

Bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*): uma revisão sobre o inseto e perspectivas para o manejo da praga



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 372

Bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*): uma revisão sobre o inseto e perspectivas para o manejo da praga

*Juliana Dantas de Almeida
Isabela de Oliveira Motta
Leonardo de Amorim Vidal
João Victor Félix Bílio
Júlia Moreira Pupe
Adriano Delly Veiga
Carlos Henrique Siqueira de Carvalho
Rogério Biaggioni Lopes
Thales Lima Rocha
Luciano Paulino Silva
José Roberto Pujol-Luz
Érika Valéria Saliba Albuquerque*

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

*Brasília, DF
2020*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica
PqEB, Av. W5 Norte (final)
70970-717, Brasília, DF
Fone: +55 (61) 3448-4700
Fax: +55 (61) 3340-3624
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Wagner Alexandre Lucena

Secretária-Executiva
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Membros
Bruno Machado Teles Walter; Daniela Aguiar de Souza; Eudes de Arruda Carvalho; Luiz Joaquim Castelo Branco Carvalho; Marcos Aparecido Gimenes; Solange Carvalho Barrios Roveri Jose; Márcio Martinello Sanches; Sérgio Eustáquio de Noronha

Supervisão editorial
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Revisão de texto
Juliana Dantas de Almeida

Normalização bibliográfica
Rosamares Rocha Galvão

Tratamento das ilustrações
Adilson Werneck

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Adilson Werneck

Foto da capa
Claudio Bezerra

1ª edição
1ª impressão (ano): tiragem

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

Bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*): uma revisão sobre o inseto e perspectivas para o manejo da praga / Juliana Dantas de Almeida... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020.

39 p. - (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 372).

1. Café 2. Bicho-mineiro do cafeeiro 3. *Leucoptera coffeella* I . Veiga, A . D . I I .
Série

Autores

Adriano Delly Veiga

Agrônomo, Dr em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Carlos Henrique Siqueira de Carvalho

Agrônomo, PhD em Genética e Melhoramento, Pesquisador da Embrapa Café, Varginha, MG.

Érika Valéria Saliba Albuquerque

Bióloga, Docteur Sciences et Technologies, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Isabela de Oliveira Motta

Bióloga, Mestre em Zoologia, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

João Victor Félix Bílio

Graduando em agronomia, estudante na Universidade de Brasília, Brasília, DF.

José Roberto Pujol-Luz

Biólogo, Doutor em Zoologia, Professor titular do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Juliana Dantas de Almeida

Bióloga, Doutora em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Júlia Moreira Pupe

Biotechnologista, mestra em Ciências Biológicas, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Leonardo de Amorim Vidal

Graduando em agronomia, estudante na Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Luciano Paulino Silva

Biólogo, doutor em Biologia Animal, pesquisador na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Rogério Biaggioni Lopes

agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Thales Lima Rocha

Biólogo, doutor em Bioquímica, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Apresentação

O café é produzido em mais de 60 países por 25 milhões de produtores, em sua grande maioria de pequeno porte localizados em países emergentes. O consumo de café tem se tornado um ritual diário para um número cada vez maior de consumidores pelo mundo. Esse mercado em ascensão demanda técnicas modernas de manejo que permitam aumentar a produção e ao mesmo tempo proteger o ambiente além de obter produtos de alta qualidade e livres de pesticida. Entre os vários desafios a serem vencidos, o bicho-mineiro do cafeeiro é uma das mais graves ameaças às lavouras de café. *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, et al., 1842) (*Lepidoptera*: Lyonetiidae) é o nome científico do bicho-mineiro do cafeeiro (BMC). Essa mariposa é uma das maiores pragas do cafeeiro, sendo que o dano à planta é causado pela sua a larva. Durante os estádios imaturos, a larva se alimenta no mesofilo, causando necrose, perda de capacidade fotossintetizante e desfolha. Essa praga acarreta perdas entre 30-70% da produção, comprometendo a qualidade e a produção dos grãos e causando impacto negativo na cadeia produtiva do café. O controle por pesticidas sintéticos tem sido obrigatório, mas desvantagens como a seleção de populações resistentes do inseto, e os efeitos nocivos no ambiente e na saúde humana, motivaram a comunidade científica a desenvolver estratégias para a implementação de um sistema de manejo integrado de pragas. Essa revisão fornece um panorama a respeito das técnicas em estudo para o controle do BMC assim como da sua história e biologia.

Maria Cléria Valadares Inglis
Chefe-Geral

Sumário

Apresentação

Introduçãonº 09

História, Origem e Distribuição.....nº 10

Biologia.....nº 11

Lesões e perdas causadas pelo BMC.....nº 15

Controle e manejo do BMCnº 16

Conclusões.....nº 24

Referências bibliográficasnº 26

Introdução

Desde a lenda de Kaldi, datando do século VI, o consumo de café migrou das cabras para seres humanos e vem ganhando cada vez mais seguidores. Embora o café seja um produto alimentar não essencial, sua cadeia produtiva é uma das mais rentáveis e complexas do mundo. Seus atores atuam no plantio, colheita, torra, embalagem, transporte e criação de “blends” e operam em diferentes escalas, atacado e varejo e estabelecimentos que contemplam desde os bares e lanchonetes mais modestos até os restaurantes mais sofisticados e concursos de degustação de alto padrão. Os desafios para a manutenção dessa cadeia produtiva são muitos, entre os quais estão as pragas que ameaçam a cultura, incluindo o bicho-mineiro do cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, et al., 1842) (*Lepidoptera: Lyonetiidae*).

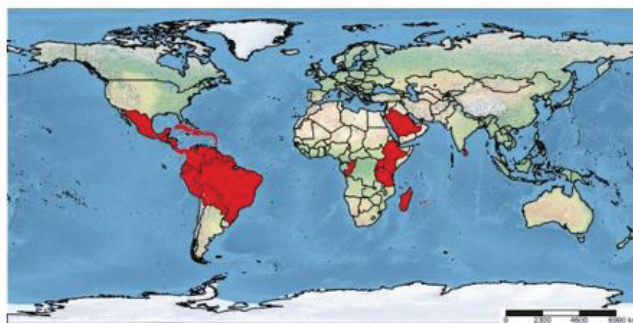
A lagarta desta mariposa é considerada a praga mais importante do cafeeiro devido ao grave dano que causa às plantações de café. Nas regiões neotropicais as perdas podem chegar a 87% da produtividade e a desfolha, a qual compromete a safra seguinte, pode chegar a 75% (Neves, 2016; Souza et al., 2006). Na Colômbia os danos passam dos 50% (Constantino et al., 2013; David-Rueda et al., 2016). Em Porto Rico as lavouras sofrem perdas que variam entre 20 – 40% e em torno de 13% no México (Giraldo-Jaramillo; Postalí Parra, 2017; Vega; Posada; Infante, 2006). O monitoramento da incidência do BMC ainda é precário devido ao método empregado que é a contagem de folhas minadas ou armadilhas distribuídas nas lavouras. Novos sistemas baseados em imagens aéreas e fotogrametria estão sendo desenvolvidos para aprimorar a detecção da praga nos campo (Souto, 2019; Vasconcelos, 2019).

O controle químico preventivo é a estratégia mais usada para reduzir os danos desta praga, mas tem sido ineficaz, pois a praga apresenta resistência adquirida à maioria dos inseticidas em uso. O controle biológico apresenta limitações na eficiência e durabilidade dos tratamentos. Estratégias biotecnológicas podem gerar produtos para atender à demanda por soluções sustentáveis, duráveis e seguras para o controle específico desse inseto, mas dependem de estudos mais aprofundados. O objetivo desse trabalho é consolidar as informações disponíveis na literatura indexada, abordando aspectos da biologia, ecologia, estratégias de controle e fornecer perspectivas futuras de manejo do inseto.

História, Origem e Distribuição

Apesar de sua origem no continente africano (Box, 1923; GALLO, et al., 1988), o primeiro relatório do BMC foi feito há 178 anos em plantações de café nas Antilhas do Caribe. Em 1842, Guérin-Mèneville e Perrottet (1842) chamou-o de *Elachista coffeella*. Em seguida, foi incluído no gênero *Bucculatrix* sp. (Stainton, 1858) e mais tarde em *Cemistoma* sp. (Stainton, 1861). Finalmente, foi incluído no gênero *Leucoptera* (Meyrick, 1895) e em 1897 foi chamado de *Leucoptera coffeella* por Lord Walsingham. Uma outra denominação superada foi a de *Perileucoptera coffeella* (Silvestri, 1943).

Leucoptera coffeella é agora uma praga cosmopolita (Figura 1a) e ocorre nas folhas de plantações de café na África, Ásia e países Neotropicais, compreendendo a América Central, as ilhas do Caribe e a América do Sul (Box, 1923; Green, 1984; Mey, 1994; Pereira et al., 2007). No Brasil, a presença do BMC foi detectada em meados do século XIX e tornou-se uma séria praga da cultura cafeeira no país (Medina Filho et al., 1977). Desde então, onde quer que o café seja cultivado no Brasil, há BMC (Ghini et al., 2008; Pantoja-Gomez et al., 2019; Parra et al., 1981) (Figura 1b).



Autor: João Félix Biflio

(a)

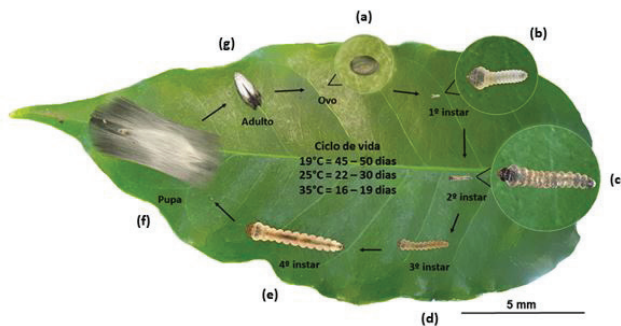
Figure 1. Presença de *Leucoptera coffeella* no (a) globo terrestre mostrando países produtores realçados em vermelho: América do Norte e América Central: Antigua e Barbuda, Barbados, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, El Salvador, Grenada, Guadalupe, Guatemala, Haiti, Honduras, Jamaica, Martinica, Mexico, Montserrat, Nicaragua, Porto Rico, Santa Lucia, São Vicente e Grenadines, Trinidad e Tobago; América do Sul: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela; África: Reunião, Maurício, Madagascar, Uganda, Kenya, Congo, Etiópia, Tanzânia and Ruanda; Ásia: Arábia Saudita and Sri Lanka, and (b) Brasil, estados produtores afetados (amarelo): RO = Rondônia, MT = Mato Grosso, PA = Pará, GO = Goiás, DF = Distrito Federal, BA = Bahia, MG = Minas Gerais, ES = Espírito Santo, SP = São Paulo, RJ = Rio de Janeiro, PR = Paraná, SC = Santa Catarina.

Biologia

Ciclo de vida

L. coffeella é um inseto holometabólico, ou seja, seu ciclo de vida contempla as etapas de ovo, larva, pupa e adulto alado fazendo a metamorfose completa (Souza, et al., 1998) (Figura 2). Considerando uma temperatura de 25°C, a fase do ovo geralmente dura cerca de cinco dias, a fase larva doze dias e a de pupa cinco dias, completando cerca de 22 dias até chegar à idade adulta (Katiyar; Ferrer, 1968). O período do ciclo de vida deste inseto varia de acordo com temperatura, umidade relativa e chuva. Na estação seca, o ataque da praga é geralmente mais intenso do que em períodos úmidos (Costa et al., 2012; Wolcott, 1947).

O ovo possui cerca de 0,3 mm, formado por uma estrutura translúcida, com formato oval e côncavo, com laterais expandidas (Box, 1923; Costa et al., 2012). Após a eclosão, as larvas saem da parte inferior dos ovos, que estão em contato com a epiderme da folha superior, e entram no mesofilo (Guerreiro Filho, 2006) (Figura 3).



Autor: Isabela de Oliveira Motta

Figura 2. Estádios de vida de *L. coffeella*: do ovo até o adulto. Após a eclosão do ovo, (a) o desenvolvimento de larvas é dividido em 4 instars: L1 (b), L2 (c), L3 (d) e L4 (e). O último instar forma um casulo para se transformar em pupa (f). O adulto emerge (g) da pupa para o acasalamento. Na sequência, os ovos são ovipostos sobre o lado adaxial da folha de café e o ciclo reinicia. O aumento da temperatura acelera e encurta o intervalo de tempo de cada ciclo, conforme detalhado no meio da figura.

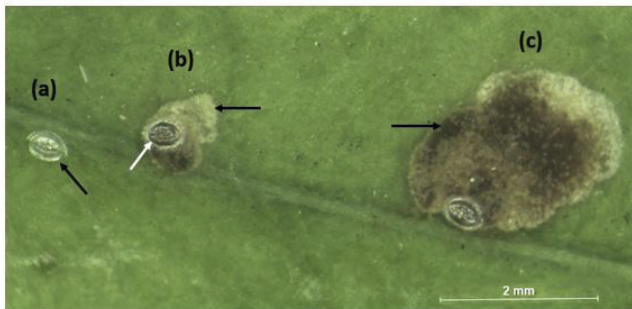
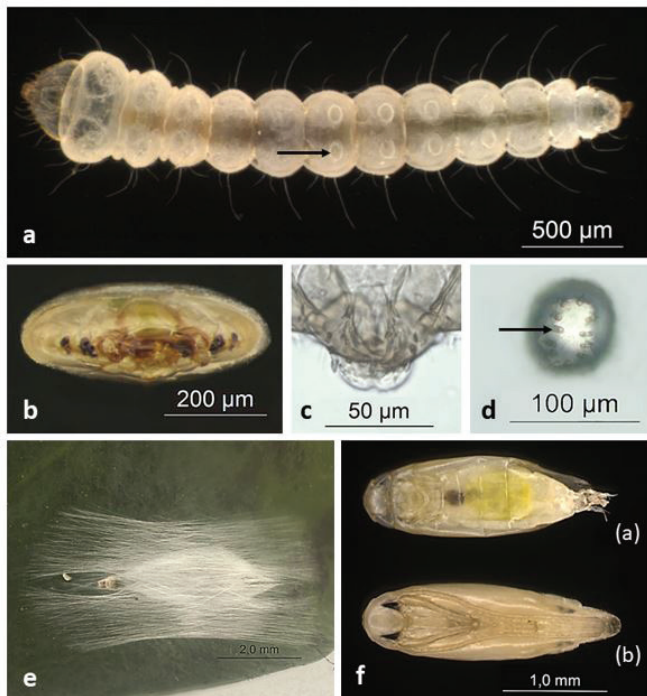


Figura 3. Progressão dos ovos de *L. coffeella*: (a) Ovos não eclodidos têm uma estrutura translúcida, a seta indica um ovo recém-ovipositado; (b) Após a eclosão, a casca do ovo fica mais escura (seta branca) e a larva penetra a folha sob o ovo e começa a se alimentar, formando uma mina verde clara (seta preta); (c) avanço da mina. A seta preta indica a cor escura da mina devido aos resíduos deixados pela larva.

A fase larval tem quatro ínstaes (Notley, 1948). Larvas recém-eclodidas têm uma cor esbranquiçada translúcida, mas ao longo de seu desenvolvimento elas assumem um tom amarelo esverdeado. O último ínstar larval é de cerca de 4-5 mm, achatado, segmentado com 11 segmentos e cor amarelada (Box, 1923; Guérin-Méneville et al., 1842) (Figura 4A). As larvas do quarto ínstar têm cabeça plana e aparelho bucal do tipo mastigador (Figura 5B, C), prolegs e suportes (Box, 1923; Nielsen, 1991) (Figura 4D).

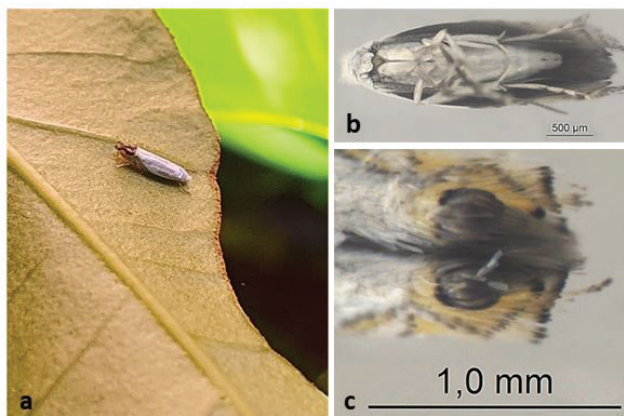
Após cumprir os 4 ínstaes, as larvas saem das minas e tecem um casulo de seda em forma de X, geralmente na região axial da folha, formando pupas (Box, 1923; Costa et al., 2012) (Figura 4e). As pupas têm um comprimento aproximado de 2 mm, cor leitosa, pequenos olhos negros, antenas e pernas fundidas na região ventral e asas enrugadas (Box, 1923) (Figura 4f). Geralmente, as pupas são encontradas na região da 'saia' das plantas de café, que é a parte inferior da planta onde as folhas mortas se acumulam (Guerreiro Filho, 2006).

A partir de pupas, os adultos emergem com um comprimento corporal médio de 2 mm e uma envergadura de 6,5 mm (Figura 5a). A cabeça possui 'escamas de cabelo branco', antenas longas que atingem a extremidade do abdômen, peito branco prateado, pernas cobertas com cerdas brancas, asa com três fileiras de cerdas amarelas com um círculo preto no ápice, abdômen amarelado e coberto com escamas brancas e órgãos genitais cobertos por um tufo de escamas brancas (Box, 1923; Guérin-Méneville et al., 1842) (Figura 5 b, c).



Autor: Isabela de Oliveira Motta

Figura 4. Estádios imaturos de *Leucoptera coffeella*. A. Ínstar 4 visão ventral. Seta indica proleg. B. Cabeça plana na vista frontal. C. Aparelho bucal mastigador. D. Suportes dos prolegs. A seta indica suporte. E. Casulo. F. Pupa vista dorsal (a) e vista ventral (b).



Autor: Isabela de Oliveira Motta

Figura 5. *L. coffeella* forma adulta. (a) Pousado na folha de café. (b) Visão ventral, com escamas brancas por todo o corpo; (c) Detalhe da extremidade das asas em vista dorsal evidenciando círculo preto cercado por cerdas amarelas.

Comportamento alimentar

A lagarta se alimenta no mesófilo das folhas do cafeeiro, criando minas, o que deu origem ao nome comum da praga: bicho-mineiro do cafeeiro (Figura 6). As minas causam necrose (Figura 6d), diminuição da superfície da folha (Figura 6d), levando a uma menor taxa fotossintética das plantas e consequente esgotamento da planta com queda de produtividade (Souza et al., 1998). Os danos causados por este inseto incluem a desfolha (Costa et al., 2012) (Figura 6e). Eventualmente, sem tratamentos culturais adequados, a infestação pode levar à morte da planta. Não há relatos sobre a alimentação da forma adulta nas lavouras.

A relação entre os danos causados pela alimentação do BMC e a aplicação de fertilizantes sintéticos tem sido relatada na literatura (Sabino et al., 2018; Theodoro et al., 2014). A quantidade de aminoácidos livres e a redução de açúcares no sistema metabólico das plantas cafeeiras está relacionada ao desequilíbrio nutricional e à suscetibilidade às pragas. Plantas fertilizadas com material orgânico apresentaram redução de até 50% de minas nas folhas (Sabino et al., 2018).



Autor: Isabela de Oliveira Motta

Figura 6. Lesões na folha de café causadas pela lagarta do BMC. (a) Ovos recém-depositados; (b) Início da mina formada por larvas; (c) Larvas dentro da mina; (d) Mina desenvolvida, com grande área necrosada e superfície fotossintética prejudicada; (e) Desfolha de café.

Comportamento na fase adulta

A desenvoltura de *L. coffella* já foi descrita como a quintessência da sensibilidade (Wolcott, 1947). Na idade adulta, o inseto tem um hábito noturno e durante o dia, abriga-se sob as folhas de café (Costa et al., 2012). O acasalamento e a postura ocorrem preferencialmente à noite (Notley, 1948; Conceição et al., 2005; Guerreiro Filho, 2006; Wolcott, 1947). O comportamento sexual dos adultos é muito peculiar e pode apresentar os seguintes estágios, (1) fêmeas em posição de repouso com o abdômen curvado para baixo, expondo a glândula de feromônio em movimentos contínuos de dentro para fora, para atrair machos; (2) ao detectar o feromônio, os machos permanecem no mesmo lugar, movendo suas antenas e batendo as asas, e depois caminham em direção à fêmea; (3) O macho toca a fêmea com suas antenas, a fêmea retrai a glândula feromônio e posiciona seu abdômen em direção ao macho; (4) o macho coloca seu abdômen em direção ao abdômen feminino, liberando o edeago iniciando a cópula (Michereff et al., 2007). As fêmeas geralmente ovipositam na epiderme superior das folhas ao anoitecer (Costa et al., 2012; Guerreiro Filho, 2006).

Lesões e perdas causadas pelo BMC

Brasil, Vietnã e Colômbia juntos são responsáveis por cerca de 50% da produção mundial de café sendo que a contribuição brasileira corresponde à metade desse conjunto. As exportações de café estão em em 5º lugar entre as commodities brasileiras com faturamento de US\$ 1,3 bilhões em 2020 (Concafe, 2020; Shahbandeh, 2020; Cecafo, 2020).

Até 1970, os surtos de BMC nas lavouras de café no Brasil eram esporádicos porque havia um equilíbrio entre populações de predadores e BMC. Além disso, as culturas de café costumavam ser organizadas com espaçamento estreito, que é uma condição adversa para esta praga. Na década de 1970, o modelo mecanizado foi ampliado exigindo grandes áreas de extensa agricultura, com maior espaçamento entre as plantas e ampliação da fronteira para regiões mais secas e mais quentes, como o bioma Cerrado brasileiro. Essas condições favoreceram a proliferação do BMC de modo a promovê-lo como praga preponderante nos dias atuais (Souza, et al., 1998). Durante seu ciclo de vida, as fêmeas de BMC são capazes de ovipositar cerca de sete ovos por noite e mais de 50 ovos durante a vida (Costa et al., 2012). Em poucos dias, a área de lesões evolui de alguns milímetros para vários centímetros (fig 6) terminando até a queda das folhas e diminuindo a produtividade. Os danos causados pelo inseto minador não se restringem ao café uma vez que o controle requer o uso de agrotóxicos perigosos e contribui para contaminar trabalhadores, consumidores e ambiente.

Controle e manejo do BMC

O clima quente encurta o ciclo da praga (Figura 2), resultando em alta proliferação de adultos, lagartas e crisálida, além de um grande número de ovos nas folhas (Reis et. al., 2002). Em média, 8 gerações podem ocorrer por ano no Brasil, chegando a 12 no período de colheita (Souza, 2018). O contexto de mudança climática prevê um aumento da infestação de BMC devido a um maior número de gerações por mês (Ghini et al., 2008; Jaramillo et al., 2011). Modelos precisos para estimar os níveis de infestação do BMC são propostos (Aparecido; Rolim, 2020).

O ideal é que o primeiro ciclo do BMC seja controlado de forma eficiente, para evitar que outros aconteçam ao longo do ano. O controle químico tem sido praticado para que o produtor possa manter a lavoura, pois o ataque do BMC reduz drasticamente a produtividade das plantas de *C. arabica* e *C. canephora*. No entanto, o controle químico apresenta desvantagens para o equilíbrio ambiental, especialmente em relação à sobrevivência de inimigos naturais, que são afetados pelos produtos utilizados para o manejo de pragas. Além disso, o controle químico não tem total eficiência, e são necessárias várias pulverizações, o que aumenta o custo de produção. Finalmente, os produtos químicos perdem sua eficácia pois favorecem a seleção de populações resistentes.

Controle químico

Atualmente, a manutenção das lavouras de café depende do controle químico do BMC. Existem alguns ingredientes ativos disponíveis e os mais utilizados são o thiametoxan (Souza et al., 2006), clorantraniliprole (Fragoso et al., 2002), cloridrato de cartap (Melo et al., 2019). Estudos sobre a estabilidade destas moléculas detectaram presença do thiametoxan em plantas, até oito meses após a aplicação via solo, com eficiência de controle da praga e seletividade para inimigos naturais. (Diez-Rodríguez et al., 2006; Souza et al., 2006) verificaram a proteção acima de 180 dias, também com uso do princípio ativo thiametoxan, enquanto as plantas controle sem inseticida apresentaram uma redução drástica de mais de 50% na produção.

Assim, o controle químico tem sido necessário, especialmente em áreas de alta incidência, como no Cerrado brasileiro, caracterizado por altas temperaturas e longos períodos de seca. O uso intensivo de inseticidas químicos, no entanto, pode selecionar populações resistentes, especialmente se houver uso contínuo do mesmo ingrediente ativo, além dos efeitos e riscos de agrotóxicos aos trabalhadores e ao ambiente. (Leite et al., 2020) relataram recentemente que 94% das populações de BMC no estado da Bahia eram resistentes ao ingrediente ativo chlorantraniliprole, elevando o risco de falha

no controle.

Resistência Genética

A cafeicultura começou no Brasil em 1727, com a introdução da cultivar *Typica*. Esse material genético foi quase o único explorado comercialmente até meados do século XIX (Carvalho, 2008). Desde então, várias características de interesse como produtividade e tolerância/resistência a fatores bióticos e abióticos têm sido incorporadas utilizando o melhoramento genético e gerando várias novas cultivares. Esses programas de melhoramento genético permitiram a expansão da cafeicultura em diversos biomas do país. Particularmente no Cerrado, o bicho-mineiro causa grande prejuízo às lavouras e é de difícil controle. Praticamente todas as cultivares disponíveis para os produtores rurais são suscetíveis ao bicho-mineiro.

Melhoramento Clássico

Vários programas de melhoramento genético do cafeeiro voltados para a resistência ao bicho-mineiro estão em andamento. Esses programas lidam com sérias limitações por causa da baixa variabilidade genética do café *Arábica*, havendo necessidade de fazer hibridação interespecífica para obtenção de resistência (Carvalho, 2008). Com relação à suscetibilidade ao BMC, (Guerreiro Filho et al., 1991) classificou as espécies de *Coffea* em: altamente resistentes - *C. stenophylla*, *C. brevipes*, *C. liberica* e *C. salvatrix*; moderadamente resistente - *C. racemosa*, *C. kapakata*, *C. dewevrei* e *C. eugenoides*, suscetíveis - *C. congênese*, *C. canephora* e *C. arabica*. A principal fonte de resistência usada no Brasil são plantas derivadas de um cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. racemosa* realizado na década de 1950 (Medina, 1963). Posteriormente indivíduos pertencentes à segunda geração de retrocruzamentos naturais (RC2) com *C. arabica* foram hibridadas com cultivares comerciais visando o desenvolvimento de cultivares resistentes ao bicho-mineiro (Carvalho, 2008). Todavia, a herança dessa característica não é bem conhecida e por isso a sua fixação em plantas com alta produtividade e grãos de boa qualidade tem sido difícil. Atualmente existe apenas uma cultivar com resistência ao bicho-mineiro propagada por sementes no Brasil, a Siriema AS1 (Matiello et al., 2014). Uma alternativa a cultivares propagadas por sementes são as cultivares clonais, pois o seu desenvolvimento pode ser feito com híbridos ou plantas em segregação.

Recentemente foi lançada a Siriema VC4, uma cultivar clonal formada pelo agrupamento de quatro clones (Matiello et al., 2015). Um outro tipo de resistência, chamado de tolerância ao bicho-mineiro, vem sendo observado em cultivares resistentes à ferrugem derivadas do grupo Sarchimor, como

a Obatã IAC 1669-20 e a Tupi IAC 1669-33. Em um estudo comparativo foi constatado que essas cultivares apresentaram maior porcentagem de folhas lesionadas pelo bicho-mineiro do que a cultivar suscetível à ferrugem Ouro Verde Amarelo IAC 4397, porque retinham as folhas por mais tempo, uma forma de tolerância ao bicho-mineiro (Conceição et al., 2005). Além disso, notou-se que a destruição das folhas é mais suave em *C. canephora* do que em *C. arabica*.

A resistência ao BMC pode ser de natureza bioquímica (Medina Filho et al., 1977) e provavelmente as larvas têm um mecanismo de proteção contra um eventual efeito tóxico da cafeína (Guerreiro Filho; Mazzafera, 2000). Dados a respeito da influência da composição química e idade das folhas são relatadas por (Guerreiro Filho, 2006). Segundo o autor, as folhas novas são mais tolerantes, com expressiva redução na postura de ovos e aumento da mortalidade de larvas. O autor sugere que metabólitos secundários, como os fenóis, estão mais concentrados nessas folhas, garantindo maior proteção contra a praga.

Modificação Genética

Os progressos da biotecnologia no sentido de melhorar a genética das plantas de café foram revisadas por (Mishra; Slater, 2012), e mais recentemente por (Villalta-Villalobos; Gatica-Arias, 2019). Técnicas de engenharia genética foram desenvolvidas para *C. arabica* (Bortelho et al., 2010) e *C. canephora* (Leroy et al., 2000) para expressar genes com o objetivo de controlar insetos-pragas de café.

Plantas transgênicas expressando o gene *cry1Ac* de *Bacillus thuringiensis* foram desafiadas com *L. coffeella* em casa de vegetação e em ensaios de campo preliminares. O desempenho dessas plantas foi promissor (Perthuis et al., 2005). No entanto, análises de expressão gênica mostraram baixos níveis de proteína Cry1Ac nas folhas transgênicas e isso comprometeu a eficiência da estratégia. A baixa expressão ocorreu devido ao emprego de um promotor constitutivo, EF1 α -A1, e não foi suficiente para conferir tolerância estável contra BMC no campo (Perthuis et al., 2015).

Controle Biológico

A dinâmica populacional do BMC pode ser fortemente afetada não só pelos atributos da planta hospedeira e pelas condições ambientais, mas também pela abundância de inimigos naturais (Amaral et al, 2010; Fernandes et al., 2009; Pereira et al., 2007). Parasitoides e predadores (vespas e formigas) têm sido amplamente relatados em plantações de café em vários países da América Latina e África desde a década de 1970 como fatores de

mortalidade natural (Bigger, 1973; David-Rueda et al., 2016; Gallardo-Covas, 1988a; Lomeli-Flores et al., 2009; Parra et al., 1977; Picanço et al., 2012; Wanjala, 1978). Apesar do grande número de himenópteros parasitando as larvas de *Leucoptera* sp. em áreas de cafeicultura em todo o mundo (Tabela Suplementar 1) e de sua contribuição sobre a dinâmica populacional da praga, nenhuma tentativa significativa foi feita para usar esses inimigos naturais como ferramentas de controle biológico.

Conforme revisado por (Gallardo-Covas, 1992), poucos casos de introdução de novas espécies de parasitoides ou o incremento de espécies nativas foram feitos para a supressão das populações de BMC. Embora sem sucesso na maioria dos casos, o autor ressaltou o grande potencial de liberações periódicas de inimigos naturais de *L. coffeella* sob certas condições. Além disso, alguns fungos patogênicos a invertebrados já foram testados contra diferentes estágios de desenvolvimento de espécies no gênero *Leucoptera*. Ovos e larvas de *L. coffeella* mostraram-se suscetíveis à infecção pelo fungo *Metarhizium anisopliae* (Villacorta, 1983). A espécie *Beauveria bassiana* também foi descrita como patogênica à *Leucoptera malifoliella*, infectando as larvas do último instar no momento que elas deixam as minas para formação das pupas (Draganova; Tomov, 1998).

As técnicas de manejo da cultura e a estrutura da paisagem podem afetar as comunidades de insetos e os serviços ecossistêmicos prestados por inimigos naturais, aumentando sua diversidade e abundância. Sistemas de café ecologicamente complexos estão associados à maior biodiversidade de vespas parasitoides, formigas e outros predadores (Iverson et al., 2019). Por exemplo, a riqueza e a abundância de vespas sociais estão positivamente correlacionadas com a cobertura florestal nas regiões produtoras de café, aumentando a predação de *L. coffeella* (Medeiros et al., 2019). O controle biológico conservativo, que consiste na diversificação do ambiente agrícola e no uso racional de agroquímicos visando aumento da população de inimigos naturais na cultura, deve ser considerado como uma ferramenta contra o BMC no cultivo do café. Em razão da grande diversidade de inimigos naturais do BMC e de sua importância na regulação de populações da praga, essa estratégia pode aumentar a eficiência do controle natural de praga.

Semioquímicos

Semioquímicos são substâncias químicas naturais cuja função é transmitir mensagens entre seres vivos. Os feromônios são semioquímicos envolvidos na interação sexual. No caso de *L. coffeella*, 5,9-dimetilpentadecano e 5,9-dimetilhexadecano foram identificados como os principais componentes dos feromônios sexuais sendo o primeiro, majoritário (Francke, W. et al., 1988; Malo et al., 2009). Cada uma dessas substâncias apresenta 4

estereoisômeros – compostos com a mesma fórmula estereotípica, mas onde os átomos assumem diferentes posições no espaço. Kuwahara et al. (2000) e colaboradores isolaram 4 estereoisômeros de 5,9-dimetilpentadecano. Análises de EAD (“electroantennographic detector”) foram realizadas para testar a capacidade desses compostos em estimular as antenas do BMC e um dos isômeros foi bastante eficiente em comparação com os outros 3. Porém, quando colocados em armadilhas para atrair o inseto nenhum dos isômeros foi eficiente. A mistura dos estereoisômeros, em contrapartida, foi capaz de atrair os insetos para a armadilha em experimentos de campo (Zarbin et al., 2004). Mais tarde, em 2007, a mistura racêmica contendo os 4 estereoisômeros de 5,9-dimetilpentadecano foi sintetizada a partir de citrionelol por Doan et al. (2007).

O padrão de produção de 5,9-dimetilpentadecano pelas fêmeas está relacionado ao fotoperíodo e à idade do adulto a partir da emergência da pupa (Lima et al., 2008). Análises realizadas em fêmeas virgens mostraram que as maiores quantidades de feromônio foram produzidas no período compreendido entre 4h antes e 2h após o amanhecer em fêmeas de 1 dia de idade.

Plantas hospedeiras liberam voláteis que influenciam o acasalamento e a oviposição dos lepidópteros e podem aumentar a biossíntese de feromônio sexual. No caso do BMC, os compostos voláteis liberados por *C. arabica* aumentam a taxa de acasalamento em 90%. Além disso, eles aceleram o início da cópula e aumentam a duração do acasalamento. A oviposição do BMC em *C. arabica* também foi maior do que em plantas não hospedeiras (Fonseca et al., 2013). Compostos voláteis de plantas que influenciam o comportamento dos adultos podem ser associados a outros semioquímicos para potencializar seu efeito de atração e captura do inseto.

Semioquímicos podem ser usados para manipular ou interromper os comportamentos naturais dos insetos com o objetivo de reduzir os níveis populacionais e diminuir danos nas plantações. A técnica de captura em massa oferece uma boa alternativa para grandes plantações. Em lavouras menores as abordagens de interrupção de acasalamento e “atrair e matar” são úteis.

Monitoramento

Nessa estratégia o número de insetos capturados informa o produtor sobre o nível de infestação no campo e a necessidade de aplicação do inseticida. O feromônio 5,9-dimetilpentadecano é indicado para o manejo integrado do BMC. O monitoramento do BMC pode ser feito instalando-se uma armadilha delta a cada 4 hectares (Ibarra, 2006; Lima, 2001). Em ambiente de viveiro, armadilhas contendo feromônio sexual de BMC foram

instaladas a 0,5 metro do solo e observou-se que o pico da captura masculina ocorre por volta do meio-dia. (Michereff et al, 2007).

Interrupção de acasalamento e captura em massa

As técnicas de interrupção do acasalamento são aquelas que comprometem os processos normais de acasalamento do inseto (Cardé; Minks, 1995; Lima, 2001). Casos bem-sucedidos têm sido relatados para lagarta das maçãs em macieiras, mariposa oriental em pessegueiros e nectarineiras, traça do tomate em legumes, lagarta rosa do algodão em algodoeiro e tortricídeos em vinhedos (Cardé; Minks, 1995). O manejo da lagarta do pinheiro foi realizado em áreas restritas utilizando feromônios como alternativa prática às pulverizações de inseticidas (Trematerra; Colacci, 2019).

Algumas estratégias de interrupção de acasalamento ainda estão em desenvolvimento (Frank et al., 2020; Lance et al., 2016; Lo Verde et al., 2020; Michaelakis et al., 2020; Thiéry et al., 2018), sendo a de BMC uma delas. A viabilidade da interrupção de acasalamento para reduzir as populações de BMC em cafeeiros em aplicações de feromônio sintético foi avaliada por armadilhas ou pelo nível de dano que o inseto causou às folhas. Os resultados mostraram fa técnica que pode ser atribuída a uma combinação de vários fatores práticos (Ambrogi, 2004; Madhu et al., 2019). No caso da estratégia de controle por confusão, acessórios como o tipo de dispensador (Benelli et al., 2019) ou aplicações aéreas (Régnière et al., 2019), pontos de liberação no campo e período de tratamento ainda precisam ser aperfeiçoados para o controle do BMC.

Outras alternativas de controle

Pesticidas botânicos

Os bioprodutos baseados em fontes vegetais apresentam vantagens notáveis em relação aos pesticidas químicos sintéticos convencionais: menor persistência no meio ambiente, menor toxicidade, maior eficácia, maior especificidade para organismos-alvo, redução dos custos de manejo de pragas e baixo risco toxicológico e ecotoxicológico para trabalhadores de campo, consumidores e meio ambiente (Isman, 2020b).

O uso e eficiência dos pesticidas naturais tem sido amplamente relatado na literatura, e além disso, recomendado por organizações internacionais como uma forma mais sustentável de controlar pragas (Ahmad et al., 2017; FAO, 2020; Gakuubi et al., 2016; Isman, 2020a; Tabassum; Vidyasagar, 2013). As matérias-primas vegetais para o desenvolvimento

de bioprodutos são obtidas a partir de cascas, folhas, raízes, flores, frutas, sementes, botões, rizomas, caules de plantas pertencentes a várias famílias botânicas. As substâncias derivadas do processamento de materiais são geralmente extratos vegetais, óleos essenciais ou ambos (Pinto et al., 2007). Pesticidas comercializados de plantas, como piretrum, neem e sabadilla, são alguns exemplos de bioprodutos de menor toxicidade para organismos não-alvos, como polinizadores e peixes (Dubey et al., 2010).

O efeito de extratos vegetais de *Toona ciliata*, *Trichilia casaretti*, *Trichilia pallida*, *Trichilia catigua*, *Chenopodium ambrosioides* e *Azadiracta indica* contra ovos, larvas e pupas de BMC foi avaliado em condições de laboratório. De acordo com os resultados, o extrato aquoso de *C. ambrosioides* e *T. casaretti* matou 50% dos ovos enquanto o de *T. ciliata* matou 45%. Além disso, pupas tratadas com extrato de *A. indica* apresentaram o maior índice de mortalidade (100%) seguidas por *T. pallida* (75%) e *C. Ambrosioides* (62%). Em relação a mortalidade das larvas, os extratos de *A. indica* e *T. pallida* foram os mais eficientes matando 70% das larvas, contra os 50% observados para *C. ambrosioides* (Fanela et al., 2020). Em outro estudo, folhas infestadas por BMC foram mergulhadas em extratos de *Achillea millefolium*, *Citrus limon*, *Glechoma hederacea*, *Malva sylvestris*, *Mangifera indica*, *Mentha spicata*, *Mirabilis jalapa*, *Musa sapientum*, *Ocimum basiculum*, *Petiveria alliaceae*, *Porophyllum ruderale*, *Psidium guajava*, *Rosmarinus officinalis*, *Roupala montana*, *Sambucus nigra* e *Tropaeolum majus*. O efeito desses tratamentos sobre a viabilidade das larvas foi observado (Alves et al., 2013).

Nanobioprodutos

Nanopesticidas são pesticidas “embalados” em nanopartículas ou nanoencapsulados. Esses nanossistemas são capazes de controlar ou inibir a proliferação de pragas e são compostos por materiais químicos e/ou biológicos.

Eles podem conter componentes bioativos (bioprodutos) e/ou agroquímicos (inseticidas sintéticos) e são capazes de controlar e inibir a proliferação de insetos nocivos e pragas. Óleos essenciais e extratos aquosos extraídos de plantas, biomoléculas extraídas de fungos e bactérias e substâncias de origem animal são exemplos de materiais naturais com atividade pesticida e devido à sua origem são chamados de bioprodutos. Sendo assim, a embalagem dos bioprodutos com nanopartículas gera os nanobioprodutos (Krishnamurthy, 2020). O encapsulamento contribui para a estabilidade, solubilidade, permeabilidade e especificidade e também promove a liberação dos biopesticidas de forma sustentável promovendo uma aplicação otimizada (Prasad et al., 2017).

O desenvolvimento de métodos de entrega em nanoescala por meio da combinação de bioprodutos e nanopartículas está sendo explorado para aumentar sua eficácia, contornando os impactos negativos tradicionalmente observados com o uso de produtos sintéticos para o controle de pragas (Koul, 2019). A nanotecnologia apresenta vantagens já que os nanomateriais apresentam maior razão entre área de superfície e volume quando comparados aos materiais em macroescala. Além disso, nanomateriais podem otimizar a estabilidade, especificidade, solubilidade e permeabilidade de diversos compostos bioativos (Prasad et al., 2017). Sendo assim, as aplicações dos nanomateriais na agricultura são diversas como pesticidas, fertilizantes, sensores e plataformas para entrega de genes (Duhan et al., 2017; Sathishkumar et al., 2019).

As nanoformulações agrícolas normalmente são baseadas em nanopartículas metálicas, poliméricas ou lipídicas, nanoemulsões e nanopartículas à base de carbono. Nanopartículas de prata (AgNPs) sintetizadas a partir de extrato de folhas de *Annona reticulata* mostraram atividade inseticida contra *Sitophilus oryzae*, um inseto que danifica grãos de arroz (Nishanthi et al., 2019). Nanoemulsões produzidas com óleo essencial de *Pimpinella anisum* apresentaram atividade contra *Tribolium castaneum* uma praga de grãos estocados (Hashem et al., 2018). Adicionalmente, nanopartículas lipídicas sólidas produzidas com óleo essencial de gerânio (*Pelargonium graveolens*) foram relatadas como um agente de controle da lagarta negra *Agrotis ipsilo* (Adel et al., 2019). Da mesma forma, nanocompostos de óxido de grafeno carregados com pesticidas (piridabeno, clorpirios e beta-ciflutrina) aumentaram a atividade acaricida contra o ácaro-aranha (Gong et al., 2019).

A combinação de bioprodutos e métodos de entrega em escala nano estão sendo explorados atualmente para aumentar a eficácia e diminuir as limitações dos métodos convencionais (Koul, 2019). Dessa forma, a utilização de nanopesticidas é promissora para o controle de BMC tendo em vista o uso já demonstrado de nanoformulações para o controle de outros insetos praga que causam danos a diversas culturas agrícolas. A aplicação de nanomateriais para o controle de *L. coffeella* na fase larval ou adulta por pulverização ou outras estratégias pode apresentar eficácia aumentada em relação a soluções atuais e diferentes parâmetros podem ser analisados com vistas à verificação de eficiência agrônômica dessas formulações em relação a outras alternativas, como: mortalidade larval, peso pupal, longevidade adulta e fecundidade.

Conclusões

Apesar do efeito negativo do BMC nas lavouras de café a biologia do inseto é interessante. O desenvolvimento de bioensaios e estratégias para controlar essa praga é um grande desafio devido a sofisticação de seu comportamento, já descrito como a quintessência da sensibilidade por George Wolcott em 1947 (Wolcott, 1947). Luz, umidade, temperatura e sombreamento são decisivos para o sucesso reprodutivo de BMC. Apesar de muitas exigências e preferências, essa praga monófaga tem sido devastadora em áreas produtoras subtropicais. Esse fato fez com que aumentasse a prática de pulverização com pesticidas sintéticos. Porém, há uma grande demanda pelo uso de defensivos mais amigáveis para o ambiente, para o trabalhador e para o consumidor. A disseminação do conceito de consumo consciente tem consequências diretas na cadeia produtiva do café, cuja produção é, em grande parte, exportada. Pesquisas têm sido feitas com o objetivo de desenvolver formas de controle menos tóxicas, mais específicas, duráveis e mais baratas (Castillo, 2016). Nesse sentido, alternativas biotecnológicas tem sido testadas. O desenvolvimento de cultivares resistentes é uma forte tendência, assim como estratégias envolvendo extratos vegetais combinados a nanopartículas e também semioquímicos.

A utilização de tecnologias modernas como a edição de genomas pode contornar limitações do melhoramento genético clássico e também da transgenia, promovendo modificações genéticas precisas e atenuando dificuldades com a desregulamentação de plantas geneticamente modificadas.

O café é uma das poucas espécies perenes beneficiadas por um protocolo validado de edição gênica para mutar *C. canephora* (Breitler et al., 2018). Resultados promissores usando extratos de plantas contra BMC motivaram a pesquisa para a inclusão dessa estratégia em um sistema mais robusto de Manejo Integrado de Pragas. Adicionalmente, estratégias verdes para controlar BMC devem considerar a relevância dos parasitoides, predadores e patógenos de insetos na mortalidade natural de BMC no campo.

A utilização dessas tecnologias deve compor um menu de soluções a serem usadas de forma ajustada para a obtenção dos melhores resultados.

Tabela 1. Principais espécies himenópteras parasitas de *Leucoptera* sp. presentes em cafezais.

Família	Espécies	País (a) % parasitismo (b)	Referência
Braconidae Encyrtidae Eulophidae	<i>Apanteles bordagei</i> <i>Ageniaspis</i> spp. <i>Cirrospilus variegatus</i> <i>Closterocerus ritchiei</i> (sin. <i>Achrysocharis ritchiei</i>) <i>Elasmus leucopterae</i> <i>Pediobius coffeicola</i>	(a) Tanzania (b) 20 - 75 %	(a) Tanzania (b) 20 - 75 %
Braconidae Encyrtidae Eulophidae	<i>Apanteles bordagei</i> <i>Parahormius</i> spp. <i>Ageniaspis</i> spp. <i>Closterocerus ritchiei</i> (sin. <i>Achrysocharis ritchiei</i>) <i>Zagrammosoma variegatum</i> <i>Pediobius coffeicola</i> <i>Elasmus</i> spp. <i>Chrysonotomyia</i> spp.	(a) Kenia (b) 17 - 32%	(Wanjala, 1978)
Braconidae Eulophidae	<i>Mirax insulatrix</i> <i>Achrysocharoides</i> spp. <i>Zagrammosoma</i> spp. <i>Cirrospiloideus</i> spp. <i>Horismenus</i> spp. <i>Chrysonotomyia</i> spp.	(a) Porto Rico (b) 19.5 - 23.5%	(Gallardo-Covas, 1988)
Braconidae Eulophidae	<i>Centistidea striata</i> <i>Orgilus niger</i> <i>Stiropius reticulatus</i> <i>Mirax</i> spp. <i>Closterocerus coffeellae</i> <i>Cirrospilus</i> spp. <i>Horismenus</i> spp. <i>Neochrysocharis coffeae</i> <i>Proacrias coffeae</i> <i>Tetrastichus</i> spp.	(a) Brasil (b) 8 - 44 %	(Parra et al., 1977) (Pereira et al., 2017) (Amaral et al., 2010)
Braconidae Eulophidae	<i>Allobracon</i> spp. <i>Stiropius letifer</i> <i>Cirrospilus</i> spp. <i>Closterocerus</i> spp. <i>Elachertus</i> spp. <i>Horismenus</i> spp. <i>Miotropis</i> spp. <i>Neochrysocharis</i> spp. <i>Pnigalio</i> spp. <i>Zagrammosoma</i> spp.	(a) Mexico (b) ≤ 10%	(Lomeli-Flores et al., 2009)
Eulophidae	<i>Zagrammosoma multilineatum</i> <i>Pnigalio sarasolai</i> <i>Closterocerus</i> spp. <i>Horismenus</i> spp. <i>Apleurotropis</i> spp.	(a) Colombia (b) 58 - 89 %	(David-Rueda et al., 2016)

Referências bibliográficas

ADEL, M. M.; SALEM, N. Y.; ABDEL-AZIZ, N. F.; IBRAHIM, S. S. Application of new nano pesticide Geranium oil loaded-solid lipid nanoparticles for control the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Hub.) (Lepi., Noctuidae). **EurAsian Journal of BioSciences**, v. 13, p. 1453-1461, 2019.

AHMAD, K. W.; FREED, S.; SHOUKAT, R. F. Efficacy o entomopathogenic fungi and botanicals on development of *Musca domestica*. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 2, p. 593-599, 2017.

ALVES, D. S.; OLIVEIRA, D. F.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, D. A.; SOUZA, L. P.; LASMAR, O. Selection o active plant extracts against the coffee lea miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 15, n. 3, p. 352-362, 2013.

AMARAL, D. S.; VENZON, M.; PALLINI, A.; LIMA, P. C.; DE SOUZA, O. Does vegetational diversification reduce coffee lea miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) attack? **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 543-548, 2010.

AMBROGI, B. G. **Viabilidade da técnica de confusão sexual de machos para o controle do bicho-mineiro do café *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). 2004.** 32 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

APARECIDO, L. E. de O.; ROLIM, G. de S. Models for simulating the frequency of pests and disease of *Coffea arabica* L. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, p. 1063-1084, 2020.

BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C. de; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M. de; ANDRADE, V. T.; BARBOSA, C. R. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1404-1411, 2010.

BENELLI, G.; LUCCHI, A.; THOMSON, D.; IORIATTI, C. Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: challenges for a brighter future. **Insects**, v. 10, n. 10, 308, 2019.

BIGGER, M. An investigation by Fourier analysis into the interaction between coffee lea-miners and their larval parasites. **Journal of Animal Ecology**, v. 42, n. 2, p. 417-434, 1973.

BOX, H. E. The bionomics of the white coffee-leaf miner, *coffeella*, Guér. in Kenya Colony. (Lepidoptera, Lyonetidae.). **Bulletin of Entomological Research**, v. 14, n. 2, p. 133-145, 1923.

BREITLER, J.-C.; DECHAMP, E.; CAMPA, C., ZEBRAL RODRIGUES, L.; GUYOT, R.; MARRACCINI, P.; ETIENNE, H. CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis has the potential to accelerate the domestication of *Coffea canephora*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 134, n. 3, p. 383-394, 2018.

CARDÉ, R. T.; MINKS, A. K. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. **Annual Review of Entomology**, v. 40, n. 1, p. 559-585, 1995.

CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2008.

CASTILLO, G. **O bicho-mineiro e os métodos de controle dessa praga tão devastadora**. Lavras: Universidade Federal de Lavras-3rlab, 2016. Disponível em: <https://www.3rlab.com.br/2016/06/01/o-bicho-mineiro-e-os-metodos-de-controle-dessa-praga-tao-devastadora/>. Acesso em: dez. 2020.

CECAFÉ. **Relatório mensal setembro 2020 - Conselho dos Exportadores de Café do Brasil**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_SETEMBRO_2020.pdf>. Acesso em: 21 out. 2020.

CONCAFE. **Produção dos cafés do Brasil atinge 61,62 milhões de sacas de 60kg em 2020**, volume 25% maior que 2019. Disponível em: <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1023-2020-09-29-15-22-05>>. Acesso em: 21 out. 2020.

CONCEIÇÃO, C. H. C.; GUERREIRO-FILHO, O.; GONÇALVES, W. Flutuação populacional do bicho-mineiro em cultivares de café arábica resistentes à ferrugem. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 625-631, 2005.

CONSTANTINO C., L. M.; FLORES, J. C. V.; BENAVIDES, P. M.; BACCA, R. T. I. **Minador de las hojas del cafeto: una plaga potencial por efectos del cambio climático**. Chinchiná (Caldas): Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/330>>. Acesso em: 20 out. 2020.

COSTA, J. N. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; ROCHA, R. B.; FERNANDES, C. de F. **Informações para facilitar a identificação das diferentes fases do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) em campo**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2012. 4 p.

DAVID-RUEDA, G.; CONSTANTINO, C. L. M.; MONTOYA, E. C.; ORTEGA, M. O. E.; GIL, Z. N.; BENAVIDES-MACHADO, P. Diagnóstico de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 42, p. 4-11, 2016.

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; BAPTISTA, G. C. de; TREVIZAN, L. R. P.; HADDAD, M. L.; NAVA, D. E. Resíduos de tiametoxam, aldicarbe e de seus metabólitos em folhas de cafeeiro e efeito no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 257-263, 2006.

DOAN, N. N.; LE, T. N.; NGUYEN, H. C.; HANSEN, P. E.; DUUS, F. Ultrasound assisted synthesis of 5,9-Dimethylpentadecane and 5,9-Dimethylhexadecane – the sex pheromones of *Leucoptera coffeella*. **Molecules**, v. 12, n. 8, p. 2080-2088, 2007.

DRAGANOVA, S. A.; TOMOV; R. I. Virulence of a strain *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hyphomycetes, Deuteromycotina) against larvae of *Leucoptera malifoliella* Costa (Lepidoptera, Lyonetiidae). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 4, p. 435-439, 1998.

DUBEY, N. K.; SHUKLA, R.; KUMAR, A.; SINGH, P.; PRAKASH, B. Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture. **Current Science**, v. 98, n. 4, p. 479-480, 2010.

DUHAN, J. S.; KUMAR, R.; KUMAR, N.; KAUR, P.; NEHRA, K.; DUHAN, S. Nanotechnology: the new perspective in precision agriculture. **Biotechnology Reports (Amsterdam, Netherlands)**, v. 15, p. 11-23, 2017.

FANELA, T. L. M.; BENTIVENHA, J. P. F.; BALDIN, E. L. L.; SANTANA, A. S. Assessing potential plants extracts to reduce *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) attack in coffee. **Coffee Science**, v. 15, e151653, 2020.

FAO. Biopesticides for locust control | FAO Stories | **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1267098/>>. Acesso em: 21 out. 2020.

FERNANDES, F. L.; MANTOVANI, E. C.; BONFIM NETO, H.; NUNES, V. de V. Efeitos de variáveis ambientais, irrigação e vespas predadoras sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) no cafeeiro. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 3, p. 410-417, 2009.

FONSECA, M. das G.; ARAÚJO, A. P. A.; RESENDE, T. T. de; LIMA, E. Influence of host plant on reproductive behavior of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Coffee Science**, v. 1, p. 101-108, 2013.

FRAGOSO, D. B.; GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C.; ZAMBOLIM, L. Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, n. 3, p. 203-212, 2002.

FRANCKE, W.; TOTH, M.; SZÖCS, G.; KRIEG, W.; ERNST, H.; BUSCHMANN, E. Identification and synthesis of dimethylalkanes as sex attractants of female leaf minor moths. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 43, n. 9-10, p. 787-789, 1988.

FRANK, D. L.; STARCHER, S.; CHANDRAN, R. S. Comparison of mating disruption and insecticide application for control of peachtree borer and lesser peachtree borer (Lepidoptera: Sesiidae) in peach. **Insects**, v. 11, n. 10, 658, 2020.

GAKUUBI, M. M.; WAGACHA, J. M.; DOSSAGI, S. F.; WANZALA, W. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Tagetes minuta* (Asteraceae) against selected plant pathogenic bacteria. **International Journal of Microbiology**, v. 2016, article 7352509, 2016.

GALLARDO-COVAS, F. Faunal survey of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*, parasitoids in Puerto Rico. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 72, n. 2, p. 255-263, 1988a.

GALLARDO-COVAS, F. Distribution of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*, and its parasitoids in the canopy of coffee, *Coffea arabica* in Puerto Rico. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 72, n. 1, p. 141-146, 1988b.

GALLARDO-COVAS, F. Augmentation of *Mirax* insularism Muesebeck: alternative or population control of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville, in Puerto Rico. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 76, n. 2, p. 43-54, 1992.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: CERES, 1988.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENGO, J. A.; GONÇALVES, R. R. do V. Risk analysis o climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 187-194, 2008.

GIRALDO-JARAMILLO, M.; POSTALI PARRA, J. R. Aspectos biológicos de *Leucoptera coffeella* Guérin Mèneville 1842 Lepidoptera : Lyonetiidae en coffee arabica en condiciones de laboratorio. **Revista Cenicafé**, v. 68, n. 2, p. 20-27, 2017.

GREEN, G. A proposed origin o the coffee lea-miner, *Leucoptera coffeella* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera:Lyonetiidae). **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 30, n. 1, p. 30-31, 1984.

GUÉRIN-MÉNEVILLE, F.-E.; FÉLIX, E.; PERROTTET, G. S.; SAMUEL, G. **Mémoire sur un insecte et un champignon qui ravagent les cafiers aux Antilles [1842]**. Mme Ve Bouchard-Huzard, 1842.

GUERREIRO FILHO, O. Coffee lea miner resistance. **Brazilian Journal o Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 109-117, 2006.

GUERREIRO FILHO, O.; MAZZAFERA, P. Caffeine does not protect coffee against the leaf miner *Perileucoptera coffeella*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, p. 1447-1464, 2000.

GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A. Fontes de resistência ao bicho-mineiro, *Perileucoptera coffeella*, em *Coffea* spp. **Bragantia**, v. 50, n. 1, p. 45-55, 1991.

HASHEM, A. S.; AWADALLA, S.; ZAYED, G.; MAGGI, F.; BENELLI, G. Pimpinella anisum essential oil nanoemulsions against *Tribolium castaneum*-insecticidal activity and mode of action. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 25, n. 19, p. 18802-18812, 2018.

IBARRA, R. T. L. B. Monitoring of *Leucoptera coffeella* with sexual pheromone traps. 2006. 101 f. Tese (Doutorado em Ciência Entomológica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, v. 19, p. 235-241, 2020a.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century-fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 233-249, 2020b.

IVERSON, A. L.; GONTHIER, D. J.; PARK, D.; ENNIS, K. K.; BURNHAM, R. J.; PERFECTO, I.; RAMOS RODRIGUEZ, M.; VANDERMEER, J. J. A multi-functional approach for achieving simultaneous biodiversity conservation and armer livelihood in coffee agroecosystems. **Biological Conservation**, v. 238, p. 108-179, 2019.

JARAMILLO, J.; MUCHUGU, E.; VEGA, F. E.; DAVIS, A.; BORGEMEISTER, C.; CHABI-OLAYE. Some like it hot: the influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. **PLoS One**, v. 6, n. 9, e24528, 2011.

KATIYAR, K. P.; FERRER, F. Rearing technique, biology and sterilization of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* Guer. (Lepidoptera: Lyonetiidae). In: SYMPOSIUM ON THE USE OF ISOTOPES AND RADIATION IN ENTOMOLOGY, 1967, Vienna. [**Proceedings...**]. Vienna: IAEA, 1968. p. 165-173.

KOUL, O. **Nano-biopesticides today and future perspectives**. London: Academic Press, 2019.

KRISHNAMURTHY, S.; VEERASAMY, M.; KARRUPPAYA, G. A Review on plant sources for nano biopesticide production. **Letters in Applied Nano-BioScience**, v. 9, n. 3, p. 1348-1358, 2020.

KUWAHARA, S.; LIANG, T.; LEAL, W. S.; ISHIKARA, J.; KODAMA, O. Synthesis of all four possible stereoisomers of 5,9-dimethylpentadecane, the major sex pheromone component of the coffee leaf miner moth, *Perileucoptera coffeella*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 64, n. 12, p. 2723-2726, 2000.

LANCE, D. R.; LEONARD, D.; MASTRO, V.; WALTERS, M. Mating disruption as a suppression tactic in programs targeting regulated lepidopteran pests in US. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n. 7, p. 590-605, 2016.

LEITE, S. A.; DOS SANTOS, M. P.; RESENDE-SILVA, G. A.; DA COSTA, D. R.; MOREIRA, A. A.; LEMOS, O. L.; GUEDES, R. N. C.; CASTELLANI, M. A. Area-wide survey of Chlorantraniliprole resistance and control failure likelihood of the neotropical coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae).

Journal of Economic Entomology, v. 113, n. 3, p. 1399-1410, 2020.

LEROY, T.; HENRY, A.-M.; ROYER, M.; ALTOSAAR, I.; FRUTOS, R.; DURIS, D.; PHILIPPE, R. Genetically modified coffee plants expressing the *Bacillus thuringiensis* cry1Ac gene for resistance to leaf miner. **Plant Cell Reports**, v. 19, p. 382-389, 2000.

LIMA, E. R. de. **Feromônio sexual do bicho-mineiro do café, *Leucoptera coffeella*: avaliação para uso em programas de manejo integrado**. 2001. 71 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, MG.

LIMA, E. R.; VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C.; ATAIDE, L. M. S. Age and time related pheromone production in coffee leafminer *Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, n. 8, p. 1659-1662, 2008.

LO VERDE, G.; GUARINO, S.; BARONE, S.; RIZZO, R. Can mating disruption be a possible route to control plum fruit moth in Mediterranean environments? **Insects**, v. 11, n. 9, p. 589, 2020.

LOMELI-FLORES, J. R.; BARRERA, J. F.; BERNAL, J. S. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, Mexico. **Biological Control**, v. 51, n. 1, p. 51-60, 2009.

MADHU, T. N.; SHAH, V. K.; PRABHULINGA, T.; CHAKRAVARTHY, A. K.; ASHOK KUMAR, C. T. Optimization of pheromone trap densities and impact of insecticides on pheromone catches for mass trapping *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) in chickpea. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 2, p. 78-84, 2019.

MALO, E.; ROJAS, J.; LOPEZ-GUILLEN, G.; BARRERA, J. Chemical analysis of female volatiles and field response of the Coffee Leafminer Moth (Lepidoptera: Lyonetiidae) to stereoisomers of its major sex pheromone component. **The Florida Entomologist**, v. 92, n. 4, p. 548-553, 2009.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; SILVA, M. B. da; FERREIRA, I. B.; CAR-VALHO, C. H. S. **Siriema AS1, cultivar de cafeeiro com resistência à ferugem e ao bicho-mineiro**. UFV, 2014.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; SILVA, M. B. da; FERREIRA, I. B.; CARVALHO, C. H. S. de. **Siriema VC 4, cultivar clonal de cafeeiros com resistência múltipla, à ferrugem e ao bicho-mineiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 41., 2015, Poços de Caldas. Com mais tecnologia, o melhor café se aprecia: trabalhos apresentados. Varginha: Fundação Procafé, 2015.

MEDEIROS, H. R.; GRANDINETE, Y. C.; MANNING, P.; HARPER, K. A.; CUTLER, G. C.; TYEDMERS, P.; RIGHI, C. A.; RIBEIRO, M. C. Forest cover enhances natural enemy diversity and biological control services in Brazilian sun coffee plantations. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 39, n. 6, 2019.

MEDINA, D. M. Microsporogênese em um híbrido tri-plóide de *Coffea racemosa* Lour. x *C. arábica* L. **Bragantia**, v. 22, p. 299-318, 1963.

MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C. Melhoramento do cafeeiro: XXXVII: observações sobre a resistência do cafeeiro ao bicho-mineiro. **Bragantia**, v. 36, n. 1, p. 131-137, 1977.

MELO, T. L.; RAETANO, C. G.; NERY, M. S.; CARDOSO, A. D.; MOREIRA, A. A.; LEITE, S. A.; DE JESUS, T. F.; SILVA, W. G. O.; CASTELLANI, M. A. Management of coffee leaf miner: spray volume, efficacy of cartap hydrochloride and impact on parasitism. **Coffee Science**, v. 14, n. 2, p. 250-260, 2019.

MEY, W. Taxonomische bearbeitung der westpaläarktischen Arten der Gattung *Leucoptera Hübner*, '1825', s. 1. (Lepidoptera, Lyonetiidae) 'taxonomic revision of the westpalaeartic species of the genus *Leucoptera Hübner*, "1825", s. 1. (Lepidoptera, Lyonetiidae)'. **Deutsche Entomologische Zeitschrift**, v. 41, n. 1, p. 173-234, 1994.

MICHAELAKIS, A.; ANASTASAKI, E.; MILONAS, P. G.; PAPACHRISTOS, D. P.; KONTODIMAS, D.; PONTIKAKOS, C. M.; RAPTOPOULOS, D. G.; BABILIS, N. A.; KONSTANTOPOULOU, M. A. Efficacy of communication disruption of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) with low pheromone formulation. **Hellenic Plant Protection Journal**, v. 13, n. 1, p. 42-53, 2020.

MICHEREFF, M. F. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E. F. Comportamento de acasalamento do bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v.

36, n. 3, p. 376-382, 2007.

MISHRA, M. K.; SLATER, A. Recent advances in the genetic transformation of coffee. **Biotechnology Research International**, v. 2012, Id. 580857, 2012.

NISHANTHI, R.; MALATHI, S.; JOHN PAUL, S.; PALANI, P. Green synthesis and characterization of bioinspired silver, gold and platinum nanoparticles and evaluation of their synergistic antibacterial activity after combining with different classes of antibiotics. **Materials Science and Engineering: C**, v. 96, p. 693-707, 2019.

PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. de A; FEY, R.; PALUMBO, G. R.; ALVES, T. C. Avaliação da silagem de bagaço de laranja e silagem de milho em diferentes períodos de armazenamento. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 29, n. 4, p. 371-377, 2007.

NEVES, M. F. **Análise dos benefícios econômicos e sociais da utilização do carbofurano no controle de nematoides, bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) e cigarra do cafeeiro (*Quesada gigas* e *Fidicina pronoe*) na cultura do café**. University of Sao Paulo, 2016.

NIELSEN, C. D. of. **The insects of Australia**: a textbook for students and research workers. Carlton, VIC: Melbourne Univ. Press, 1991.

NOTLEY, F. B. The *Leucoptera* leaf miners of coffee on Kilimanjaro; *Leucoptera coffeella*, Guér. **Bulletin of Entomological Research**, v. 39, n. 3, p. 399-416, 1948.

PANTOJA-GOMEZ, L. M.; CORRÊA, A. S.; OLIVEIRA, L. O. de; GUEDES, R. N. C. Common origin of Brazilian and Colombian populations of the neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 924-931, 2019.

PARRA, J. R. P.; GONÇALVES, W.; GRAVENA, S.; MARCONATO, A. R. Parasitos e predadores do bicho-mineiro do cafeeiro Peri *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842) em São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 6, p. 138-143, 1977.

PARRA, J. R. P.; GONÇALVES, W.; PRECETTI, A. A. C. M. Flutuação populacional de parasitos e predadores de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842) em três localidades do estado de São Paulo. **Turrialba**, v. 31, p.

357-364, 1981.

PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SILVA, E. M.; FERNANDES, F. L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 5, p. 441-455, 2007.

PERTHUIS, B.; PRADON, J.; MONTAGNON, C.; DUFOUR, M.; LEROY, T. Stable resistance against the leaf miner *Leucoptera coffeella* expressed by genetically transformed *Coffea canephora* in a pluriannual field experiment in French Guiana. **Euphytica**, v. 144, p. 321-329, 2005.

PERTHUIS, B.; VASSAL, J.-M.; FENOUILLET, C.; LEROY, T. Cry1Ac insecticidal protein levels in genetically modified *Coffea canephora* Pierre coffee plants were negatively correlated with the growth speed in a field experiment. **Euphytica**, v. 202, p. 373-383, 2015.

PICANÇO, M. C.; OLIVEIRA, I. R. de; FERNANDES, F. L.; MARTINEZ, H. E. P.; BACCI, L.; SILVA, E. M. da. Ecology of Vespidae (Hymenoptera) Predators in *coffea arabica* plantations. **Sociobiology**, v. 59, p. 1269-1280, 2012.

PRASAD, R.; BHATTACHARYYA, A.; NGUYEN, Q. D. Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, article 1014, 2017.

RÉGNIÈRE, J.; DELISLE, J.; DUPONT, A.; TRUDEL, R. The impact of moth migration on apparent fecundity overwhelms mating disruption as a method to manage spruce budworm populations. **Forests**, v. 10, n. 9, p. 775, 2019.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de; VENZON, M. Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. Informe Agropecuário, v. 23, p. 201-215, 2002.

SABINO, P. H. S.; DOS REIS JÚNIOR, F. A.; CARVALHO, G. A.; MANTOVANI, J. R. Nitrogen fertilizers and occurrence of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville Et Perrotet) in transplanted coffee seedlings. **Coffee Science**, v. 13, n. 3, p. 410-414, 2018.

SATHISHKUMAR, R. S.; SUNDARAMANICKAM, A.; SRINATH, R.; RAMESH, T.; SARANYA, K.; MEENA, M.; SURYA, P. Green synthesis of silver nanoparticles by bloom forming marine microalgae *Trichodesmium erythraeum* and its applications in antioxidant, drug-resistant bacteria, and cytotoxicity activity. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 23, n. 8, p. 1180-1191, 2019.

SHAHBANDEH, M. **Top coffee producing countries 2018**. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/277137/world-coffee-production-by-leading-countries/>>. Acesso em: 21 out. 2020.

SILVESTRI, F. **Compendio di entomologica applicata**: agraria, forestale, médica, veterinaria. Portici: Tipografia Bellavista, 1943.

SOUTO, L. A. **Ocorrência de *Leucoptera coffeella* e detecção da presença de minas comparando amostragem convencional e amostragem por fotogrametria terrestre**. 2019. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

SOUZA, J. C. de. **Café: controle do bicho-mineiro precisa ser feito a partir de agora para garantir grande safra em 2018**. Disponível em: </noticias/cafe/187850-cafe-controlado-bicho-mineiro-precisa-ser-feito-a-partir-de-agora-para-garantir-grande-safra-em-2018.html>. Acesso em: 12 jun. 2018.

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R.; RIGITANO, R. L. de O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A. I. Eficiência de thiamethoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro. II - Influência na época de aplicação via irrigação por gotejamento. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 150-155, 2006.

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R.; RIGITANO, R. L. de O. **Bicho-mineiro do cafeeiro: biologia, danos e manejo integrado**. 2. ed. rev. aum. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 54).

THEODORO, V. C. de A.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. Infestação por bicho-mineiro e teores foliares de açúcares solúveis totais e proteína em cafeeiros orgânicos. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 300-311, 2014.

THIÉRY, D.; LOUÂPRE, P.; MUNERET, L.; RUSCH, A.; SENTENAC, G.; VOGELWEITH, F.; ILTIS, C.; MOREAU, J. Biological protection against grape berry moths: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 2, p. 15, 2018.

TREMATERRA, P.; COLACCI, M. Recent advances in management by pheromones of thaumetopoea moths in urban parks and woodland recreational areas. **Insects**, v. 10, n. 11, 395, 2019.

VASCONCELOS, G. de C. **Identificação da praga bicho-mineiro em plantações de café usando imagens aéreas e Deep Learning**. 2019. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) - Uni-

versidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

VEGA, F.; POSADA, F.; INFANTE, F. Coffee insects: ecology and control. In: **Encyclopedia of pest management**. [s.l.]: Taylor & Francis, 2006. p. 1-4.

TABASSUM, N.; VIDYASAGAR, G. M. Antifungal investigations on plant essential oils: a review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 5, p. 19-28, 2013.

VILLACORTA, A. Ovicidal activity of *Metarhizium anisopliae* isolate, CM-14 on the coffee leaf miner. *Perileuoptera coffeella* (Lep.: Lyonetiidae). **Entomophaga**, v. 28, n. 2, p. 179-184, 1983.

VILLALTA-VILLALOBOS, J.; GATICA-ARIAS, A. A look back in time: genetic improvement of coffee through the application of biotechnology. **Agronomía Mesoamericana**, v. 30, n. 2, p. 577-599, 2019.

GONG, X.; LIU, Y.; WANG, Y.; XIE, Z.; DONG, Q.; DONG, M.; LIU, H.; SHAO, Q.; LU, N.; MURUGADOSS, V.; DING, T.; GUO, Z. Amino graphene oxide/dopamine modified aramid fibers: preparation, epoxy nanocomposites and property analysis. **Polymer**, v. 168, p. 131-137, 2019.

WANJALA, F. M. E. Relative abundance and within canopy distribution of the parasites of the coffee leafminer, *Leucoptera meyricki* [Lep.: Lyonetiidae] in Kenya. **Entomophaga**, v. 23, n. 1, p. 57-62, 1978.

WOLCOTT, G. N. A quintessence of sensitivity: the coffee leaf-miner. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 31, n. 3, p. 215-219, 1947.

ZARBIN, P. H.; PRINCIVAL, J.; DE LIMA, E.; DOS SANTOS, A. A.; AMBROGIO, B.; DE OLIVEIRA, A. R. M. Unsymmetrical double Wittig olefination on the syntheses of insect pheromones. Part 1: Synthesis of 5,9-dimethylpentadecane, the sexual pheromone of *Leucoptera coffeella*. **Tetrahedron Letters**, v. 45, n. 2, p. 239-241, 2004.



*Recursos Genéticos e
Biotecnologia*

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL