrepha* (Tephritidae), por exemplo, a diferenciação feromonal em nível específico é fundamental para o isolamento reprodutivo, assegurando a eficácia na atração de parceiros sexuais (Mendonça et al., 2014).

As glândulas podem localizar-se no metatórax ou no abdome, ou ser constituídas por células dimórficas, como observado em Hemiptera. Outras estruturas associadas à produção de feromônios incluem a superfície cuticular, as glândulas mandibulares, pigidiais e de Dufour, presentes em Hymenoptera, como em rainhas de insetos sociais. Em Diptera, células

especializadas situadas nas pernas e no abdome também desempenham essa função. Em borboletas e mariposas, as fêmeas produzem feromônios em uma glândula especializada localizada entre o oitavo e o nono segmento abdominal. Há registros de machos de determinadas espécies que também emitem feromônios sexuais, como em *Danaus plexippus* L., 1758 (Lepidoptera: Nymphalidae), cujos machos apresentam escamas androconiais responsáveis pela liberação de compostos voláteis (Fontes & Valadares-Ingliš, 2020).

A recepção desses sinais químicos ocorre por meio de quimiorreceptores localizados nas antenas dos insetos. Essas estruturas, denominadas sensilas olfativas, possuem células sensoriais capazes de detectar moléculas de feromônio, desencadeando a transmissão de impulsos nervosos ao cérebro, onde a informação é processada e convertida em resposta comportamental. Após a detecção, enzimas presentes nas antenas promovem a degradação das moléculas de feromônio, liberando os sítios de ligação para novas interações (Bestmann & Vostrowsky, 1981; Audemard, 1989).

Feromônios sexuais de insetos

Feromônios sexuais já foram identificados e isolados em diversas ordens de insetos, incluindo Blattodea, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Orthoptera e Thysanoptera (Vilela & Lucia, 2001).

No Brasil, os primeiros métodos de monitoramento populacional de pragas empregavam armadilhas contendo fêmeas virgens fixadas, o que permitia avaliar focos de infestação e estimar a densidade populacional do alvo. Esse procedimento foi utilizado, por exemplo, em *Bonagota salubricola* (Meyrick, 1931) (Lepidoptera: Tortricidae), *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) (Kovaleski, 2005) e *Cryptoblabes gnidiella* (Millière, 1867) (Lepidoptera: Pyralidae) (Ringenberg, 2005). Posteriormente, essas armadilhas foram substituídas por versões que contêm feromônios sexuais sintéticos, que apresentaram maior eficiência e praticidade (Padilha et al., 2016).

O uso de armadilhas contendo feromônio sexual sintético atende a duas finalidades principais: (i) detectar a presença de insetos-praga em determinada área e (ii) monitorar a flutuação populacional ao longo do tempo (Wall, 1990). Com o desenvolvimento de compostos sintéticos comercialmente disponíveis, tornou-se possível integrar essas ferramentas aos programas de MIP (Botton et al., 2001; Ringenberg, 2005).

O monitoramento populacional de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) e *Bonagota salubricola* (Meyrick, 1931) (Lepidoptera: Tortricidae) em pomares de macieira é realizado com armadilhas do tipo Delta, iscas com feromônio sexual sintético e fundo adesivo, o que possibilita a captura e contagem de machos (Arioli et al., 2020).

Atualmente, a principal aplicação de feromônios sexuais sintéticos é a técnica de interrupção do acasalamento. Essa estratégia baseia-se na liberação massiva de feromônio sintético no ambiente, promovendo a saturação da área e induzindo estado de hiperexcitação

nos machos. Em consequência, os machos não localizam fêmeas, o que compromete o acasalamento e reduz a população-alvo nas gerações subsequentes. Esse método tem sido amplamente empregado no controle de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) (Arioli et al., 2013). No Brasil, encontram-se disponíveis três formulações comerciais para essa técnica: Cetro, Isomate OFM TT e SPLAT. A liberação do feromônio ocorre por meio de sachês emissores de vapor, tubos de polietileno de parede permeável e pasta geradora de gás, configurando uma técnica seletiva, de baixa toxicidade, que não deixa resíduos em frutos ou no ambiente (Kovaleski, 2020).

Estudos com mariposas foram fundamentais para a compreensão dos mecanismos de liberação, percepção, excitação e resposta comportamental mediados por feromônios sexuais. Nesses insetos, os feromônios sexuais consistem em misturas de álcoois, acetatos e aldeídos, cuja composição varia entre as espécies e determina a especificidade da comunicação (Lima et al., 2001).

A identificação e caracterização de feromônios sexuais são etapas fundamentais para o êxito das estratégias de MIP. Além da técnica de interrupção do acasalamento, feromônios são empregados em métodos como a captura massal, o monitoramento, a confusão sexual e as armadilhas do tipo atraem e matam (Arioli et al., 2013).

Entre os compostos empregados no controle de moscas-das-frutas destacam-se o metil eugenol, utilizado no manejo de *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (Diptera: Tephritidae); o cuelure, aplicado no controle de *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett, 1899) (Diptera: Tephritidae); e o trimedlure, empregado no combate a *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) (Aquino, 2019).

Após a liberação no ambiente, os feromônios são transportados pelo vento, formando uma trilha odorífera cuja concentração diminui gradativamente à medida que se afasta da fonte emissora. Essa dinâmica de dispersão desempenha um papel determinante no sucesso da comunicação química entre indivíduos (Audemard, 1989; Mafra-Neto, 1993).

Aplicação de feromônios sexuais no manejo de pragas

A coleta massal de insetos constitui uma estratégia de controle que utiliza armadilhas para capturar grandes quantidades de indivíduos, com o propósito de reduzir a densidade populacional de insetos-praga em agroecossistemas. A eficiência dessa técnica depende de fatores como a similaridade entre a atratividade de feromônios sintéticos e a de fêmeas virgens, a eficácia das armadilhas na captura de machos da espécie-alvo e a instalação adequada do número de armadilhas, proporcional à área cultivada (Howse et al., 1998; Bento, 2001; Arioli et al., 2013).

O uso de armadilhas com feromônios tem sido amplamente empregado no controle e monitoramento de pragas em cultivos agrícolas e florestais, bem como em estoques de grãos armazenados. Em setores como a horticultura, a eficácia dessa técnica mostra-se limitada,

principalmente devido à elevada densidade populacional de insetos, o que inviabiliza o uso da coleta massal como método de controle isolado (Bento, 2001).

Outra técnica baseada no uso de feromônios consiste na interrupção da cópula, que interfere na capacidade dos machos de localizar fêmeas da espécie-alvo. Mesmo pequenas quantidades de feromônio são suficientes para que os machos encontrem fêmeas. Assim, ao dispersar no ambiente uma grande quantidade de iscas contendo feromônios sexuais sintéticos, estabelece-se uma condição de confusão no inseto-alvo, promovendo desorientação e dificultando a localização do parceiro sexual (Agosta, 1992).

Além da desorientação, a interrupção de cópula desencadeia outros efeitos, como a redução da sensibilidade dos receptores dos machos aos feromônios naturais, a camuflagem das trilhas odoríferas emitidas por fêmeas, a competição entre fontes de feromônios naturais e sintéticos, a distorção da informação sensorial percebida pelos insetos e, em determinados casos, a associação dessa técnica ao uso de inseticidas (Bento, 2001; Miller et al., 2006; Miller et al., 2010).

A confusão sexual constitui uma variação da interrupção de cópula, na qual se emprega uma quantidade ainda maior de feromônio sintético e de armadilhas, o que promove a saturação do ar ambiente. Nessa condição, os machos não detectam trilhas odoríferas naturais emitidas pelas fêmeas, o que compromete o comportamento de acasalamento (Rama et al., 2002). Outra abordagem consiste na autoconfusão, em que os machos são atraídos para fontes de feromônio sintético de alta concentração. O contato direto promove a saturação temporária dos quimiorreceptores antenais, inibindo a capacidade de localização das fêmeas (Arioli et al., 2013).

Pesquisa e produtos comerciais com feromônios no Brasil

Mais de 100 insetos-praga já tiveram seus feromônios isolados e estudados, incluindo dezenas de espécies de relevância para a agricultura brasileira (Tabela 1). Segundo levantamento bibliográfico realizado em bases indexadas, como Web of Science, Scopus e SciELO, considerando publicações até 2025, mais de 100 insetos-praga tiveram seus feromônios isolados e caracterizados. Entre as espécies compiladas, incluem-se dezenas de representantes de importância econômica para a agricultura brasileira (Tabela 1). As ordens que mais foram contempladas com estudos com feromônios foram Coleoptera (35%), Hemiptera (32%), Lepidoptera (18%), Diptera (11%), Hymenoptera (4%) e Thysanoptera (2%) (Tabela 1).

Tabela 1.

Estudos com semioquímicos realizados com insetos-praga no Brasil

Espécie	Tipo de semioquímico	Referência
<i>Anthonomus grandis</i>	Feromônio de agregação	Tumlinson et al., 1969
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Feromônio sexual	Horler, 1970
<i>Aphis pomi</i>	Compostos fagoestimulantes	Klingauf, 1971
<i>Aphis gossypii</i>	Feromônio de alarme	Bowers et al., 1972
<i>Phoracantha synonyma</i>	Compostos glandulares	Moore e Brown, 1976

<i>Rhopalosiphum padi</i>	Feromônio de alarme	Nault et al., 1976
<i>Sitobion avenae</i>	Feromônio de alarme	Nault et al., 1976
<i>Aonidiella aurantii</i>	Feromônio sexual	Roelofs et al., 1977
<i>Stegobium paniceum</i>	Feromônio sexual	Kuwahara et al., 1978
<i>Lasioderma serricorne</i>	Feromônio sexual	Chuman et al., 1979
<i>Leptoglossus gonagra</i>	Feromônio sexual	Aldrich et al., 1979
<i>Pseudaulacaspis pentagona</i>	Feromônio sexual	Heath et al., 1979
<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>	Feromônio sexual	Gieselmann et al., 1979
<i>Tribolium castaneum</i>	Feromônio de agregação	Suzuki e Sugawara, 1979
<i>Myzus persicae</i>	Feromônio de alarme	Pickett e Griffiths, 1980
<i>Cavariella aegopodii</i>	Compostos atrativos	Chapman et al., 1981
<i>Planococcus citri</i>	Feromônio sexual	Bierl-Leonhardt et al., 1981
<i>Trigona spinipes</i>	Feromônio de demarcação de trilha	Kerr et al., 1981
<i>Sitophilus zeamais</i>	Feromônio de agregação	Schmuff et al., 1984
<i>Ceratitis capitata</i>	Feromônio sexual	Baker et al., 1985
<i>Sitophilus oryzae</i>	Feromônio de agregação	Phillips et al., 1985
<i>Xylosandrus morigerus</i>	Compostos atrativos	Nakayama e Terra, 1986
<i>Nezara viridula</i>	Feromônio sexual	Baker et al., 1987
<i>Nezara viridula</i>	Feromônio de alarme	Lockwood e Story, 1987
<i>Sitophilus granarius</i>	Feromônio de agregação	Phillips et al., 1987
<i>Nezara viridula</i>	Feromônio de agregação	Aldrich et al., 1989
<i>Myzus persicae</i>	Feromônio sexual	Dawson et al., 1990
<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Feromônio de agregação	Rochat et al., 1991
<i>Euschistus heros</i>	Feromônio sexual	Aldrich et al., 1994
<i>Migdolus fryanus</i>	Feromônio sexual	Leal et al., 1994
<i>Callosobruchus maculatus</i>	Feromônio sexual	Phillips et al., 1996
<i>Brevicoryne brassicae</i>	Feromônio sexual	Gabrys et al., 1997
<i>Cosmopolites sordidus</i>	Feromônio de agregação	Fletcher et al., 1997
<i>Piezodorus guildinii</i>	Feromônio sexual	Borges et al., 1999
<i>Diabrotica speciosa</i>	Compostos atrativos em armadilha	Ventura et al., 2000
<i>Piezodorus guildinii</i>	Feromônio de alarme	Zarbin et al., 2000
<i>Strategus aloeus</i>	Feromônio de agregação	Rochat et al., 2000
<i>Anastrepha fraterculus</i>	Feromônio sexual	Lima et al., 2001
<i>Aphis spiraeicola</i>	Feromônio sexual	Jeon et al., 2003
<i>Rhopalosiphum padi</i>	Feromônio sexual	Birkett e Pickett, 2003
<i>Sphenophorus levis</i>	Feromônio de agregação	Zarbin et al., 2003
<i>Anastrepha</i> ssp.	Compostos atrativos em armadilha	Sobrinho et al., 2004
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Feromônio sexual	Goldansaz et al., 2004
<i>Acromyrmex landolti</i>	Compostos de glândula mandibular	Cabrera et al., 2005
<i>Bactrocera carambolae</i>	Feromônio sexual	Wee e Tan, 2005
<i>Brachycaudus schwartzi</i>	Feromônio de alarme	Francis et al., 2005
<i>Anastrepha obliqua</i>	Compostos atrativos em armadilha	Cruz-López et al., 2006
<i>Hypothenemus hampei</i>	Compostos atrativos em armadilha	Silva et al., 2006
<i>Tibraca limbativentris</i>	Feromônio sexual	Borges et al., 2006
<i>Astylus variegatus</i>	Compostos florais em armadilha	Ventura et al., 2007
<i>Dichelops melacanthus</i>	Componentes de glândula metatorácica	Marques et al., 2007
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	Feromônio sexual	Zarbin et al., 2007a
<i>Piezodorus guildinii</i>	Feromônio sexual	Borges et al., 2007
<i>Pseudococcus maritimus</i>	Feromônio sexual	Figadère et al., 2007
<i>Pseudopiazurus obesus</i>	Feromônio de agregação	Zarbin et al., 2007b
<i>Sternechus subsignatus</i>	Feromônio de agregação	Ambrogi e Zarbin, 2008
<i>Anacamptis phytomiella</i>	Feromônio sexual	Bernardo, 2017
<i>Chrysodeixis includens</i>	Feromônio sexual	Grigolli, 2017
<i>Migdolus fryanus</i>	Feromônio sexual	Bernardo, 2017

<i>Tibraca limbativentris</i>	Feromônio sexual	Freitas, 2017
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Feromônio de agregação	Dalbon et al. 2019
<i>Thyrinteina arnobia</i>	Feromônio sexual	Gonçalves et al., 2020
<i>Thyrinteina arnobia</i>	Feromônio sexual de contato	Almeida et al., 2021
<i>Frankliniella occidentalis</i>	Feromônio de agregação	Calderón, 2022
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Feromônio sexual	Rezende et al., 2023
<i>Hypothenemus hampei</i>	Feromônio de agregação	Soares et al., 2025
<i>Ceratitidis capitata</i>	Feromônio de agregação	Soares et al., 2025
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Feromônio sexual	Targino, 2025
<i>Dalbulus maidis</i>	Feromônio sexual/ compostos voláteis	Sanches et al., 2025

No site do Ministério da Agricultura, constam 51 produtos comerciais destinados ao controle de 20 espécies de insetos-praga de plantas cultivadas (Tabela 2). A maioria desses produtos, correspondente a 36 registros, é indicada para monitoramento populacional. Os 15 produtos restantes destinam-se ao controle direto das pragas-alvo, por meio de estratégias como a coleta massal associada à intoxicação ou à confusão sexual. Os organismos das ordens Lepidoptera (50%), Coleoptera (21%), Diptera (14%), Hemiptera (7%), Thysanoptera (7%) são os contemplados com produtos comercializados, com destaque para borboletas e mariposas (Tabela 2).

Tabela 2.

Produtos comerciais com princípio ativo de feromônio registrados no Ministério da Agricultura, AGROFIT – Fiscalização: Dados e Gráficos de Registros de Agrotóxicos e Afins (28 de fevereiro de 2026)

Ano Registro	Espécie	Nome comercial	Feromônio	Indicação de uso
1996	<i>Anthonomus grandis</i>	TMB Tubo Mata Bicudo	Agregação (Grandlure)	Coleta massal + intoxicação
1997	<i>Anthonomus grandis</i>	Monitrap	Agregação (Grandlure)	Monitoramento
1997	<i>Lasioderma serricorne</i>	Monitrap	Sexual (Serricornin)	Monitoramento
1998	<i>Cydia pomonella</i>	Bio Cydia	Sexual (Codlemone)	Monitoramento
1998	<i>Migdolus fryanus</i>	Migdo	Sexual	Coleta massal
1999	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Cosmolure	Agregação	Monitoramento
2000	<i>Cydia pomonella</i>	Iscalure Cydia	Sexual (Codlemone)	Monitoramento
2001	<i>Ceratitidis capitata</i>	Bio Trimedlure	Sexual (Trimedlure)	Monitoramento
2001	<i>Grapholita molesta</i>	Biographolita	Sexual	Monitoramento
2001	<i>Tuta absoluta</i>	Iscalure Tuta	Sexual	Monitoramento
2001	<i>Gymnandrosoma aurantianum</i>	Ferocitrus Furão	Sexual	Monitoramento
2001	<i>Ephestia cautella</i>	Gachon	Sexual	Monitoramento
2001	<i>Ephestia elutella</i>	Gachon	Sexual	Monitoramento
2001	<i>Plodia interpunctella</i>	Gachon	Sexual	Monitoramento
2001	<i>Bonagota salubricola</i>	Iscalure Bonagota	Sexual	Monitoramento
2002	<i>Neoleucinodes elegantalis</i>	Bio Neo	Sexual	Monitoramento
2002	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	RMD-1	Agregação	Coleta massal

2003	<i>Anthonomus grandis</i>	Plato Bicudo	Agregação (Grandlure)	Monitoramento
2003	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Bio Spodoptera	Sexual	Monitoramento
2005	<i>Ceratitis capitata</i>	Iscalure TML Plug	Sexual (Trimedlure)	Monitoramento
2005	<i>Grapholita molesta</i>	Iscalure Grapholita	Sexual	Monitoramento
2005	<i>Tuta absoluta</i>	Bio Tuta	Sexual	Monitoramento
2006	<i>Lasioderma serricorne</i>	Bio Serrico	Sexual (Serricornin)	Monitoramento
2006	<i>Bactrocera carambolae</i>	Bio Carambolae	Sexual	Monitoramento
2007	<i>Grapholita molesta</i>	Splat Cida Grafo + Bona	Sexual + inseticida	Coleta massal + intoxicação
2007	<i>Grapholita molesta</i>	Splat Grafo + Bona	Sexual	Confusão sexual
2007	<i>Bonagota salubricola</i>	Splat Grafo + Bona	Sexual	Confusão sexual
2009	<i>Anthonomus grandis</i>	Luretape BW10	Agregação (Grandlure)	Monitoramento
2009	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Rincoforol	Agregação	Coleta massal
2011	<i>Pseudoplusia includens</i>	Bio Pseudoplusia	Sexual	Monitoramento
2011	<i>Bactrocera carambolae</i>	Splat ME	Sexual + inseticida	Coleta massal + intoxicação
2015	<i>Grapholita molesta</i>	Biolita	Sexual	Confusão sexual
2015	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Pb Hope L	Sexual	Confusão sexual
2015	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Bio Pectinophora	Sexual	Monitoramento
2015	<i>Lasioderma serricorne</i>	Contrap	Sexual	Monitoramento
2015	<i>Helicoverpa armigera</i>	Bio Helicoverpa	Sexual	Monitoramento
2017	<i>Lobesia botrana</i>	Bio Lobesia	Sexual	Monitoramento
2018	<i>Ceratitis capitata</i>	Bio Ceratitis	Sexual	Monitoramento
2018	<i>Grapholita molesta</i>	ISOMATE-OFM TT	Sexual	Confusão sexual
2018	<i>Helicoverpa armigera</i>	Noctovi GL	Sexual	Monitoramento
2018	<i>Helicoverpa armigera</i>	Pherodis HA	Sexual	Monitoramento
2020	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Pherogen Spray FAW	Sexual	Confusão sexual
2021	<i>Anthonomus grandis</i>	Iscalure BW/10	Agregação (Grandlure)	Monitoramento
2024	<i>Anthonomus grandis</i>	Bio Bicudo	Agregação (Grandlure)	Monitoramento
2024	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Bio Rynchophorus	Agregação	Coleta massal
2024	<i>Lasioderma serricorne</i>	Serricornin Fersol	Sexual (Serricornin)	Monitoramento
2024	<i>Tribolium castaneum</i>	Bio Tribolium	Sexual	Monitoramento
2024	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Ferocitrus Minador	Sexual	Monitoramento
2024	<i>Helicoverpa armigera</i>	Scalure Armigera	Sexual	Monitoramento
2024	<i>Bonagota cranaodes</i>	Bio Bonagota	Sexual	Monitoramento
2025	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Pherogen® Spray SPOFR	Sexual	Confusão sexual

Nota: <https://agrofit.agricultura.gov.br/>

Considerações Finais

O uso de feromônios sexuais configura uma alternativa promissora e sustentável no manejo de insetos-praga na agricultura, especialmente em cenário que demanda a redução da dependência de inseticidas químicos e a mitigação de impactos ambientais. Esses compostos, caracterizados por elevada especificidade e baixo impacto ambiental, oferecem soluções eficientes para o monitoramento populacional e o controle de insetos-praga, integrando-se estrategicamente aos programas de MIP.

Apesar dos avanços na pesquisa e na aplicação de feromônios no Brasil, sobretudo em estudos com borboletas e mariposas, persistem desafios, como a ampliação do conhecimento sobre espécies de outros grupos e o desenvolvimento de formulações economicamente mais acessíveis. O investimento contínuo em pesquisa e inovação, aliado à difusão dessas tecnologias junto a produtores, mostra-se essencial para consolidar o uso de feromônios como prática rotineira e eficaz no manejo agrícola.

No futuro, projeta-se a consolidação de novas tecnologias de aplicação de semioquímicos, como sistemas de monitoramento em tempo real, baseados em sensores e redes sem fio, capazes de proporcionar uma gestão mais eficiente e precisa de insetos-praga. Adicionalmente, desponta como alternativa o uso de plantas geneticamente modificadas ou companheiras capazes de liberar semioquímicos diretamente no campo, ampliando as possibilidades de controle biológico.

A utilização de feromônios sexuais contribui para a agricultura sustentável e atende às exigências de consumidores e de mercados internacionais por produtos mais seguros e ambientalmente responsáveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Código Financeiro 001), e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo projeto APQ-04955-23.

Conflito de interesses

Os autores desse manuscrito declaram não possuir conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Agosta, W. C. (1992). *Chemical communication: the language of pheromones*. New York: Scientific American Library. 179 p.
- Aldrich, J. R., Blum, M. S., & Fales, H. M. (1979). Species-specific natural products of adult male leaf-footed bugs (Hemiptera: Heteroptera). *Journal of Chemical Ecology*, v. 5, n. 1, p. 53-62. <https://doi.org/10.1007/BF00987687>.

- Aldrich, J. R., Lusby, W. R., Marron, B. E., Nicolaou, K. C., Hoffmann, M. P., & Wilson, L. T. (1989). Pheromone blends of green stink bugs and possible parasitoid selection. *Naturwissenschaften*, 76, 173–175. <https://doi.org/10.1007/BF00366402>
- Aldrich, J. R., Oliver, J. E., Lusby, W. R., Kochansky, J. P., & Borges, M. (1994). Identification of male-specific volatiles from Nearctic and Neotropical stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Chemical Ecology*, 20(5), 1103–1111. <https://doi.org/10.1007/BF02059746>
- Almeida, C. A. C., Gonçalves, F. S., Rodrigues, M. B., Andrade, A. B. A., Santos, J. M., Breda, M. O., & Santana, A. E. G. (2021). Compostos orgânicos voláteis (COVs) cuticulares em *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae). *Ciência Florestal*, 31(2), 948–958. <https://doi.org/10.5902/1980509844521>
- Ambrogi, B. G., & Zarbin, P. H. G. (2008). Aggregation pheromone in *Sternechus subsignatus* (Coleoptera: Curculionidae): Olfactory behaviour and temporal pattern of emission. *Journal of Applied Entomology*, 132(1), 54–58. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01240.x>
- Aquino, N. C. (2019). *Extração e identificação de compostos voláteis atraentes para fêmeas de Anastrepha obliqua (Diptera: Tephritidae)* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Alagoas]. Repositório Institucional da UFAL. <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/5591>
- Arioli, C. J., Botton, M., Mafra-Neto, A., Molinari, F., Borges, R., & Pastori, P. L. (2013). *Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado*. Epagri. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/976092>
- Arioli, C. J., Pinto, F. A. M. F., & Araujo, L. (2020). Doenças da macieira (n. 3). Epagri. https://circam.epagri.sc.gov.br/circam_arquivos/site/boletins_culturas/maca/maca_a_viso_fitossanitario_n3_14082020.pdf
- Audemard, H. (1989). La confusion sexuelle des mâles: Une nouvelle technique de lutte contre les Lépidoptères nuisibles. *Phytoma: La Défense des Végétaux*, 41(413), 26–32.
- Baker, R., Borges, M., Cooke, N. G., & Herbert, R. H. (1987). Identification and synthesis of (Z)-(1'S, 3'R, 4'S) (-)-2-(3', 4'-epoxy-4'-methylcyclohexyl)-6-methylhepta-2, 5-diene, the sex pheromone of the southern green stinkbug, *Nezara viridula* (L.). *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, (6), 414–416. <https://doi.org/10.1039/C39870000414>
- Baker, R., Herbert, R. H., & Grant, G. G. (1985). Isolation and identification of the sex pheromone of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied). *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, (12), 824–825. <https://doi.org/10.1039/C39850000824>
- Bento, J. M. S. (2001). Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. In E. F. Vilela & T. M. C. D. Lucia (Eds.), *Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas* (2ª ed., pp. 135–144). Holos
- Bento, J. M. S. (2025). *Semioquímicos facilitam o monitoramento e controle de insetos na agricultura*. Visão Agrícola. <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va-15-semioquimicos-facilitam-monitoramento-controle-de-insetos-na-agricultura.pdf>
- Bernardo, V. B. (2017). *Elucidação estrutural e síntese de feromônios sexuais de insetos: Avanços no controle de pragas agrícolas e do vetor da leishmaniose visceral* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Alagoas]. Repositório Institucional da UFAL. <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/3621>

- Bestmann, H. J., & Vostrowsky, O. (1981). Chemistry of insect pheromones. In R. Wegler (Ed.), *Chemie der Pflanzenschutz-und Schadlings-bekampfungsmittel* (pp. 29–164). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67778-6_2
- Bierl-Leonhardt, B. A., Moreno, D. S., Schwarx, M., Fargerland, J., & Plimmer, J. R. (1981). Isolation, identification and synthesis of the sex pheromone of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). *Tetrahedron Letters*, 22(5), 389–392. [https://doi.org/10.1016/0040-4039\(81\)80107-4](https://doi.org/10.1016/0040-4039(81)80107-4)
- Birkett, M. A., & Pickett, J. A. (2003). Aphid sex pheromones: From discovery to commercial production. *Phytochemistry*, 62(5), 651–656. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00568-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00568-X)
- Borges, M., Birkett, M., Aldrich, J. R., Oliver, J. E., Chiba, M., Murata, Y., Laumann, R. A., Barrigossi, J. A., Pickett, J. A., & Moraes, M. C. B. (2006). Sex attractant pheromone from the rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* Stal. *Journal of Chemical Ecology*, 32, 2749–2761. <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9197-6>
- Borges, M., Millar, J. G., Laumann, R. A., & Moraes, M. C. B. (2007). A male-produced sex pheromone from the neotropical redbanded stink bug, *Piezodorus guildinii* (W.). *Journal of Chemical Ecology*, 33, 1235–1248. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9294-1>
- Borges, M., Zarbin, P. H. G., Ferreira, J. T. B., & Costa, M. L. M. (1999). Pheromone sharing: Blends based on the same compounds for *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii*. *Journal of Chemical Ecology*, 25(3), 629–634. <https://doi.org/10.1023/A:1020914222769>
- Botton, M., Arioli, C. J., & Colletta, V. D. (2001). *Monitoramento da mariposa oriental Grapholita molesta (Busck, 1916) na cultura do pessegueiro* (n. 38). Embrapa Uva e Vinho. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/538694>
- Bowers, W. S., Nault, L. R., Webb, R. E., & Dutky, S. R. (1972). Aphid alarm pheromone: Isolation, identification, synthesis. *Science*, 177(4054), 1121–1122. <https://doi.org/10.1126/science.177.4054.1121>
- Cabrera, A., Leal, B., Sainz, C., & Hernandez, J. V. (2005, July). Chemical cues for nestmate recognition in *Acromyrmex landolti* [Comunicaao oral]. *21st Annual Meeting of the International Society of Chemical Ecology*, Washington, DC. https://www.atlashymenoptera.net/biblio/00500/163_Terzo%20et_al_2005_Rhodobombus_ISCE_Washington.pdf
- Calderón, G. M. (2021). *Efectividad de semioquímicos para la atracción del trips occidental de las flores Frankliniella occidentalis Pergande (Thysanoptera: Thripidae)* [Tese de mestrado, Centro de Investigación en Química Aplicada]. Repositório Institucional CIQA. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/685>
- Campos, P. C. S. (2017). Morfometria geométrica, dimorfismo sexual e avaliaao da atratividade de *Cratosomus flavofasciatus* (Coleoptera: Curculionidae) ao feromônio sintético [Dissertaao de mestrado, Universidade Federal de Sergipe]. Repositório Institucional UFS. <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/4460>
- Carneiro, F. F., Rigotto, R. M., Augusto, L. G. S., Friedrich, K., & Burigo, A. C. (2015). *Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. EPSJV; Expressão Popular. <https://abrasco.org.br/download/dossie-abrasco-um-alerta-sobre-os-impactos-dos-agrotoxicos-na-saude/>
- Chagas, K. M. (2018). *Estudo do feromônio de Opsiphanes invirae (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae)* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Alagoas]. Repositório Institucional UFAL. <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/4273>

- Chapman, R. F., Bernays, E. A., & Simpson, S. J. (1981). Attraction and repulsion of the aphid, *Cavariella aegopodii*, by plant odors. *Journal of Chemical Ecology*, 7(5), 881–888. <https://doi.org/10.1007/BF00992385>
- Chuman, T., Kohno, M., Kato, K., & Noguchi, M. (1979). 4,6-dimethyl-7-hydroxy-nonan-3-one, a sex pheromone of the cigarette beetle (*Lasioderma serricornis* F.). *Tetrahedron Letters*, 20(25), 2361–2364. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)93974-7](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)93974-7)
- Colepicolo, C. S. (2018). *Comportamento sexual e isolamento do feromônio da traça-da-banana, Opogona sacchari (Bojer) (Lepidoptera: Tineidae)* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-03012019-161729>
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. (2025). *Produção agrícola brasileira*. <https://www.conab.gov.br>
- Cook, J. M., Bean, D., Power, S. A., & Dixon, D. J. (2004). Evolution of a complex coevolved trait: Active pollination in a genus of fig wasps. *Journal of Evolutionary Biology*, 17(2), 238–246. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2003.00683.x>
- Cruz-López, L., Malo, E. A., Toledo, J., Virgen, A., Mazo, A. D., & Rojas, J. C. (2006). A new potential attractant for *Anastrepha obliqua* from *Spondias mombin* fruits. *Journal of Chemical Ecology*, 32(2), 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-9006-7>
- Dalbon, V. A., Ribeiro, T. F. L., Silva, J. M., Silva, A. F., Acácio, R. da S., Junior Ribeiro, K. A. L., Acevedo, J. P. M., Negrisoli Junior, A., Riffel, A., Goulart, H. F., & Santana, A. E. G. (2019). Compostos orgânicos voláteis produzidos por fungos entomopatogênicos isolados de *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus 1764) (Coleoptera: Curculionidae). *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(5), b–21. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/7154>
- Dawson, G. W., Griffiths, D. C., Merritt, L. A., Mudd, A., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (1990). Aphid semiochemicals: A review, and recent advances on the sex pheromone. *Journal of Chemical Ecology*, 16(11), 3019–3030. <https://doi.org/10.1007/BF00979609>
- Figadère, B. A., McElfresh, J. S., Borchardt, D., Daane, K. M., Bentley, W., & Millar, J. G. (2007). trans- α -Necrodyl isobutyrate, the sex pheromone of the grape mealybug, *Pseudococcus maritimus*. *Tetrahedron Letters*, 48(48), 8434–8437. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2007.09.155>
- Fletcher, M. T., Moore, C. J., & Kitching, W. (1997). Absolute configuration of sordidin and 7-episordidin emitted by the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Tetrahedron Letters*, 38(19), 3475–3476. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(97\)00659-X](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(97)00659-X)
- Fontes, E. M. G., & Valadares-Inglis, M. C. (2020). *Controle biológico de pragas da agricultura*. Embrapa. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1121825/1/CBdocument.pdf>
- Francis, F., Vandermoten, S., Verheggen, F., Lognay, G., & Haubruge, E. (2005). Is the (E)- β -farnesene the only volatile terpenoid in aphids? *Journal of Applied Entomology*, 129(1), 6–11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.00925.x>
- Freitas, T. F. S. (2017). *Ecologia química de pentatomídeos em Oryza sativa (Poaceae): Implicações no manejo com feromônio sexual sintético e nas interações tritróficas mediadas por fitormônios* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Repositório Digital UFRGS. <http://hdl.handle.net/10183/169950>
- Friedrich, K., Almeida, V. E. S., Augusto, L. G. S., Gurgel, A. M., Souza, M. M. O., Alexandre, V. P., & Carneiro, F. F. (2018). Agrotóxicos: Mais venenos em tempos de retrocessos

- de direitos. *Revista Okara: Geografia em Debate*, 12(2), 326–347.
<https://doi.org/10.22478/ufpb.1982-3878.2018v12n2.41320>
- Gabryś, B. J., Gadowski, H. J., Klukowski, Z., Pickett, J. A., Sobota, G. T., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (1997). Sex pheromone of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*: Identification and field trapping of male aphids and parasitoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23(7), 1881–1890. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006457.28372.48>
- Gieselmann, M. J., Rice, R. E., Jones, R. A., & Roelofs, W. L. (1979). Sex pheromone of the San Jose scale. *Journal of Chemical Ecology*, 5(6), 891–900.
<https://doi.org/10.1007/BF00990211>
- Goldansaz, S. H., Dewhirst, S., Birkett, M. A., Hooper, A. M., Smiley, D. W. M., Pickett, J. A., Wadhams, L., & McNeil, J. N. (2004). Identification of two sex pheromone components of the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas). *Journal of Chemical Ecology*, 30(4), 819–834.
<https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000028434.19319.b4>
- Gonçalves, F. da S., Almeida, C. A. C. de, Rodrigues, M. B., Bezerra, L. T., Gonzaga, E. P., Lima, R. P. de, Santos, J. M. dos, & Breda, M. O. (2020). Avaliação da bioatividade de extrato de asas em *Thyriniteina arnobia* (Stoll 1782) (Lepidoptera: Geometridae). *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(1), e02.
<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/7736>
- Grigolli, M. M. K. (2017). *Correlação entre lagartas e mariposas capturadas com feromônio sexual e tratamento de sementes de soja com diferentes inseticidas para o manejo de Chrysodeixis includens (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja*. Repositório Institucional UNESP. <http://hdl.handle.net/11449/151078>
- Heath, R. R., McLaughlin, J. R., Tumlinson, J. H., Ashley, T. R., & Doolittle, R. E. (1979). Identification of the white peach scale sex pheromone. *Journal of Chemical Ecology*, 5(6), 941–953. <https://doi.org/10.1007/BF00990217>
- Horler, D. F. (1970). Methyl n-tetradeca-trans-2,4,5-trienoate, an allenic ester produced by the male dried bean beetle, *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of the Chemical Society C: Organic*, (6), 859–862. <https://doi.org/10.1039/J39700000859>
- Howse, P. E., Stevens, I. D. R., & Jones, O. T. (1998). *Insect pheromones and their use in pest management*. Chapman & Hall. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5344-7>
- Jeon, H., Han, K. S., & Boo, K. S. (2003). Sex pheromone of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae): Composition and circadian rhythm in release. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 6(2), 159–165. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60181-8](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60181-8)
- Jorge, B. C. (2016). *Uso de nanofibras poliméricas como veículo para feromônio e inseticidas utilizados no manejo de Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae)*. Repositório Digital UFRGS. <http://hdl.handle.net/10183/165106>
- Kerr, W. E., Blum, M., & Fales, H. M. (1981). Communication of food source between workers of *Trigona (Trigona) spinipes*. *Revista Brasileira de Biologia*, 41(3), 619–623.
- Klingauf, V. F. (1971). Die Wirkung des Glucosids Phlorizin auf das wirtswahlverhalten von *Rhopalosiphum insertum* (Walk.) und *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 68(1–4), 41–55.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1971.tb03119.x>
- Kovaleski, A. (2005). Aplicação de feromônios em fruteiras temperadas no Brasil: De armadilhas com fêmeas virgens ao uso em programa de erradicação. In *4º Encontro Brasileiro de Ecologia Química* (p. 25).
- Kovaleski, A. (2020). *Manejo de Grapholita molesta através do uso de feromônio sexual sintético* (313ª ed.). Embrapa Uva e Vinho.
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124840>

- Kuwahara, Y., Fukami, H., Howard, R., Ishii, S., Matsumura, F., & Burkholder, W. E. (1978). Chemical studies on the Anobiidae: Sex pheromone of the drugstore beetle, *Stegobium paniceum* (L.) (Coleoptera). *Tetrahedron*, 34(12), 1769–1774. [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(78\)80210-5](https://doi.org/10.1016/0040-4020(78)80210-5)
- Leal, I. R., Silva, J. M. C., Tabarelli, M., & Lacher, T. E. (2005). Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), 139–146. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/160/o/19_Leal_et_al.pdf
- Leal, W. S., Bento, J. M. S., Vilela, E. F., & Lucia, T. M. C. D. (1994). Female sex pheromone of the longhorn beetle *Migdolus fryanus* Westwood: N-(2'S)-methylbutanoyl 2-methylbutylamine. *Experientia*, 50, 853–856. <https://doi.org/10.1007/BF01956471>
- Lima, I. S., Howse, P. E., & Nascimento, R. R. (2001). Volatile substances from male *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae): Identification and behavioural activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 12(2), 196–201. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532001000200012>
- Lockwood, J. A., & Story, R. N. (1987). Defensive secretion of the southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) as an alarm pheromone. *Annals of the Entomological Society of America*, 80(5), 686–691. <https://doi.org/10.1093/aesa/80.5.686>
- Mafra-Neto, A. (1993). *Effects of the structure and composition of pheromone plumes on the response of the male almond moth, Cadra cautella* [Tese de doutorado, University of Massachusetts Amherst]. <https://doi.org/10.7275/18739365>
- Marques, F. A., Wendler, E. P., Maia, B. H. L. N. S., Ventura, M. U., & Arruda-Gatti, I. C. (2007). Identification of defensive compounds in metathoracic glands of adults of the stink bug *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(6), 1242–1246. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000600020>
- Mendonça, A. L., Mendonça, A. L., Sant'Ana, A. E. G., & Nascimento, R. R. (2014). Semioquímicos de moscas das frutas do gênero *Anastrepha*. *Química Nova*, 37(2), 293–301. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140050>
- Meyer, M., Delatte, H., Ekesi, S., Jordaens, K., Kalinova, B., Manrakhan, A., Mwatawala, M., Steck, G., Van Cann, J., Vancikova, L., Brizova, R., & Virgilio, M. (2015). An integrative approach to unravel the *Ceratitidis* FAR (Diptera, Tephritidae) cryptic species complex: A review. *ZooKeys*, (540), 405–427. <https://doi.org/10.3897/zookeys.540.10046>
- Miller, J. R., Gut, L. J., Lame, F. M., & Stelinski, L. L. (2006). Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (Part 1): Theory. *Journal of Chemical Ecology*, 32, 2089–2114. <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9134-8>
- Miller, J. R., McGhee, P. S., Siegert, P. Y., Adams, C. G., Huang, J., Grieshop, M. J., & Gut, L. J. (2010). General principles of attraction and competitive attraction as revealed by large-cage studies of moths responding to sex pheromone. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(1), 22–27. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908453107>
- Moore, B. P., & Brown, W. V. (1976). The chemistry of the metasternal gland secretion of the eucalypt longicorn *Phoracantha synonyma* (Coleoptera: Cerambycidae). *Australian Journal of Chemistry*, 29(6), 1365–1374. <https://doi.org/10.1071/CH9761365>
- Morais, R. K. S. (2017). *Síntese de feromônio do bicudo-do-algodoeiro* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Alagoas]. Repositório Institucional UFAL. <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/3002>

- Nakayama, K., & Terra, P. S. (1986). Atratividade de substâncias e de ramos de cacaueteiro sobre *Xylosandrus morigerus* (Blandford, 1894) (Coleoptera, Scolytidae). *Revista Theobroma*, 16(3), 155–160.
- Nault, L. R., Montgomery, M. E., & Bowers, W. S. (1976). Ant-aphid association: Role of aphid alarm pheromone. *Science*, 192(4246), 1349–1351. <https://doi.org/10.1126/science.1273595>
- Padilha, A. C., Arioli, C. J., Botton, M., & Boff, M. I. C. (2016). *Coleta, triagem e dissecação de fêmeas de Grapholita molesta (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) para avaliação do estado reprodutivo*. Embrapa Uva e Vinho. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1042666>
- Parra-Pedrazzoli, A. L. (2006). *Isolamento, identificação, síntese e avaliação de campo do feromônio sexual do minador-dos-citros, Phyllocnistis citrella Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae)* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.11.2006.tde-07042006-143939>
- Phillips, J. K., Miller, S. P. F., Andersen, J. F., Fales, H. M., & Burkholder, W. E. (1987). The chemical identification of the granary weevil aggregation pheromone. *Tetrahedron Letters*, 28(49), 6145–6146. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)61831-2](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)61831-2)
- Phillips, J. K., Walgenbach, C. A., Klein, J. A., Burkholder, W. E., Schmuff, N. R., & Fales, H. M. (1985). (R*, S*)-5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone male-produced aggregation pheromone of *Sitophilus oryzae* (L.) and *S. zeamais* Motsch. *Journal of Chemical Ecology*, 11(9), 1263–1274. <https://doi.org/10.1007/BF01024114>
- Phillips, T. W., Phillips, J. K., Webster, F. X., Tang, R., & Burkholder, W. E. (1996). Identification of sex pheromones from cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*, and related studies with *C. analis* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Chemical Ecology*, 22(12), 2233–2249. <https://doi.org/10.1007/BF02029543>
- Pickett, J. A., & Griffiths, D. C. (1980). Composition of aphid alarm pheromones. *Journal of Chemical Ecology*, 6(2), 349–360. <https://doi.org/10.1007/BF01402913>
- Porto, A. J. (2002). Aspectos nutricionais do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). *Boletim de Indústria Animal*, 59(1), 79–99. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/boletim-de-industria-animal/59-\(2002\)-1/aspectos-nutricionais-do-bicho-da-seda-bombyx-mori-l/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/boletim-de-industria-animal/59-(2002)-1/aspectos-nutricionais-do-bicho-da-seda-bombyx-mori-l/)
- Rama, F., Reggiori, F., & Pratzoli, W. (2002). Timed mating disruption: A new pheromone-dispensing device for the protection of orchards from *Cydia pomonella*, *C. molesta* and leafrollers. In *Pheromones and other semiochemicals in integrated production* (pp. 22–27). IOBC/WPRS Working Group. <https://www.researchgate.net/publication/237570778>
- Rezende, H. A., Rezende, B. A., Vilela, G. B., & Carnevale, A. B. (2023). O uso de semioquímicos para o controle comportamental de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. *Anais da Semana Universitária e Encontro de Iniciação Científica da UNIFIMES*, 1(1). https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/anais-semana-universitaria/pt_BR/article/view/3676
- Ringenberg, R., Botton, M., Garcia, M. S., & Nondillo, A. (2005). Biologia comparada e exigências térmicas de *Cryptoblabes gnidiella* em dieta artificial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 1059–1065. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001100002>
- Rochat, D., Malosse, C., Lettere, M., Ducrot, P. H., Zagatti, P., Renou, M., & Descoins, C. (1991). Male-produced aggregation pheromone of the American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera, Curculionidae): Collection,

- identification, electrophysiological activity, and laboratory bioassay. *Journal of Chemical Ecology*, 17(11), 2127–2141. <https://doi.org/10.1007/BF00987996>
- Rochat, D., Ramirez-Lucas, P., Malosse, C., Aldana, R., Kakuli, T., & Morin, J. P. (2000). Role of solid-phase microextraction in the identification of highly volatile pheromones of two rhinoceros beetles *Scapanes australis* and *Strategus aloeus* (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae). *Journal of Chromatography A*, 885(1–2), 433–444. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)01049-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)01049-3)
- Roelofs, W. L., Gieselmann, M. J., Cardé, A. M., Tashiro, H., Moreno, D. S., Henrick, C. A., & Anderson, R. J. (1977). Sex pheromone of the California red scale, *Aonidiella aurantii*. *Nature*, 267, 698–699. <https://doi.org/10.1038/267698a0>
- Sanches, M. S., Borges, M., Laumann, R. A., Oliveira, C. M., Frizzas, M. R., & Blassioli-Moraes, M. C. (2025). Males of *Dalbulus maidis* attract females through volatile compounds with potential pheromone function: A tool for pest management. *Insects*, 16, 1021. <https://doi.org/10.3390/insects16101021>
- Schmuff, N. R., Phillips, J. K., Burkholder, W. E., Fales, H. M., Chen, C. W., Roller, P. P., & Ma, M. (1984). The chemical identification of the rice weevil and maize weevil aggregation pheromone. *Tetrahedron Letters*, 25(15), 1533–1534. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)90002-4](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)90002-4)
- Schoonhoven, L. M., van Loon, J. J. A., & Dicke, M. (2005). *Insect-plant biology* (2nd ed.). Oxford University Press. 421 p.
- Silva, F. C., Ventura, M. U., & Morales, L. (2006). Capture of *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera, Scolytidae) in response to trap characteristics. *Scientia Agricola*, 63(6), 567–571. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000600010>
- Silva, M. S., Lúcio, V. H. G., & Santos, A. F. (2010). A importância da comunicação química para os insetos. *Revista Ambientale*, 2(2), 124–136. <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/27>
- Soares, W., Duarte, V. G. O., Tronto, J., & Fernandes, F. L. (2025). First report of biodegradable trap for capture of *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) and *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) in *Coffea arabica* L. *Brazilian Journal of Biology*.
- Sobrinho, R. B., Mesquita, A. L. M., Enkerlin, W., Guimarães, J. A., Bandeira, C. T., & Peixoto, M. J. A. (2004). Evaluation of fruit fly attractants in the State of Ceará – Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, 35, 253–258.
- Sousa, D. G., Marques, D. J. S., Serra, R. B. G., Sousa, A. C., & Figueiredo, G. J. A. (2018). Uma percepção ambiental de agricultores de comunidade águas turvas sobre o uso de agrotóxicos na região da bacia hidrográfica do Rio Gramame, João Pessoa (PB). *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 13(2), 332–339. <https://doi.org/10.34024/revbea.2018.v13.2474>
- Suzuki, T., & Sugawara, R. (1979). Isolation of an aggregation pheromone from the flour beetles, *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 14(2), 228–230. <https://doi.org/10.1303/aez.14.228>
- Targino, H. T. G. (2025). *Uso de semioquímicos no manejo de Spodoptera frugiperda: avanços e perspectivas futuras* [Trabalho de especialização, Universidade Federal do Paraná]. Repositório Institucional da UFPR. <https://hdl.handle.net/1884/99723>
- Tumlinson, J. H., Hardee, D. D., Gueldner, R. C., Thompson, A. C., Hedin, P. A., & Minyard, J. P. (1969). Sex pheromones produced by male boll weevil: Isolation, identification, and synthesis. *Science*, 166(3908), 1010–1012. <https://doi.org/10.1126/science.166.3908.1010>

- Ventura, M. U., Martins, M. C., & Pasini, A. (2000). Responses of *Diabrotica speciosa* and *Cerotoma arcuata tingomariana* (Coleoptera: Chrysomelidae) to volatile attractants. *Florida Entomologist*, 83(4), 403–410. <https://doi.org/10.2307/3496715>
- Ventura, M. U., Pereira, T., Nunes, D. H., & Arruda, I. C. (2007). Attraction of *Astylus variegatus* (Germ.) (Coleoptera: Melyridae) by volatile floral attractants. *Scientia Agricola*, 64(3), 305–307. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000300016>
- Vet, L. E. M., & Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, 37, 141–172. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001041>
- Vilela, E. F., & Lucia, T. M. C. D. (2001). Introdução aos semioquímicos e terminologia. In E. F. Vilela & T. M. C. D. Lucia (Eds.), *Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas* (2ª ed., pp. 9–12). Holos.
- Vilela, E. F., & Neto, A. M. (2001). Registro de feromônios comerciais e legislação. In E. F. Vilela & T. M. C. D. Lucia (Eds.), *Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas* (2ª ed., pp. 151–159). Holos.
- Wall, C. (1990). Principles of monitoring. In R. L. Ridgway, R. M. Silverstein, & M. N. Inscoe (Eds.), *Behavior-modifying chemicals for insect management* (pp. 9–23). Marcel Dekker. <https://books.google.com.br/books?id=Q-dE-DvIgyQC>
- Wee, S. L., & Tan, K. H. (2005). Female sexual response to male rectal volatile constituents in the fruit fly, *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae). *Applied Entomology and Zoology*, 40(2), 365–372. <https://doi.org/10.1303/aez.2005.365>
- Zarbin, P. H. G., & Rodrigues, M. A. C. M. (2009). Feromônios de insetos: Tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, 31(3), 722–731. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300016>
- Zarbin, P. H. G., Arrigoni, E. B., Reckziegel, A., Moreira, J. A., Baraldi, P. T., & Vieira, P. C. (2003). Identification of male-specific chiral compound from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. *Journal of Chemical Ecology*, 29(2), 377–386. <https://doi.org/10.1023/A:1022634012212>
- Zarbin, P. H. G., Borges, M., Santos, A. A., Oliveira, A. R. M., Simonelli, F., & Marques, F. A. (2000). Alarm pheromone system of stink bug *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 11(4), 424–428. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532000000400017>
- Zarbin, P. H. G., Leal, W. S., Ávila, C. J., & Oliveira, L. J. (2007a). Identification of the sex pheromone of *Phyllophaga cuyabana* (Coleoptera: Melolonthidae). *Tetrahedron Letters*, 48(11), 1991–1992. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2007.01.075>
- Zarbin, P. H. G., Moreira, M. A. B., Haftmann, J., Francke, W., & Oliveira, A. R. M. (2007b). Male-specific volatiles released by the Brazilian papaya weevil, *Pseudopiazurus obesus*: Partial identification and evidence of an aggregation pheromone. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(5), 1048–1053. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000500026>
- Zarbin, P. H. G., Princival, J. L., Santos, A. A., & Oliveira, A. R. M. (2004). Synthesis of (S)-(+)-2-methyl-4-octanol: Male-specific compound released by sugarcane weevil *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 15(2), 331–334. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532004000200028>