



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

TATIANE LOBAK

**BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA E DE INSETICIDAS  
SINTÉTICOS SOBRE A BROCA-DO-CAFÉ, *Hypothenemus  
hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE), EM LABORATÓRIO**

---

Londrina  
2016

TATIANE LOBAK

**BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA E DE INSETICIDAS  
SINTÉTICOS SOBRE A BROCA-DO-CAFÉ,  
*Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867)  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE), EM LABORATÓRIO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como pré-requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Amarildo Pasini

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup> Ana Maria Meneguim

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Lobak, Tatiane .

Bioatividade da azadiractina e de inseticidas sintéticos sobre a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE), em laboratório / Tatiane Lobak. - Londrina, 2016.  
64 f. : il.

Orientador: Amarildo Pasini.

Coorientador: Ana Maria Meneguim.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Doenças e pragas - Teses. 2. Broca-do-café - Teses. 3. Inseticidas sintéticos - Teses. I. Pasini, Amarildo. II. Meneguim, Ana Maria. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

TATIANE LOBAK

**BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA E DE INSETICIDAS  
SINTÉTICOS SOBRE A BROCA-DO-CAFÉ, *Hypothenemus  
hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE),  
EM LABORATÓRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como pré-requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador Prof. Dr. Amarildo Pasini  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Samuel Roggia  
Empresa Brasileira de Pesquisa  
Agropecuária - EMBRAPA Soja

Londrina, 19 de fevereiro de 2016.

“A minha família, aos meus amigos e a todas as pessoas que acreditaram em meu potencial e me ofereceram palavras de incentivos”.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente eu agradeço a DEUS por guiar meus passos e me abençoar com experiências e pessoas incríveis. E so peço que continue iluminando meu caminho e abençoando a minha vida e de todos que me cercam.

Quero agradecer minha família, em especial meu irmão que em muitos momentos me apoiou e foi meu suporte nas decisões o qual deveria tomar.

Ao professor Dr. Amarildo Pasini pela orientação, ensinamentos e amizade dedicada a minha pessoa e pela oportunidade de realizar este trabalho contribuindo com a minha formação.

A Doutora Ana Maria Meneguim, pela oportunidade de realizar este trabalho no Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) contribuindo com a minha formação e por suas contribuições na construção e condução deste estudo.

Aos membros e estagiários do Laboratório de Manejo Ecológico de Pragas do IAPAR que contribuíram para a realização deste trabalho de dissertação de mestrado. Em especial, agradeço por toda ajuda e apoio nas atividades oferecido por: Aline Pissinati, Edilene, Diogo Shimizu e Vinícius Marques.

A todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho de dissertação de mestrado.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Amarildo Pasini, Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto e Dr. Samuel Roggia e aos suplentes, Dr. Emerson D. Machado de Oliveira e Prof. Dr. Pedro Manuel O. Janeiro Neves pelas contribuições oferecidas na construção deste trabalho.

As empresas de agroquímicos, Du Pont do Brasil S.A, Dow Agrosiences Industrial LTDA, Parry America Inc e Sipcam Agro S/A e pela disponibilização dos inseticidas utilizados no presente trabalho.

Ao Engenheiro agrônomo Marcelo Raposo por lançar o desafio sobre o modo de ação da azadiractina no controle da broca-do-café.

A Universidade Estadual de Londrina (UEL) juntamente com todos os professores do curso de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de concretizar um sonho que é minha titulação em Mestre em Engenharia Agrônômica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado no âmbito do programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

A todos os amigos e colegas que conheci durante o curso de Pós-graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Londrina.

A todos os meus amigos, estando longe ou perto são especiais na minha vida.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

LOBAK, TATIANE. **Bioatividade da azadiractina e de inseticidas sintéticos sobre a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE), em laboratório.** 2016. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## RESUMO

A broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), é praga limitante à produtividade e a qualidade dos grãos. Com a proibição do uso do endossulfam, para seu controle, em 2013, novas alternativas devem ser pesquisadas, visto que atualmente tem se seis princípios ativos registrados no Brasil, incluindo a azadiractina. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a bioatividade da azadiractina e de inseticidas sintéticos sobre a broca-do-café, em condições de laboratório. Para tanto, foram realizados dois bioensaios, com diferentes concentrações da azadiractina sobre *H. hampei*. No primeiro, foram ofertados aos adultos, frutos de cafeeiro (*Coffea arabica*) submetidos a pulverização dirigida em torre de Potter, com seis concentrações de azadiractina e uma testemunha. Avaliou-se o número de frutos broqueados e a mortalidade da praga. No segundo, a azadiractina em diferentes concentrações foi incorporada na dieta artificial da broca-do-café. Foram quantificados todos os estágios biológicos. Foram realizados três bioensaios para avaliar a bioatividade dos inseticidas sintéticos, ciantraniliprole, clorantraniliprole, clorpirifós e etofenproxi, e de azadiractina. No primeiro, foram liberadas 10 fêmeas no interior de uma caixa tipo Gerbox<sup>®</sup>, contendo duas folhas de café tratadas por imersão, com os produtos. Foi avaliada a mortalidade após 1, 3, 7 e 10 dias após a infestação. No segundo bioensaio, foram ofertados aos adultos, frutos de café, submetidos à pulverização dirigida em Torre de Potter, com os inseticidas referidos e com água (testemunha). A mortalidade e o número de frutos broqueados foram avaliados após 1, 5 e 7 dias da pulverização. No último bioensaio, foi realizada a pulverização direta sobre a broca-do-café, em torre de Potter com os respectivos inseticidas. A mortalidade foi avaliada após 1, 3, 7 e 10 dias da pulverização. Foi constatada baixa mortalidade da broca-do-café submetida aos frutos tratados com diferentes concentrações de azadiractina. Não houve variação significativa na porcentagem de frutos broqueados, quando tratados com todos os inseticidas. No entanto, a pulverização sobre a broca-do-café, com os inseticidas azadiractina, ciantraniliprole e clorpirifós, provoca a mortalidade da praga. A azadiractina, adicionada na dieta da broca-do-café, reduz a oviposição e o número de larvas de *H. hampei*, após 15 dias da infestação. A concentração de 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina reduziu em 86% a fase de larva, após 45 dias da infestação. O ciclo completo de *H. hampei* foi observado somente na dieta com 6 e 18 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina e, na testemunha. A azadiractina afeta negativamente a biologia de *H. hampei*, apresentando potencial de redução populacional da praga.

**Palavras-chave:** Ciantraniliprole. Clorantraniliprole. Clorpirifós. *Coffea arabica*. Dieta artificial. Etofenproxi.

LOBAK, TATIANE. **Bioactivity of azadirachtin and synthetic insecticides on the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE), in the laboratory.** 2016. 64p. Dissertation (Master Science in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2016.

## ABSTRACT

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), is the coffee pest responsible for limiting yields and quality of the beans. With the prohibition of the pesticide endosulfan usage to control *Hypothenemus hampei* in 2013, new alternatives should be searched. Currently, there are five active ingredients registered in Brazil, including the azadirachtin. Thus, the objective of this study was to evaluate the bioactivity of azadirachtin and synthetic insecticides on the coffee berry borer in the laboratory. For this, two bioassays were performed with different concentrations of azadirachtin on *H. hampei*. In the first bioassay, it was offered fruits of coffee (*Coffea arabica*), treated with spraying at Potter tower with six concentrations of azadirachtin, to adults. The control received an application of distilled water. We assessed the number of damaged fruits and the mortality of the coffee berry borer. In the second bioassay, different concentrations of azadirachtin were incorporated to *H. hampei* artificial diet. All biological stages were quantified. Were conducted three bioassays to assess the bioactivity of the synthetic insecticides: chlorantraniliprole, chlorpyrifos, cyantraniliprole and etofenprox. In the first bioassay, ten females were released in the box (Gerbox<sup>®</sup>), containing two coffee leaves, which were treated by immersion in a solution of synthetic insecticides and azadirachtin. The mortality rate was evaluated 1, 3, 7 and 10 days after infestation. In the second bioassay, were offered to adults fruits of coffee treated by spraying at Potter tower with synthetic insecticides, azadirachtin and distilled water. The mortality rate and the number of damaged fruits were evaluated 1, 5 and 7 days after spraying. In the last bioassay, direct sprays application on the coffee berry borer were done using a Potter tower with the former mentioned insecticides. The mortality was evaluated 1, 3, 7 and 10 days after spraying. The lowest mortality rate was observed when fruits were treated with different concentrations of azadirachtin. There was no significant variation in the percentage of damaged fruits treated with all insecticides. However, spraying on the coffee berry borer with azadirachtin, chlorpyrifos and cyantraniliprole causes pest mortality. Azadirachtin incorporated to *H. hampei* artificial diet reduced oviposition and the number of *H. hampei* larvae at 15<sup>th</sup> day after infestation. The concentrations of 108 (mg L<sup>-1</sup>) reduced in 86% the larval stages after the 45<sup>th</sup> day after infestation. The full life cycle of *H. hampei* was observed in concentrations of 6 and 18 (mg L<sup>-1</sup>) at azadirachtin incorporated to *H. hampei* artificial diet, and in a diet without azadirachtin. The azadirachtin reduced reproduction and extended the life cycle of *H. hampei*. The azadirachtin affects negatively the biology of *H. hampei*, in this way presents potential pest population reduction.

**Keywords:** Artificial diet. Chlorantraniliprole. Chlorpyrifos. *Coffea arabica* Cyantraniliprole. Etofenprox.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** – Estágios de desenvolvimento de *H. hampei*: ovos (A); larva (B); pupa (C); fêmea adulta (D); pupa com escurecimento das partes bucais e asas (E); fêmea adulta recém emergida (F); macho recém emergido coloração amarelo-palha (G) e; adulto recém emergido com coloração marrom (H).....23
- Figura 3.2** – Solução à base de azadiractina (A); Dieta artificial da broca-do-café sendo misturada com a solução à base de azadiractina (B); Distribuição da dieta incorporada com azadiractina nas bandejas (C); Pupa de *H. hampei* (D); Recipientes contendo as porções de dieta incorporada com azadiractina (E); Placa de Petri contendo a dieta incorporada com azadiractina, o qual foi infestada com 100 pupas fêmeas e com 20 machos de *H. hampei* (F); Os tratamentos foram mantidos em condições controladas (G) e; Recipiente contendo uma porção de dieta incorporada com azadiractina e infestada com uma fêmea de *H. hampei* (H).....33
- Figura 4.1** – Percentagem de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adultos) de *H. hampei*, em relação a progênie total, obtidos em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até os 45 dias após a infestação. Londrina, PR. Valores (721; 671; 554; 438; 415 e 251) são referentes a progênie total obtida, que é a soma total do número de descendentes obtidos em cada tratamento.....47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Ingrediente ativo, grupo químico, produto comercial, concentração do ingrediente ativo (i.a), dose do produto comercial registrada e concentração do ingrediente ativo usada no bioensaio. Londrina, PR .....31
- Tabela 4.1** – Mortalidade acumulada ( $\pm$  EP) de *H. hampei* exposta a frutos de café submetidos a pulverização dirigida em torre de Potter, com diferentes concentrações de azadiractina. Londrina, PR .....39
- Tabela 4.2** – Percentagem acumulada ( $\pm$  EP) de frutos broqueados pela broca-do-café (*H. hampei*) após a pulverização dirigida em torre de Potter, com diferentes concentrações de azadiractina. Londrina, PR .....40
- Tabela 4.3** – Média ( $\pm$  EP) do número de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo e larva) de *H. hampei* e progênie total obtida, em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até 15 dias após a infestação. Temperatura:  $24,4 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$ , UR:  $47,1 \pm 3,44\%$ , ausência de luz). Londrina, PR.....42
- Tabela 4.4** – Média ( $\pm$  EP) do número de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva e pupa) de *H. hampei* e progênie total obtida, em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até 30 dias após a infestação. Temperatura:  $25,5 \pm 0,51^{\circ}\text{C}$ , UR:  $54,6 \pm 2,43\%$ , ausência de luz. Londrina, PR.....43
- Tabela 4.5** – Média ( $\pm$  EP) do número de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adultos) de *H. hampei* e progênie total obtida, em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até 45 dias após a infestação. Temperatura:  $26,3 \pm 0,51^{\circ}\text{C}$ ,  $49,4 \pm 2,09\%$ , ausência de luz. Londrina, PR .....45

<b>Tabela 4.6</b> – Mortalidade acumulada ( $\pm$ EP) de <i>H. hampei</i> exposta a folhas de café submetidas a imersão em calda, com diferentes concentrações da azadiractina e de inseticidas sintéticos. Londrina, PR .....	49
<b>Tabela 4.7</b> – Percentagem acumulada de frutos broqueados ( $\pm$ EP) por <i>H. hampei</i> após a pulverização dirigida em torre de Potter, com azadiractina e com inseticidas sintéticos. Londrina, PR.....	50
<b>Tabela 4.8</b> – Mortalidade acumulada ( $\pm$ EP) de <i>H. hampei</i> quando submetida à pulverização dirigida em torre de Potter, com azadiractina e com inseticidas sintéticos. Londrina, PR.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
AGROFIT	Agrofit - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Consulta aberta)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAP	Dias após a pulverização
DAÍ	Dias após a imersão em calda
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1	A CULTURA DO CAFÉ .....	16
2.1.1	Aspectos Econômicos da Cafeicultura .....	17
2.1.2	Principais Pragas da Cultura .....	18
2.2	BROCA-DO-CAFÉ.....	18
2.2.1	Aspectos Gerais .....	18
2.2.2	Bioecologia.....	20
2.2.3	Controle da Praga .....	24
2.2.4	Controle Químico.....	25
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
3.1	LOCAL E MATERIAIS DOS BIOENSAIOS.....	30
3.2	Bioensaios.....	32
3.2.1	Bioatividade da Azadiractina sobre Fêmeas de <i>H. hampei</i> , expostas à Frutos de Café ( <i>C. arabica</i> ), submetidos a Pulverização em Torre de Potter.....	32
3.2.2	Número de Descendentes Produzidos por Fêmeas Adultas de <i>H.</i> <i>hampei</i> , após serem expostas à Dieta Artificial Incorporada com Formulação à Base de Azadiractina.....	32
3.2.3	Mortalidade de Fêmeas de <i>H. hampei</i> , expostas à Folhas de Café ( <i>C. arabica</i> ), tratadas com Azadiractina e com Inseticidas Sintéticos.....	34
3.2.4	Bioatividade da Azadiractina e de Inseticidas Sintéticos sobre Fêmeas de <i>H. hampei</i> , expostas à Frutos de Café ( <i>C. arabica</i> ), submetidos a Pulverização em Torre de Potter.....	35
3.2.5	Mortalidade de Fêmeas de <i>H. hampei</i> , submetidas à Pulverização Direta sobre os Insetos, com Azadiractina e Inseticidas Sintéticos .....	36
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	36

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
4.1	BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA SOBRE FÊMEAS DE <i>H. hampei</i> , EXPOSTAS À FRUTOS DE CAFÉ ( <i>C. arabica</i> ), SUBMETIDOS A PULVERIZAÇÃO EM TORRE DE POTTER .....	38
4.2	NÚMERO DE DESCENDENTES PRODUZIDOS POR FÊMEAS ADULTAS DE <i>H. hampei</i> , APÓS SEREM EXPOSTAS À DIETA ARTIFICIAL INCORPORADA COM FORMULAÇÃO À BASE DE AZADIRACTINA.....	41
4.3	MORTALIDADE DE FÊMEAS DE <i>H. hampei</i> , EXPOSTAS À FOLHAS DE CAFÉ ( <i>C. arabica</i> ), TRATADAS COM AZADIRACTINA E COM INSETICIDAS SINTÉTICOS. ....	48
4.4	BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA E DE INSETICIDAS SINTÉTICOS SOBRE FÊMEAS DE <i>H. hampei</i> , EXPOSTAS À FRUTOS DE CAFÉ ( <i>C. arabica</i> ), SUBMETIDOS A PULVERIZAÇÃO EM TORRE DE POTTER .....	49
4.5	MORTALIDADE DE FÊMEAS DE <i>H. hampei</i> , SUBMETIDAS À PULVERIZAÇÃO DIRETA SOBRE OS INSETOS, COM AZADIRACTINA E COM INSETICIDAS SINTÉTICOS .....	51
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente na cultura do café (*Coffea arabica* L.) como o maior produtor e exportador do grão. Na safra 2015/16 a produção mundial cafeeira foi estimada em 150 milhões de sacas, das quais 32,9% foi composta por café brasileiro (USDA, 2016). A produção nacional se concentra, principalmente, em Minas Gerais, onde é cultivado o café arábica, caracterizando-se como o maior produtor de café. O café conilon é cultivado no Espírito Santo, com 80% da safra nacional deste tipo de café (CONAB, 2016).

No entanto, a cultura apresenta diversos problemas fitossanitários que são relevantes para a redução da produtividade dos cafezais e da qualidade dos grãos (GALLO et al., 2002). Uma das principais pragas, é a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), que infesta os frutos em qualquer estágio fenológico, desde verdes até maduros (cerejas), ou mesmo frutos secos (SOUZA; REIS, 1997). Desta forma, a injúria provoca a queda dos frutos, a redução do peso e a entrada de microrganismos, e conseqüentemente ocasiona menor rendimento e baixa qualidade do produto (REIS, 2002). O nível de dano econômico na lavoura ocorre quando a infestação atinge de 3 a 5% nos frutos da principal florada (REIS et al., 2010), realizando-se o controle químico da broca-do-café nos talhões infestados (REIS, 2007; EMBRAPA, 2015).

O controle por meio de inseticidas sintéticos torna-se a principal ferramenta para manter a praga abaixo dos níveis de dano econômico (REIS, 2007; EMBRAPA, 2015). Segundo Reis (2007), o controle químico da broca entre 1973 e 2003 foi realizado com o endossulfam, em 21% dos 269 tratamentos direcionados ao manejo desta praga, com eficiência estimada de 70 a 100%. No entanto, em 2013, o ingrediente ativo endossulfam foi banido do mercado brasileiro de agrotóxicos, em função da reavaliação toxicológica considerando esse produto extremamente tóxico e persistente no meio ambiente (ANVISA, 2015).

Atualmente, os ingredientes ativos registrados estão limitados a azadiractina, *Beauveria bassiana*, abamectina + clorfaniliprole, ciantraniliprole, clorpirifós e etofenproxi. Dentre eles, apenas os dois primeiros são classificados como pouco perigoso ao meio ambiente. Sendo que recentemente, foi registrado o inseticida ciantraniliprole, na dose registrada para o controle da broca-do-café de

1,75 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup>. A classificação ambiental deste inseticida é como produto perigoso ao meio ambiente (AGROFIT, 2016).

O ciantraniliprole é um inseticida do grupo das diamidas antranílicas, que possuem um novo modo de ação sobre um amplo espectro de espécies de insetos (FETTING et al., 2011). Em condições de campo, esse inseticida apresentou eficiência no controle da broca-do-café, não sendo verificada diferença quando comparado ao endossulfam (SOUZA et al., 2013).

Por outro lado, os inseticidas botânicos, como a azadiractina, são menos persistentes no meio ambiente. Assim, ocasionam menor impacto aos organismos benéficos, homem e ambiente, devido à baixa toxicidade. Ela atua na paralização ou redução da alimentação e apresenta baixo efeito residual, geralmente sendo menos danosa aos inimigos naturais (CLOYD, 2004).

Nesse contexto, é importante realizar estudos para avaliar as atividades inseticidas das formulações comerciais disponíveis para o manejo da broca-do-café. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a bioatividade da azadiractina e de inseticidas sintéticos sobre *Hypothenemus hampei*, em condições de laboratório.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CULTURA DO CAFÉ

A origem, da cafeicultura brasileira se deu pela introdução de três plantas da espécie *Coffea arabica* L. (GUERREIRO-FILHO et al., 2008). O café chegou ao norte do Brasil (Belém), em 1727, trazido da Guiana Francesa pelo Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta. Em seguida, foi introduzido no Maranhão e disseminado para os estados vizinhos, como na Bahia em 1770. Posteriormente, foi levado para o sudeste, em 1774, primeiramente para o Rio de Janeiro. Depois, para os estados de São Paulo e Minas Gerais, locais com condições climáticas favoráveis. A partir de 1928, a cultura do café foi instalada na região Norte do Paraná (MATIELLO et al., 2002). As cultivares conhecidas (*C. arabica*) são derivadas de duas populações genéticas: 'typica' e 'bourbon' (ANTHONY et al., 2001).

A espécie *Coffea canephora* L. é originária das regiões da costa oeste à parte central do continente africano (Guiné e Congo). São caracterizadas como de baixa altitude, quente, úmida e com precipitação entre 1.500 e 2.000 mm por ano. Atualmente, essa espécie é amplamente cultivada nos continentes africanos, americanos e asiáticos. Em regiões, com temperaturas mais altas, atingindo média anual entre 22 e 26°C, bem como, em lugares de baixa altitude (MENDES et al., 2002).

A partir de 1900, surgiram estudos com *C. canephora*, em cultivos na ilha de Java (Indonésia), onde foram constatadas plantas resistentes à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk et Br). Em função, dessa resistência promoveu a difusão da espécie no mundo. Para muitos países, como: Vietnã, Brasil, Indonésia, Costa do Marfim e Sri Lanka, a espécie *C. canephora* representa grande importância econômica (GUERREIRO-FILHO et al., 2008).

No Brasil, o café conilon (*C. canephora*), é proveniente do grupo Guineano. Grupo este constituído por populações selvagens da Costa do Marfim. As plantas de *C. canephora* possuem sementes e folhas menores e estreitas. A cultivar robusta é representante do grupo Congolés, originária de populações selvagens das regiões da República Centro-Africana, Camarões e Congo. Suas plantas são produtivas e vigorosas, possuem folhas largas, frutos e sementes maiores. A

espécie *C. canephora* são cultivadas nos seguintes estados brasileiros: Espírito Santo, Rondônia, sul da Bahia e, na região do rio doce de Minas Gerais. Sua importância é devido ao maior teor de sólidos solúveis, pois, são de grande interesse para diversas indústrias, como as produtoras de café solúvel e de cafeína, matéria-prima de indústrias alimentícias e farmacêuticas (GUERREIRO-FILHO et al., 2008).

### 2.1.1 Aspectos Econômicos da Cafeicultura

Nas duas principais regiões produtoras de café arábica (Minas Gerais e São Paulo), a produção estimada foi de 26,3 milhões de sacas de café. Este resultado se deve pelo decréscimo de 26,6% de sacas no Cerrado Mineiro e de 11,4% de sacas em São Paulo, frente a produção de 2014. O estado de São Paulo enfrentou diversos problemas climáticos. Esse fator resultou numa produção de 4 milhões de sacas de café beneficiado na safra 2015. Na região da Zona da Mata mineira, apesar das condições climáticas desfavoráveis, obteve-se produção satisfatória devido a estar em ano de bionalidade positiva. A produção de café beneficiado do Espírito Santo foi de 7,7 milhões de sacas de conilon e 2,9 milhões de sacas de arábica. A produção cafeeira em Rondônia representou um acréscimo de 16,7% em relação à safra de 2014. O total de café conilon produzido foi de 1,7 milhões de sacas. O Paraná obteve um expressivo crescimento em sua produção de café, que foi estimada em 1,29 milhões de sacas (CONAB, 2016).

A área Brasileira, cultivada com café (arábica e conilon), foi de aproximadamente 1,9 milhões de hectares, dos quais, 85,5% são de cafezais em produção. A área com *C. arabica* foi de 1,8 milhões de hectares, sendo que 67,4% se concentra em Minas Gerais. A área de produção com *C. canephora* foi de 442,3 mil hectares, sendo que o estado do Espírito Santo concentra a maior área com 309,6 mil hectares, seguido de Rondônia, com 94,6 mil hectares e da Bahia, com 39 mil hectares (CONAB, 2016).

Apesar do volume de produção, o consumo per capita de café verde e de café torrado é de apenas 6,12 e 4,89 kg por habitante por ano. No entanto, ao longo dos anos o consumo interno de café passou de 8,1 milhões de sacas (1965), para 20,3 milhões de sacas, em 2014 (ABIC, 2015). A União Europeia tem o maior consumo interno de café (43,8 milhões de sacas), seguida dos Estados Unidos com

24 milhões de sacas de café e o Brasil, com 20 milhões de sacas de café (USDA, 2016).

### 2.1.2 Principais Pragas da Cultura

As plantas de café estão sujeitas à diversas espécies de pragas, ocasionando reduções na produtividade e qualidade dos grãos, de acordo com as condições climáticas, sistema de cultivo ou desequilíbrio biológico. O bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e a broca-do-café são consideradas as pragas mais importantes da cultura. A ferrugem do cafeeiro causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. é considerada a doença mais importante da cultura (REIS, 2002).

A principal praga do café Amazônico é a broca-do-café, provocando importantes reduções na produtividade do café Conilon. Em seguida, o ácaro vermelho, *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) se destaca como segunda praga-chave de *C. canephora* na região. Mesmo o café Conilon sendo considerado tolerante ao bicho-mineiro, em Rondônia foram verificados alguns cafezais infestados pela praga. Na cidade de Cacoal (Rondônia), a lagarta dos cafezais, *Eacles Imperialis* (Walker, 1856) (Lepidoptera: Saturniidae) se destacou atacando alguns cafezais (MARCOLAN et al., 2009; EMBRAPA, 2015). A broca-do-café infestou 33,4% dos cafezais com sistema convencional de produção no Paraná. No entanto, os cafeeiros produzidos em sistema orgânico apresentaram em apenas 20% dos cafezais infestações com *H. hampei* (ANDROCIOLO FILHO et al., 2005).

## 2.2 BROCA-DO-CAFÉ

### 2.2.1 Aspectos Gerais

Em 1867, o entomologista austríaco Ferrari realizou a descrição da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), sendo esta originária da África Equatorial. No entanto, apenas em 1901 surgiu a primeira referência desse inseto como praga. Na França, encontrou-se insetos no

interior de sementes de frutos de café, provenientes do Congo. A broca-do-café foi registrada em toda a África Central e Ocidental, por Chavalier, nos anos de 1902-1904. Em 1913, em frutos originados do Gabão foram encontrados insetos da espécie *H. hampei*, comprovando sua ocorrência em diversos pontos do continente africano. Na ilha de Java, na Indonésia, foi verificada a existência da broca em sementes levadas da África para realizar o plantio nessa região. Em 1922, o inseto estava presente por toda ilha de Java (SOUZA; REIS, 1997).

No território brasileiro, a broca-do-café foi introduzida provavelmente em 1913, proveniente de sementes importadas da África e de Java. A partir desse ano até 1924, esse coleóptero foi disseminado em muitos cafezais do município de Campinas, disseminando-se por cidades vizinhas e por todo o estado de São Paulo. Posteriormente, essa praga se espalhou-se por todas as regiões brasileiras de café. Os primeiros prejuízos foram verificados nos cafeeiros da safra de 1924 (SOUZA; REIS, 1997).

De 1946 a 1989, constatou-se insetos da espécie *H. hampei* em diversos países do continente Americano, como em: Porto Rico (1946); Suriname (1960); Peru (1962); Guatemala (1971); Honduras (1977); El Salvador (1985) e na Colômbia, em 1989 (SOUZA; REIS, 1997). A introdução da praga foi verificada na Costa Rica no ano de 2000. Portanto, a broca-do-café está presente em diversos países da América como Bolívia, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Nicarágua, Peru, República Dominicana e Venezuela (BARREIRA, 2002).

*H. hampei* provoca importantes perdas no café da espécie *C. canephora* (Conilon) cultivado em regiões caracterizadas pelas baixas altitudes e temperaturas elevadas (BENASSI; CARVALHO, 1994). O impacto econômico provocado pela praga na agricultura brasileira é estimado entre 215 e 358 milhões de dólares perdidos por ano, considerando-se os danos diretos, como a queda dos frutos de café e a redução no peso dos grãos (OLIVEIRA et al., 2013).

### 2.2.2 Bioecologia

A broca-do-café é uma das principais pragas dos cafezais e pode atacar os frutos de cafeeiro em qualquer estágio de maturação, desde verdes até maduros (cerejas) ou mesmo frutos secos. Este coleóptero é um inseto monófago, ou seja, ataca apenas plantas de café (BENASSI; CARVALHO, 1994; SOUZA; REIS, 1997; GALLO et al., 2002). No entanto, foi verificado em laboratório que fêmeas de *H. hampei* produziram descendentes em frutos da espécie *Euterpe oleraceae* (açai), em condições ambientais (BENASSI, 2000).

A metamorfose do inseto é completa (holometabolía). O inseto adulto é um besouro preto com corpo cilíndrico e ligeiramente recurvado para a região posterior. Seus élitros são revestidos de cerdas e escamas filiformes (SOUZA; REIS, 1997; GALLO et al., 2002). Somente as fêmeas de *H. hampei* voam, por apresentarem asas membranosas normais. Os machos não possuem capacidade de voo por suas asas serem atrofiadas e permanecem no interior dos frutos de café, de onde se originam (SOUZA; REIS, 1997; GALLO et al., 2002). Geralmente, a razão sexual é de um macho para 10 fêmeas (GALLO et al., 2002). Não foi constatado a existência de partenogênese em fêmeas de *H. hampei* (CONSTANTINO et al., 2011). Os indivíduos masculinos são os primeiros a emergirem, para que quando as fêmeas estiverem ativas sexualmente (3-4 dias após tornarem-se adultas), possibilite o acasalamento. Cada macho fecunda duas fêmeas por dia. Assim, o período de pré-oviposição dura em torno de 5 a 10 dias e compreende as seguintes fases: o endurecimento do corpo do inseto (3 a 4 dias após emergência), ocorrência da cópula e a abertura da galeria (SOUZA; REIS, 1997).

As fêmeas realizam o acasalamento no interior de frutos secos na superfície do solo dos cafezais. Posteriormente, essas fêmeas abandonam os frutos e saem em busca de frutos da nova frutificação, para, no interior deles, realizarem a nova oviposição. Normalmente, a nova postura é realizada em frutos verdes onde as sementes já estão formadas. Em geral, esses frutos apresentam comprimento de 12,8 mm, conhecidos como 'chumbões'. No entanto, essas fêmeas também fazem a oviposição em frutos de outras fases de maturação como: cana, cereja, passa e seco (SOUZA; REIS, 1997).

Foi verificado por Teixeira et al. (2006), que até o início da maturação, a quantidade de frutos broqueados foi semelhante tanto em frutos presentes na planta, quanto em frutos caídos na superfície do solo. No entanto, o número de frutos broqueados na planta foi se intensificando de acordo com o aumento da maturação dos mesmos. Portanto, as fêmeas de *H. hampei* preferem atacar frutos cereja, que compreende os frutos a partir dos 1800 graus dia de idade. As preferências de ataque da broca, em campo, são frutos nos estádios: cerejas, frutos em início de maturação e frutos verdes (CURE et al., 1998).

Em condições de laboratório, foi verificado que decorridos 5 dias da infestação por fêmeas de *H. hampei*, em frutos de *C. canephora*, variedade conilon, 100% das fêmeas atingiram a região do endosperma (semente), do fruto de café. Também, 79% das brocas perfuraram a região da base do fruto, sendo que apenas 21% das perfurações foram feitas na região da coroa. A broca-do-café leva de 4-5 dias para realizar a perfuração; a construção da galeria e da câmara de postura e iniciar a oviposição nos frutos de café da espécie *C. canephora* (BENASSI, 2000). No entanto, para os frutos de café da espécie *C. arabica*, esse período dura de 2-3 dias (BERGAMIN, 1943).

A região da coroa do fruto, ou seja, a região da cicatriz floral, é onde se concentram as perfurações das fêmeas adultas de *H. hampei* (ALVES, 2008). Essas perfurações são observadas em frutos verdes ou/e cerejas. É possível encontrar, excepcionalmente, frutos com orifícios nas regiões laterais. Menos frequente, encontram-se perfurações, na região próxima ao pedúnculo do fruto. Em frutos secos ocorrem perfurações em qualquer região dos mesmos (SOUZA; REIS, 1997).

As fêmeas adultas de *H. hampei* iniciam a construção de uma galeria vertical (1 mm de diâmetro), por meio da desagregação das partículas da casca do fruto de café, ocasião a qual o inseto se alimenta. A galeria é construída até atingir uma das sementes e, o tempo médio estimado para penetrar no fruto é de quatro horas (DARDÓN; FLORES, 1974). A broca dilata a galeria, no interior da semente, apresentando aspecto piriforme. Esse local é denominado de câmara de postura, local que o inseto realiza a oviposição (SOUZA; REIS, 1997; CÁRDENAS et al., 2007).

Para realizar a oviposição, a broca exige que o fruto de café esteja com umidade adequada. Segundo observações, a fêmea pode esperar até 53 dias

para pôr seus ovos. Assim, as fêmeas adultas de *H. hampei* perfuram muitos frutos de cafeeiro, para quando estes atingirem a umidade ideal, elas realizem a postura. No entanto, é comum encontrar frutos com a galeria abandonada pelas fêmeas (SOUZA; REIS, 1997). A densidade populacional da praga está relacionada diretamente com a quantidade de frutos adequados para a realização da oviposição e desenvolvimento do inseto (GUHARAY; MONTERREY, 1997).

Cada fêmea de *H. hampei* oviposita em média dois ovos por dia. Os ovos são brancos, leitosos e elípticos, medem 0,44-0,84 mm de comprimento e 0,23-0,35 mm de largura. Durante todo o ciclo de vida da fêmea ela realiza a postura em média de 75 ovos. A longevidade média da fêmea é de 156 dias, dos quais 130 dias é a duração de postura pois há intervalos em que não realiza a postura (SOUZA; REIS, 1997).

Após a postura, entre 4-10 dias, ocorre a eclosão das larvas, que apresentam comprimento entre 0,72-0,84 mm, coloração branca, ápoda, recurvada, com cabeça e peças bucais pardacentas (SOUZA; REIS, 1997; CÁRDENAS et al., 2007). Inicialmente, as larvas desagregam partículas da câmara de postura para se alimentar das sementes que perdem quase que totalmente o seu peso. O crescimento máximo das larvas é de até 2,30 mm e a fase larval dura em média 14 dias. Após esse período, a larva transforma-se em pupa, permanecendo no interior da semente destruída (SOUZA; REIS, 1997). No entanto, a mesma apresenta uma fase denominada de pré-pupa, em que não se alimenta (BARREIRA, 2002).

A pupa de *H. hampei* mede, em média, 1,75 mm de comprimento por 0,7 mm de largura, com coloração branca e a cabeça encoberta pelo pronoto. A fase de pupa dura, em média, 7 dias. Prestes a se transformar em adulto, ocorre o escurecimento das partes bucais e asas, tornando-se castanho-claro (CÁRDENAS et al., 2007). Inicialmente, o adulto apresenta coloração amarelo-palha nos primeiros dias e, depois, ocorre o escurecimento gradual, quando este adquire a cor preta (SOUZA; REIS, 1997). Os adultos possuem aparelho bucal mastigador, as antenas são filiformes e seus élitros são convexos com listras longitudinais e cerdas. Os machos são menores que as fêmeas (BARREIRA, 2002).

Desde a postura até a emergência do adulto, o ciclo completo dura em média de 27 a 30 dias, resultando em sete gerações por ano (GALLO et al., 2002). Ocorre variação de acordo com as condições de temperatura: a 27°C é de 21 dias, a 22°C é de 33 dias e a 19,2°C é de 63 dias (BARREIRA, 2002). Portanto, a

diminuição no ciclo de vida do inseto está diretamente relacionada ao aumento da temperatura (SOUZA; REIS, 1997). Em condições de laboratório, temperatura de 25°C, a duração do ciclo, em frutos de cafeeiro (*C. canephora*) da variedade conilon, foi de 23 a 24 dias (BENASSI, 2000).

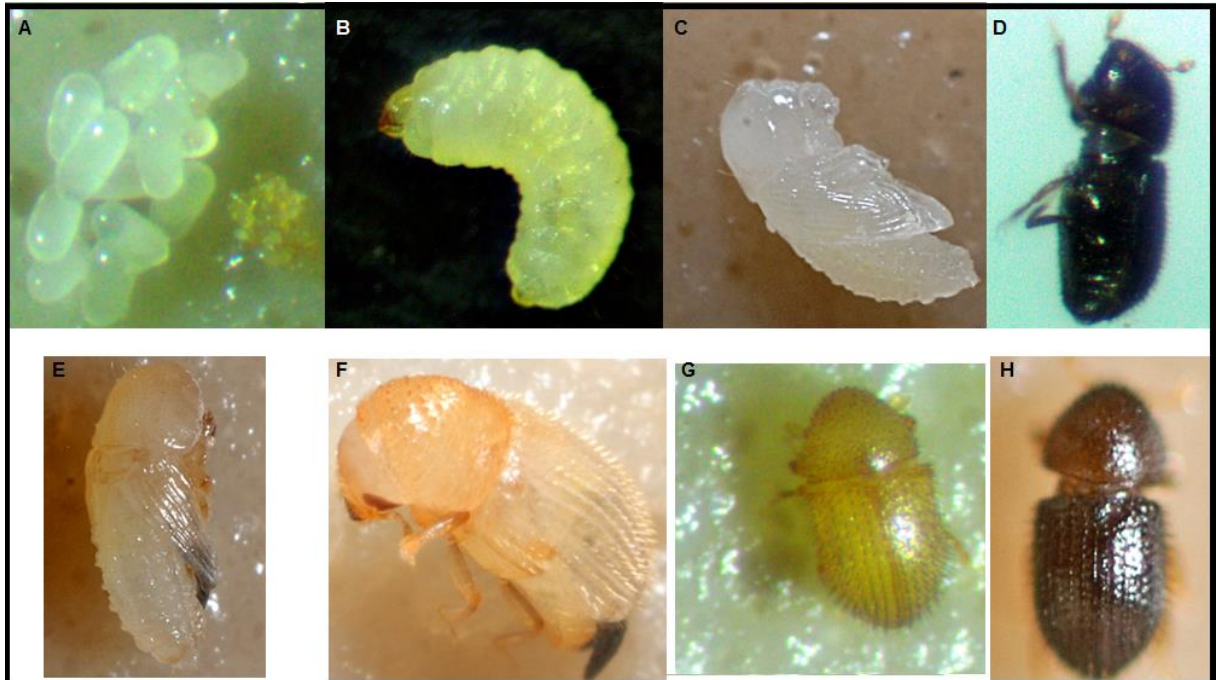


Figura 2.1 - Estágios de desenvolvimento de *H. hampei*: ovos (A); larva (B); pupa (C); fêmea adulta (D); pupa com escurecimento das partes bucais e asas (E); fêmea adulta recém emergida (F); macho recém emergido coloração amarelo-palha (G) e; adulto recém emergido, com coloração marrom (H). **Fonte:** o próprio autor.

Na Venezuela, em condições de campo e com as seguintes condições climáticas: temperatura média de 20,4°C e umidade de 84,4%, o desenvolvimento da broca-do-café, em café arábica, variedade Catimor e Catuaí Rojo, foi de 57 dias após a infestação. O período de ovo foi de 12 dias, da larva de 35 dias e de pupa 10 dias. Segundo os autores, a duração da fase de larva se estendeu, provavelmente devido as condições climáticas na área de estudo, com grande quantidade de chuvas e temperaturas muito baixas. A progênie encontrada foi de 12,4 ovos, 23,8 larvas, 9,5 pupas e 5,3 adultos por fruto, aos 24, 62, 68 e aos 78 dias após a infestação das plantas (CÁRDENAS et al., 2007).

### 2.2.3 Controle da Praga

A broca-do-café afeta negativamente o rendimento e a qualidade dos grãos de café, sendo todas as variedades de cafeeiro afetadas por esta praga. Assim, por meio da alimentação das larvas, as mesmas provocam a diminuição de peso de grãos, a queda de frutos jovens e também a podridão da semente devido à entrada de microrganismos saprófitas, pelo orifício perfurado pelo inseto. No momento da colheita, se forem encontrados 100% de frutos perfurados, isso resulta de 30-35% de perdas no rendimento final do cafezal (BARREIRA, 2002). Deve ser considerado, que a cada cinco grãos perfurados, se caracteriza um defeito na classificação, por tipo do grão de café (GALLO et al., 2002).

O período de controle da broca-do-café deve ser realizado, principalmente, no final de uma safra e o início dos primeiros frutos no estágio inicial de maturação presentes na safra seguinte. Assim, é realizado o controle dos insetos adultos, antes que eles realizem a oviposição nos frutos (CURE et al., 1998). Após a colheita, é muito importante fazer a catação dos frutos remanescentes na lavoura, bem como, instalar armadilhas para a captura da praga (VILLACORTA, 2007). O controle cultural da broca-do-café é feito pelo “repasso” na lavoura, a coleta dos grãos de café que ficaram na superfície do solo para evitar a nova infestação pela praga (GALLO et al., 2002).

O manejo integrado de pragas (MIP) visa manter o agroecossistema em equilíbrio. Portanto, deve-se adotar diversas estratégias como: o reconhecimento das pragas, bem como, o monitoramento nas lavouras, para se obter os níveis de dano econômico. Essas informações são relevantes no momento da tomada de decisão, de qual método será utilizado no controle de pragas da lavoura. Nesse contexto, é recomendada a integração de medidas de controle de pragas, com base nos fatores econômicos, ecológicos e sociológicos. A utilização dos princípios do MIP, proporcionam melhorias no controle de pragas, com a preservação do meio ambiente e saúde do homem (PICANÇO et al., 2014a).

Os inimigos naturais da broca-do-café encontrados em frutos coletados em cafezais da África são: os fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Paecilomyces farinosus* (Holm. ex S. F. Gray) Brown & Smith; e os parasitoides, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae), *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyridae), *Heterospilus coffeicola*

Schededeken (Hymenoptera: Braconidae), *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) (VEGA et al., 1999).

Na Colômbia, foi verificada a presença em frutos de café a ocorrência de cinco fungos, *Hirsutella eleutheratorum* (Nex ex Gray) Petch., *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Fusarium oxysporum*, *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson e *B. bassiana*. No entanto, a apenas a última espécie foi constatada com maior frequência dentre os frutos coletados (BUSTILLO et al., 2002). Na Colômbia, foram encontrados em frutos de café: os predadores pertencentes as famílias, Formicidae (Hymenoptera), Anthocoridae (Hemiptera) e Cucujidae (Coleoptera) e somente um parasitoide, o *Cryptoxilos* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (BUSTILLO et al., 2002).

No Brasil, o controle biológico da broca-do-café com exemplares do microhimenóptero, *P. nasuta* foram trazidos da África em 1929. Após a criação e desenvolvimento da nova geração, os insetos adultos foram liberados em lavouras do estado de São Paulo (HEINRICH, 1965). A introdução do parasitoide *C. stephanoderis* no Brasil, provavelmente foi de forma acidental, proveniente de sementes de café infestadas, embora oficialmente sua importação ocorreu em 1994 (BENASSI, 2007).

No Espírito Santo, os parasitoides *P. nasuta* e *C. stephanoderis*, foram observados em amostras de grãos de café brocados, sendo que a taxa de parasitismo variou de 2 a 33% e 3,6%, respectivamente (DALVI et al., 2008). Em Rondônia, em área experimental, foi verificado a presença de *C. stephanoderis*, com taxa de parasitismo variando de 2 a 20% nos frutos coletadas nas plantas de café e 2 a 24% nos frutos coletados na superfície do solo do cafezal (SOUZA et al., 2014).

#### **2.2.4 Controle Químico**

A distribuição da broca-do-café na lavoura não é uniforme, tornando-se difícil estabelecer um critério para identificar os níveis de infestação no cafezal. Assim, é recomendado realizar a colheita ao acaso, por talhão, de 100 frutos por planta. Em seguida são contabilizado os frutos broqueados e os sadios, obtendo-se o nível de infestação. Quando a porcentagem de infestação for de 5%, deve se realizar a primeira aplicação com inseticida. O manejo da praga deve ser realizado principalmente, no período de “trânsito da broca”, que compreende os meses de

outubro a dezembro, pois os insetos provenientes dos frutos remanescentes da safra anterior, infestam os novos frutos (GALLO et al., 2002).

Outra forma de realizar o monitoramento da praga é por meio da tabela de amostragem sequencial binomial da broca-do-café desenvolvida pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Segundo Bianco (2000) essa tabela consiste na avaliação de cinco amostras por planta, sendo que cada amostra é composta por 10 frutos agrupados de café por ramo, de no mínimo cinco plantas de cada talhão homogêneo do cafezal. Deve-se considerar amostra infestada aquela que dentre os 10 frutos observados no ramo, apresentar ao menos um fruto brocado. Com base nas amostragens é realizada a decisão de continuar o monitoramento até 20 plantas por talhão e assim definir o manejo da praga. A utilização da tabela referida propiciou a redução de 90% da área pulverizada para o controle da broca-do-café na safra 2000/2001, quando comparada a safra do ano anterior. Assim, mesmo considerando o custo de monitoramento, houve uma redução de 87% no custo total de controle da praga (BIANCO, 2001).

O controle químico deve ser utilizado, como uma das muitas estratégias empregadas no manejo integrado de pragas. Essa tática deve ser utilizada quando forem verificados níveis de infestações que provoquem de 3-5% de frutos brocados na principal florada. Os inseticidas sintéticos tornam-se as principais ferramentas para manter a praga abaixo dos níveis de dano econômico. Portanto, o manejo químico deve ser adotado apenas nos talhões onde for constatado o nível de controle, evitando-se as aplicações de inseticidas em todo o cafezal. Essa medida, proporciona a redução dos danos causados pela broca, dos custos de produção e evita ou retarda a ocorrência de resistência da praga aos inseticidas (REIS, 2007; EMBRAPA, 2015).

Foi verificado por Reis (2007) que o controle químico da broca, nos últimos 30 anos, dos 269 tratamentos realizados, utilizou-se os ingredientes ativos: endossulfam em 21% dos casos, fipronil (9%), lidane (7%), clorpirifós (4%), lufenurom + profenofós (4%). O produto mais utilizado apresentou entre 70-100% de eficiência no controle da praga. Os inseticidas sintéticos utilizados no controle de *H. hampei*, que resultaram em mais de 80% de eficiência, em condições de campo, são: o endossulfam, lindane, fipronil, metiocarbe e tiacloprido.

Entretanto, em 2013, o ingrediente ativo endossulfam foi banido do mercado brasileiro de agrotóxicos, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária

(ANVISA), em função da reavaliação toxicológica devido a sua persistência e alta periculosidade ao homem e ao meio ambiente (Anvisa, 2015). Atualmente, os ingredientes ativos registrados são: a azadiractina, *Beauveria bassiana*, abamectina + clorantropilprole, clorpirifós e etofenproxi. Dentre os cinco, apenas os dois primeiros são classificados como pouco perigoso ao meio ambiente. Recentemente, foi registrado o inseticida ciantraniliprole sendo que a dose registrada para o controle da broca-do-café é de 1,75 L<sup>-1</sup>. ha (AGROFIT, 2016).

O inseticida composto por abamectina + clorantropilprole apresenta classificação toxicológica II (altamente tóxico e muito perigoso ao meio ambiente). O ingrediente ativo Clorpirifós pertence a classe I (extremamente tóxico e muito perigoso ao meio ambiente), o inseticida ciantraniliprole possui classificação IV (pouco tóxico), já o etofenproxi e a azadiractina são medianamente tóxicos (ADAPAR, 2016). Os produtos contendo os ingredientes ativos: clorpirifós e o etofenproxi, apresentaram porcentagem de eficiência de controle da broca-do-café entre 35 a 72% e 0 a 60%, respectivamente (REIS, 2007).

Recentemente, foi disponibilizado um novo inseticida contendo o ingrediente ativo: ciantraniliprole, com o nome comercial de Benevia<sup>®</sup>. Esse inseticida, pertence ao grupo das diamidas antranílicas (antranilamida) desenvolvido em vários países pelo E.I Du Pont de Nemours & Co (DuPont Crop Protection) e que apresenta novo modo de ação. Esse inseticida atua na ativação dos receptores de rianodina, com um modo de ação semelhante ao clorantropilprole, entretanto, foi verificado que, apesar da semelhança dos dois inseticidas, foi necessário maiores concentrações de clorantropilprole para afetar a sobrevivência do coleóptero *Dendroctonus ponderosae* Hopkins, 1902 (Coleoptera: Curculionidae), praga ocorrente em *Pinus* sp. (FETTING et al., 2011).

Os inseticidas do grupo das diamidas antranílicas atuam na ativação de receptores de rianodina através de um estímulo para a liberação das reservas de cálcio do retículo sarcoplasmático de células musculares, provocando regulação inadequada, paralisia e morte de espécies sensíveis. Essa propriedade inseticida apresenta grande potencial de controle em um amplo espectro de insetos, tornando-se importante no manejo de pragas dos cultivos (LAHM et al., 2005; CORDOVA et al., 2006).

Em condições de laboratório, o inseticida ciantraniliprole apresentou resultados promissores no controle de *D. ponderosae* (FETTING et al., 2011). Foram

verificados efeitos de intoxicação de adultos de *H. hampei* tanto fora como na entrada da galeria que promoveu o desalojamento do inseto e, conseqüentemente, a morte do mesmo, principalmente quando a praga estava fora do fruto. Utilizando-se o inseticida ciantraniliprole, nas doses de 1,75 e 2,0 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup>, o mesmo foi eficiente no controle da broca-do-café, quando realizadas duas aplicações (30 dias de intervalo), não ocorrendo diferenças com o controle exercido pelo inseticida endossulfam (SOUZA et al., 2013).

Atualmente, é possível utilizar no manejo da broca-do-café uma formulação comercial à base de azadiractina (Azamax® 1,2% i.a (m/v) ) (AGROFIT, 2016). Esse inseticida e acaricida é aprovado pela Certificadora Brasileira de produtos orgânicos (IBD), assim lavouras certificadas como orgânicas, podem utilizar este produto no manejo fitossanitário (IBD, 2015). O Azamax® pertence à classe de inseticida/acaricida - grupo químico: tetranortriterpenoides, classificação toxicológica: III - medianamente tóxico e sua periculosidade ambiental é registrada como “pouco perigoso ao meio ambiente” (Classe IV) (ANDREI, 2013). Este inseticida é recomendado, na dose de 0,6-0,8 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup> no controle de *H. hampei*, por meio de pulverizações no início da infestação (preventivo), repetindo-se de 2-3 vezes, com intervalo de aplicação de 21 dias (AGROFIT, 2016).

A azadiractina provoca diversos efeitos em muitas espécies de insetos, como repelência, esterilização, inibição alimentar e da biossíntese da quitina, afetando também a reprodução dos insetos, ocasionando menor número de ovos (MORDUE; BLACKWELL, 1993). Essa molécula é extraída de partes da planta de nim (*Azadirachta indica*), que pertence à família Meliaceae, originária da Ásia, mas se desenvolve em todas as regiões tropicais e subtropicais. Dentre os inseticidas botânicos mundiais, o derivado de nim é considerado o mais importante (BRUNHEROTTO; VENDRAMIM, 2001).

Alguns inseticidas botânicos, como a azadiractina, não são tóxicos às abelhas e outros mamíferos, quando usados em concentrações recomendadas. A azadiractina, usada no controle de insetos, atua na paralização ou redução da alimentação, quase que imediatamente após a aplicação e apresenta baixo efeito residual, sendo menos danosa aos inimigos naturais e, de forma geral, não é fitotóxico (CLOYD, 2004).

As lagartas de 3º instares, de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), alimentadas com folhas de milho, submetidas as

concentrações de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL<sup>-1</sup>. L<sup>-1</sup> da formulação à base de azadiractina (Azamax<sup>®</sup>) sofreram 100% de mortalidade, após cinco dias da exposição. Foi verificado que a azadiractina e outros inseticidas reguladores de crescimento provocaram sobre as lagartas, deformações morfológicas, paralização da alimentação e ecdise incompleta ou ausência (CORREIA, 2012). Lagartas de *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae), alimentadas com dieta artificial, incorporada com concentrações subletais de azadiractina sofreram reduções na alimentação e aumento da fase larval do inseto (MARTINEZ; VAN EMDEN, 1999). De acordo com o aumento da concentração de azadiractina, foi verificado a redução do crescimento e aumento dos instares larvais, deformações morfológicas e mortalidade em lagartas *S. littoralis* (MARTINEZ; VAN EMDEN, 2001).

Há diversos trabalhos demonstrando a eficiência da azadiractina no controle pragas como: o pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) (GONÇALVES; BLEICHER, 2006; COSTA et al., 2010a); *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) (ESPARZA-DÍAZ et al., 2010; BREDA et al., 2011); *Ascia monuste orseis* Godart, 1819 (Lepidoptera: Pieridae) (BIERMANN, 2009); ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) (SCHLESENER et al., 2013); *Zabrotes subfasciatus* Bohemann, 1833 (Coleoptera: Bruchidae) (COSTA, 2010b); e da broca-do-café (*H. hampei*) (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; DUTRA, 2012; ZORZETTI et al., 2012; VIJAYALAKSHMI et al., 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL E MATERIAIS DOS BIOENSAIOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Manejo Ecológico de Pragas do Instituto Agrônômico do Paraná, em Londrina - Paraná. Os insetos da espécie *H. hampei*, utilizados nos bioensaios, foram provenientes da criação de broca-do-café do referido laboratório, sob condições controladas de  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , 70% UR e ausência de luz. Esta criação foi mantida por aproximadamente quatro meses, em dieta artificial de (VILLACORTA; BARRERA, 1993) com as seguintes modificações: 150g de sementes de café em pó e 0,5 gramas de mistura vitamínica de Vanderzant para insetos.

O material vegetal foi coletado em plantas de café arábica, variedade IAPAR 59, cultivadas sem agrotóxicos na estação experimental do IAPAR. Foram colhidos, manualmente, frutos de café, na parte central dos ramos do terço médio de plantas adultas, sendo classificados, segundo a escala das fases fenológicas reprodutivas do cafeeiro, em F6, ou seja, frutos apresentando o tamanho de maior que 15 mm (MORAIS et al., 2008). Os frutos foram encaminhados ao laboratório, lavados em água corrente, retirados os pedúnculos e mantidos em temperatura ambiente para a secagem.

As formulações inseticidas usadas nos bioensaios, para as avaliações de bioatividade sobre a broca-do-café (*H. hampei*) estão descritas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Ingrediente ativo, grupo químico, produto comercial, concentração do ingrediente ativo (i.a), dose do produto comercial registrada e concentração do ingrediente ativo usados no bioensaio. Londrina, PR.

Ingrediente ativo (Grupo químico)	Produto comercial (p.c.)	Conc. do i.a. no p.c. (g.L <sup>-1</sup> )	Dose do p.c. (mL <sup>-1</sup> ou g.ha)	Conc. do i.a usada no bioensaio (mg. L <sup>-1</sup> de água) (v/v) ou (p/v)
Azadiractina (Tetranortriterpenóide)	Azamax <sup>®</sup>	12	600-800	96
Clorantraniliprole (Antranilamida)	<sup>1</sup> Altacor <sup>®</sup>	350	90,0	78,8
Ciantraniliprole (Diamida Antranílica)	Benevia <sup>®</sup>	100	1750	437,5
Clorpirifós (Organofosforado)	Lorsban <sup>®</sup> 480 BR	480	1500	7200
Etofenproxi (Éter difenílico)	Trebon <sup>®</sup> 100 SC	100	1250	250

<sup>1</sup>Inseticida não é registrado para o controle da broca-do-café, mas é registrado nessa dose para o controle do bicho mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*). **Fonte:** AGROFIT (2016).

## 3.2 BIOENSAIOS

### 3.2.1 Bioatividade da Azadiractina sobre Fêmeas de *H. hampei*, expostas à Frutos de Café (*C. arabica*), submetidos a Pulverização em Torre de Potter.

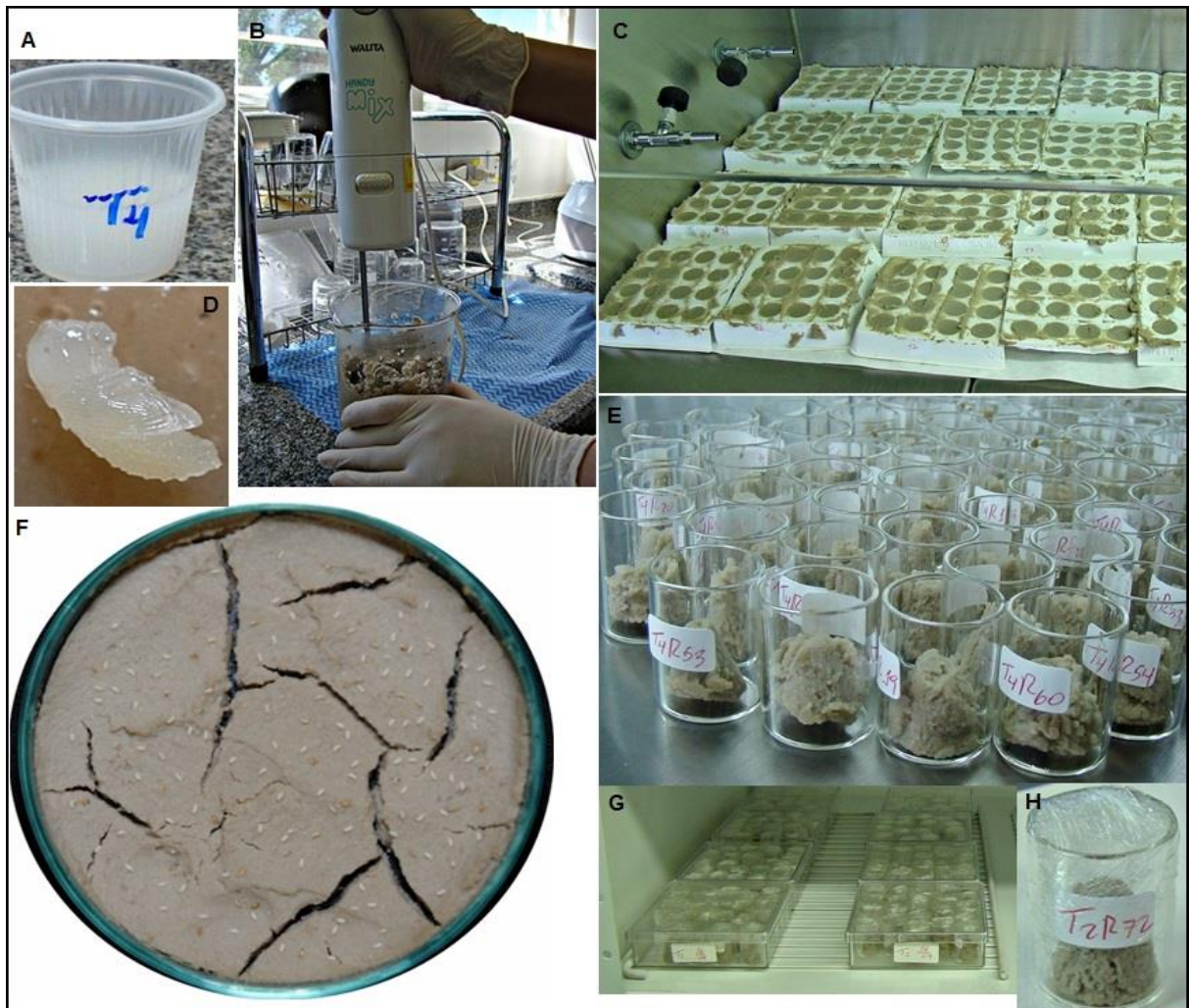
Para cada tratamento, 50 frutos de café foram distribuídos no interior de cinco placas de Petri (9,0 cm<sup>2</sup> de diâmetro), contendo fita adesiva, para manter os frutos na posição vertical, visando melhor cobertura da pulverização sobre os mesmos, principalmente na região da coroa do fruto. Cada placa de Petri, contendo 10 frutos, foi pulverizada o volume de 2 mL<sup>-1</sup> sob pressão de 15 lb.pol<sup>2</sup> em torre de Potter (POTTER, 1952). Após a pulverização, as mesmas permaneceram abertas para a secagem, em temperatura ambiente, durante uma hora e os frutos foram transferidos para caixas tipo Gerbox<sup>®</sup>, forradas com papel filtro. Em seguida, 10 fêmeas adultas foram liberadas no interior de cada caixa, e as mesmas foram vedadas com filme plástico. Os tratamentos foram mantidos em condições climatizadas (25 ± 1°C e fotofase de 12 h).

O bioensaio foi constituído por oito tratamentos, compostos pelas concentrações: 6; 18; 36; 72; 108 e 180 mg. L<sup>-1</sup> de azadiractina, uma concentração de clorpirifós (7,2 mg. L<sup>-1</sup>) e, a testemunha (água destilada). Cada tratamento foi composto por cinco repetições. Foram realizadas avaliações de mortalidade e do número de frutos broqueados, em 1, 5 e 8 dias após a pulverização (DAP) dos frutos. Os insetos foram considerados mortos quando não apresentaram movimento de qualquer parte do corpo, mesmo quando estimulados com pincel.

### 3.2.2 Número de Descendentes Produzidos por Fêmeas Adultas de *H. hampei*, após serem expostas à Dieta Artificial Incorporada com Formulação à Base de Azadiractina.

Avaliou-se a bioatividade da azadiractina incorporada na dieta artificial da broca-do-café (Figura 3.2). As respectivas concentrações de azadiractina foram diluídas em 10 mL<sup>-1</sup> da água destilada. Em seguida a solução correspondente a cada tratamento foi adicionada à 150 mL<sup>-1</sup> de dieta artificial da broca-do-café, quando a mesma atingiu a temperatura de 50°C. Após a homogeneização, foi

retirado  $50 \text{ mL}^{-1}$  da dieta incorporada com cada concentração de azadiractina e depositada no interior de uma placa de Petri (9,0 cm de diâmetro). No dia seguinte, foram introduzidas 100 pupas fêmeas e 20 adultos machos de *H. hampei* na placa de Petri contendo as referidas dietas. As placas foram mantidas em condições controladas por 13 dias após a instalação, visando a emergências das fêmeas adultas e o acasalamento. Também, objetivou-se que as brocas permanecessem em contato com a dieta incorporada com a azadiractina desde sua emergência.



**Figura 3.2** – Solução à base de azadiractina (A); Dieta artificial da broca-do-café sendo misturada com a solução à base de azadiractina (B); Distribuição da dieta incorporada com azadiractina nas bandejas (C); Pupa de *H. hampei* (D); Recipientes contendo as porções de dieta incorporada com azadiractina (E); Placa de Petri contendo a dieta incorporada com azadiractina, o qual foi infestada com 100 pupas fêmeas e com 20 machos de *H. hampei* (F); Os tratamentos foram mantidos em condições controladas (G) e; Recipiente contendo uma porção de dieta incorporada com azadiractina e infestada com uma fêmea de *H. hampei* (H). **Fonte:** o próprio autor.

Posteriormente, foram feitas novas dietas contendo as respectivas concentrações de azadiractina. Assim, foram diluídas cada concentração de azadiractina em  $20 \text{ mL}^{-1}$  da água destilada. E a solução foi incorporada à  $300 \text{ mL}^{-1}$  de dieta artificial da broca-do-café, quando a mesma atingiu a temperatura de  $50^\circ\text{C}$ . Após a homogeneização,  $50 \text{ mL}^{-1}$  de dieta artificial incorporada com cada concentração de azadiractina foram distribuídas em uma placa de polimetilmetacrilato ( $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ ) constituída por 16 poços ( $1,8 \text{ cm}$  de diâmetro por  $1,5 \text{ cm}$  de altura). Cada tratamento foi constituído por cinco placas de polimetilmetacrilato de dieta incorporada com a respectiva concentração de azadiractina. No dia seguinte, cada porção de dieta incorporada com os tratamentos foram introduzidas em tubos de vidro e permaneceram durante uma hora em câmara de fluxo. Em seguida, uma fêmea de *H. hampei* (fêmeas emergidas nas placas contendo dieta incorporada com azadiractina) foi liberada no interior de cada tubo de vidro, contendo uma porção de dieta incorporada com as respectivas concentrações de azadiractina.

O bioensaio foi constituído por seis tratamentos, compostos pelas concentrações: 6; 18; 36; 72 e  $108 \text{ mg. L}^{-1}$  de azadiractina, e uma testemunha (dieta artificial não incorporada com azadiractina). Portanto, cada tratamento foi composto por 75 tubos de vidro contendo uma fêmea de *H. hampei* e uma porção de dieta incorporada com azadiractina. O número de descendentes produzidos pelas fêmeas de *H. hampei*, nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovos, larvas, pupas e adultos) foi obtido por meio de avaliações destrutivas das 25 unidades de dieta incorporada com azadiractina (25 tubos de cada tratamento) aos 15, 30 e 45 dias após a instalação do bioensaio.

### **3.2.3 Mortalidade de Fêmeas de *H. hampei*, expostas à Folhas de Café (*C. arabica*), tratadas com Azadiractina e com Inseticidas Sintéticos.**

Objetivou-se avaliar a mortalidade da broca-do-café (*H. hampei*) por meio do contato direto entre o inseto e uma superfície tratada (folhas de cafeeiro) com a azadiractina e com os inseticidas sintéticos. Foi realizada a imersão de 10 folhas de cafeeiro por tratamento, durante 30 segundos, em um recipiente contendo uma calda com os respectivos produtos e concentrações (Tabela 3.1). Posteriormente, as folhas foram depositadas sobre uma grade metálica, onde

permaneceram por 2 horas em temperatura ambiente para a secagem. Em seguida, duas folhas tratadas, de cada tratamento, foram acondicionadas em caixas tipo Gerbox<sup>®</sup>, forradas com papel filtro umedecido com água destilada. Foram liberadas, 10 fêmeas adultas no interior de cada Gerbox<sup>®</sup>, onde permaneceram em contato com as folhas tratadas até 10 dias após o início do bioensaio. As caixas (Gerbox<sup>®</sup>) foram vedadas com filme plástico de PVC. Os tratamentos foram mantidos em condições climatizadas ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 12 h). Foram realizadas, avaliações de mortalidade, em 1, 3 e 7 dias após a imersão (DAI) das folhas nos tratamentos.

O bioensaio foi constituído por seis tratamentos, compostos pelas concentrações dos produtos descritos na tabela 3.1, bem como, uma testemunha (água destilada), com cinco repetições/tratamento.

#### **3.2.4 Bioatividade da Azadiractina e de Inseticidas Sintéticos sobre Fêmeas de *H. hampei*, expostas à Frutos de Café (*C. arabica*), submetidos a Pulverização em Torre de Potter.**

Foi avaliada a bioatividade da azadiractina e dos inseticidas sintéticos sobre fêmeas adultas de *H. hampei*, expostas à frutos de café, submetidos a pulverização dirigida. Para cada tratamento, 50 frutos de café foram distribuídos no interior de 5 placas de Petri ( $9,0 \text{ cm}^2$  de diâmetro), contendo fita adesiva, para manter os frutos na posição vertical, visando melhor cobertura da pulverização. Cada placa de Petri, contendo 10 frutos, foi pulverizada em torre de Potter (2 ml – 15 lb.pol<sup>2</sup>) com os tratamentos (Tabela 3.1). Na testemunha, foi utilizado água destilada na pulverização dos frutos. Após a pulverização, os recipientes permaneceram abertos para a secagem dos frutos, em temperatura ambiente durante 2 horas e os frutos foram transferidos para caixas tipo Gerbox<sup>®</sup>, forradas com papel filtro. Em seguida, 10 fêmeas adultas foram liberadas no interior de cada caixa Gerbox<sup>®</sup> e permaneceram até sete dias após o início do bioensaio, as mesmas foram vedadas com filme plásticos. Os tratamentos foram mantidos em condições climatizadas ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 12 h).

As avaliações de mortalidade e do número de frutos broqueados foram realizadas a 1, 5 e 7 dias após a pulverização (DAP) dos frutos. O bioensaio foi constituído por seis tratamentos, compostos pelos produtos e suas concentrações (Tabela 3.1) e uma testemunha (água destilada).

### 3.2.5 Mortalidade de Fêmeas de *H. hampei*, submetidas à Pulverização Direta sobre os Insetos, com Azadiractina e com Inseticidas Sintéticos.

Objetivou-se avaliar a mortalidade da broca-do-café quando submetida à pulverização direta sobre os insetos, com a azadiractina e com os inseticidas sintéticos. Foi realizada a pulverização direta sobre 10 fêmeas de *H. hampei*, acondicionadas em placa de Petri (4,5 cm de diâmetro), depositada no interior de outra placa com 9,0 cm de diâmetro e cobertas por tecido tipo “tule” (12 cm<sup>2</sup> de diâmetro). A pulverização foi em torre de Potter (2 mL<sup>-1</sup> – 15 lb.pol<sup>2</sup>) com os inseticidas e concentrações descritos na tabela 3.1. Após a aplicação, as placas permaneceram abertas para volatilização dos inseticidas. Em seguida, os insetos foram transferidos para novas placas (4,5 cm de diâmetro), contendo papel filtro umedecido e uma porção (2 cm<sup>2</sup>) de dieta artificial adaptada de Barreira; Villacorta (1993), para abrigo e alimentação dos insetos. As placas foram vedadas com filme plástico PVC. Os tratamentos foram mantidos em condições climatizadas (25 ± 1°C e fotofase de 12 h). O bioensaio foi constituído por seis tratamentos, compostos pelos produtos e suas concentrações (Tabela 3.1) e uma testemunha (água destilada), com cinco repetições/tratamento.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental dos bioensaios 3.2.1; 3.2.3; 3.2.4 e 3.2.5 foi inteiramente casualizado, com 5 repetições e a unidade experimental foi constituída por 10 insetos. Para o bioensaio 2, também foi usado o delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições de cada tratamento. No entanto, cada repetição foi composta por cinco fêmeas de *H. hampei*. Assim, foram utilizadas 25 fêmeas para cada período de avaliação (15, 30 e 45 dias após a infestação), totalizando 75 brocas por tratamento. A unidade experimental foi constituída por uma fêmea de *H. hampei*. Os dados foram testados em relação à normalidade e homogeneidade. O número de frutos broqueados foi transformado em  $\arcsen \sqrt{x/100}$  e o número de descendentes de *H. hampei* foram transformados em raiz quadrada  $(x+0,5)$ , quando necessário. Assim, os mesmos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa SASM – Agri (CANTERI, 2001). Os dados de mortalidade foram

submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) e comparações das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls, utilizando-se o programa Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA SOBRE FÊMEAS DE *H. hampei*, EXPOSTAS À FRUTOS DE CAFÉ (*C. arabica*), SUBMETIDOS A PULVERIZAÇÃO EM TORRE DE POTTER.

Verificou-se baixa mortalidade da broca-do-café, exposta à frutos de café, submetidos a pulverização dirigida com diferentes concentrações de azadiractina (tabela 4.1). Pelos resultados, deduz-se que tanto o contato quanto a ingestão (aparelho bucal do inseto), por ocasião da perfuração dos frutos tratados, não foram suficientes para ocasionar mortalidade significativa da praga e também não protegeu os frutos de café das perfurações da broca-do-café. Vijayalakshmi et al. (2014) avaliaram quatro produtos à base nim disponíveis comercialmente, em laboratório, constatando 28,57 a 32,75% de mortalidade de fêmeas de broca-do-café, quando expostas aos frutos tratados, na concentração de 1% do produto comercial (p.c.). Quando tratados com a concentração de 2% de p.c., resultou em 42,57 a 54,28% de mortalidade, após 15 dias da aplicação. Entretanto, a campo, os autores observaram baixa eficiência dos produtos de nim, justificando tais resultados pela degradação das formulações de nim, devido às ações climáticas.

Depieri; Martinez (2010) compararam três formas de aplicação da solução aquosa de óleo emulsionável de nim à 1%, por meio de pulverizações: direta sobre a broca, direta sobre frutos e sobre frutos com os insetos. Os autores verificaram diferença significativa quando realizada a pulverização do óleo de nim sobre os frutos, resultando em 58% de mortalidade da praga e redução na quantidade de frutos broqueados (38%). Para a pulverização direta sobre os insetos e os frutos, houve aumento significativo na taxa de mortalidade (88,3%) e redução de frutos broqueados (13,8%) quando comparados aos demais tratamentos. Segundo os autores, o óleo de nim promove o efeito de contato e de ingestão sobre a broca-do-café, que atuam na mortalidade da praga, após a aplicação do inseticida.

Como já é esperado, o maior número de brocas mortas foi constatado no tratamento padrão, com clorpirifós, com 56, 66 e 68% de mortalidade aos 1, 5 e 8 dias após a pulverização, confirmando-se o efeito de “choque” deste produto, que provoca rápida mortalidade da praga a partir do primeiro dia de exposição.

**Tabela 4.1** – Mortalidade acumulada ( $\pm$  EP) de *H. hampei* exposta a frutos de café submetidos a pulverização dirigida em torre de Potter, com diferentes concentrações de azadiractina. Londrina, PR.

Tratamentos	Conc. de i.a. (mg. L <sup>-1</sup> água) (v/v)	Mortalidade acumulada <sup>1,2</sup> (%)		
		1 DAP	5 DAP	8 DAP
Azadiractina	6	4 $\pm$ 2,0 b	6 $\pm$ 2,0 b	6 $\pm$ 2,0 bc
Azadiractina	18	6 $\pm$ 4,0 b	6 $\pm$ 4,0 b	6 $\pm$ 4,0 bc
Azadiractina	36	2 $\pm$ 2,0 b	2 $\pm$ 2,0 b	2 $\pm$ 2,0 bc
Azadiractina	72	0 $\pm$ 0,0 b	0 $\pm$ 0,0 b	0 $\pm$ 0,0 c
Azadiractina	108	8 $\pm$ 2,0 ab	8 $\pm$ 2,0 ab	10 $\pm$ 3,0 ab
Azadiractina	180	0 $\pm$ 0,0 b	0 $\pm$ 0,0 b	0 $\pm$ 0,0 c
Clorpirifós	7,2	56 $\pm$ 14,0 a	66 $\pm$ 11,0 a	68 $\pm$ 10,0 a
Testemunha	-	2 $\pm$ 2,0 b	2 $\pm$ 2,0 b	2 $\pm$ 2,0 bc

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si através de comparações pareadas do teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ) e comparações das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls. <sup>2</sup>Porcentagem de mortalidade ( $n=50$ ). DAP = Dias após a pulverização.

**Fonte:** o próprio autor.

A porcentagem de frutos broqueados por *H. hampei*, nos tratamentos com a azadiractina foi semelhante a testemunha, ou seja, confirmando que a pulverização do inseticida não protegeu os frutos de café do ataque da broca (Tabela 4.2), em todas as avaliações. Diferentemente, Zorzetti et al. (2012) avaliaram os efeitos repelentes de produtos botânicos de diversas espécies, inclusive *A. indica*, em que os frutos de café tratados com os extratos não foram preferidos por *H. hampei*. A aplicação do extrato etanólico de *A. indica*, na concentração de 10%, em condições de laboratório, provocou menor porcentagem de brocas no interior dos frutos (31%) diferindo-se significativamente da testemunha (87%). Os extratos vegetais etanólicos e aquosos, nas concentrações de 10%, provenientes de folhas de *A. indica*, obtiveram índice de repelência, que classifica esses extratos como substâncias repelentes à *H. hampei* (ZORZETTI et al., 2012). Em condições de campo, foi verificado por Silva et al. (2011) que a área tratada com

o extrato de óleo de nim à 2%, apresentou apenas 5% de frutos broqueados. No entanto, a área em que foi aplicado o inseticida endossulfam, verificou-se 20%.

**Tabela 4.2** – Percentagem acumulada ( $\pm$  EP) de frutos broqueados pela broca-do-café (*H. hampei*) após a pulverização dirigida em torre de Potter, com diferentes concentrações de azadiractina. Londrina, PR.

Tratamentos	Conc. de i.a. (mg. L <sup>-1</sup> água) (v/v)	Frutos broqueados <sup>1</sup> (%)		
		1 DAP <sup>1</sup>	5 DAP <sup>1</sup>	8 DAP <sup>1</sup>
Azadiractina	6	60 $\pm$ 9	62 $\pm$ 10	68 $\pm$ 7
Azadiractina	18	62 $\pm$ 5	64 $\pm$ 5	68 $\pm$ 6
Azadiractina	36	64 $\pm$ 7	76 $\pm$ 5	78 $\pm$ 6
Azadiractina	72	60 $\pm$ 3	68 $\pm$ 2	72 $\pm$ 2
Azadiractina	108	54 $\pm$ 7	74 $\pm$ 2	74 $\pm$ 2
Azadiractina	180	50 $\pm$ 6	70 $\pm$ 0	72 $\pm$ 4
Clorpirifós	7,2	38 $\pm$ 11	40 $\pm$ 11	40 $\pm$ 10
Testemunha	-	56 $\pm$ 7	74 $\pm$ 7	76 $\pm$ 7
Valor de p	-	$p^{(2)} = 0,45^{NS}$	$p^{(2)} = 0,12^{NS}$	$p^{(2)} = 0,15^{NS}$

<sup>1</sup>Comparações pareadas do teste de Kruskal-Wallis. <sup>NS</sup>: Não significativo. DAP: Dias após a pulverização. **Fonte:** o próprio autor.

É importante ressaltar que o extrato de *A. indica* e o extrato de óleo de nim, apresentam em sua composição outras substâncias que atuam como inseticida, bem como, existe variação na concentração de azadiractina conforme o modo de extração da planta. O processo de extração com metanol, extração simples (oleosa) e aquosa, resultaram em 2478, 422 e 150 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina, respectivamente (ESPARZA-DÍAZ et al., 2010).

Também, não houve diferença significativa na percentagem de frutos broqueados no tratamento com clorpirifós. No entanto, o inseticida promoveu alta mortalidade da broca. Desta forma, apesar de verificar perfurações nos frutos a

população foi reduzida e, conseqüentemente, os danos aos frutos de café foram menores.

#### **4.2 NÚMERO DE DESCENDENTES PRODUZIDOS POR FÊMEAS ADULTAS DE *H. hampei*, APÓS SEREM EXPOSTAS À DIETA ARTIFICIAL INCORPORADA COM FORMULAÇÃO À BASE DE AZADIRACTINA.**

A incorporação da azadiractina à dieta artificial da broca-do-café provocou reduções na média de ovos e larvas observados aos 15 dias após a infestação (Tabela 4.3). Verificou-se redução significativa na média de ovos produzidos por *H. hampei*, nas concentrações de 36; 72; 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina. As fêmeas, expostas à dieta contendo 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina, produziram apenas 6,4% do total de ovos resultantes das fêmeas expostas à dieta artificial sem a incorporação da mesma. A azadiractina atua na inibição da alimentação do inseto, esse modo de ação pode estar relacionado a ocorrência de esterilidade parcial ou total dos ovos e diminuição da oviposição (SCHMUTTERER, 1990). As fêmeas adultas de *S. frugiperda* provenientes de lagartas expostas as folhas tratadas com as concentrações de 0,031; 0,063 e 0,25 mL<sup>-1</sup>. L<sup>-1</sup> de Azamax<sup>®</sup> tiveram menor fecundidade e fertilidade dos ovos, em relação a testemunha (CORREIA, 2012). A concentração de 6 mg. L<sup>-1</sup> de azadiractina, incorporada a dieta artificial da broca, resultou em semelhante produção de ovos e larvas que a dieta testemunha, indicando que a baixa concentração do ingrediente ativo não afeta a reprodução do inseto.

Até os 15 dias da infestação com fêmeas de *H. hampei*, nas dietas contendo as concentrações de 36 e 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina, não foi observado a fase larval do inseto. Isso ocorreu provavelmente, devido à redução e ao atraso na oviposição das fêmeas expostas às concentrações referidas. Conseqüentemente, houve redução significativa na progênie total obtida, nas dietas incorporadas com 36; 72 e 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina. Nestes casos, comparando-se com a dieta testemunha, os referidos tratamentos com azadiractina reduziram em 82, 85 e 94% a progênie total, respectivamente.

**Tabela 4.3** – Média ( $\pm$  EP) do número de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo e larva) de *H. hampei* e a progênie total obtida, em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até 15 dias após a infestação. Temperatura:  $24,4 \pm 0,36^\circ\text{C}$ , UR:  $47,1 \pm 3,44\%$ , ausência de luz). Londrina, PR.

Tratamento	Conc. de i.a. (mg. L <sup>-1</sup> água) (v/v)	Número de descendentes <sup>1</sup>		Progênie total <sup>2</sup>
		Ovo	Larva	
Azadiractina	6	24,0 $\pm$ 0,9 a	3,0 $\pm$ 1,1 a	135 $\pm$ 1,0 a
Azadiractina	18	12,8 $\pm$ 3,2 ab	2,6 $\pm$ 1,5 ab	77 $\pm$ 3,9 ab
Azadiractina	36	5,0 $\pm$ 1,3 bc	0,0 $\pm$ 0,0 b	25 $\pm$ 1,3 bc
Azadiractina	72	4,0 $\pm$ 1,4 bc	0,4 $\pm$ 0,4 ab	22 $\pm$ 1,6 bc
Azadiractina	108	1,6 $\pm$ 1,4 c	0,0 $\pm$ 0,0 b	8 $\pm$ 1,4 c
Testemunha	-	25,0 $\pm$ 5,9 a	3,4 $\pm$ 1,2 a	142 $\pm$ 6,6 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si através de comparações pareadas do teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ) e comparações das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls.<sup>2</sup>Soma total do número de descendentes obtidos em cada tratamento, entretanto, foram utilizadas as médias de descendentes obtidas em cada tratamento, para o teste estatístico. **Fonte:** o próprio autor.

A oviposição das fêmeas de *H. hampei*, nas dietas contendo diferentes concentrações de azadiractina, não diferiram das fêmeas presentes na dieta testemunha, aos 30 dias da infestação (Tabela 4.4). No entanto, esses resultados podem variar de acordo com a espécie estudada, como verificado por Costa (2010b), que após 30 dias da aplicação com três formulações de óleo de nim (1000, 2000 e 4000 mg. L<sup>-1</sup> de azadiractina) à 0,3% da formulação de nim sobre grãos de feijão, constatou que as formulações afetaram significativamente o número total de ovos produzidos por *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). Em algumas espécies de insetos, a azadiractina atua como repelente ou deterrente de

oviposição, redução da fertilidade e fecundidade dos adultos (MARTINEZ, 2011).

**Tabela 4.4** – Média ( $\pm$  EP) do número de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva e pupa) de *H. hampei* e a progênie total obtida, em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até 30 dias após a infestação. Temperatura:  $25,5 \pm 0,51^\circ\text{C}$ , UR:  $54,6 \pm 2,43\%$ , ausência de luz). Londrina, PR.

Trat.	Conc. de i.a. (mg. L <sup>-1</sup> água) (v/v)	Número de descendentes <sup>1</sup>			Progênie total <sup>3</sup>
		Ovo (NS)	Larva <sup>2</sup>	Pupa <sup>2</sup>	
<b>Azad.</b>	6	46,0 $\pm$ 6,9	38,2 $\pm$ 6,8 a	0,6 $\pm$ 0,6 b	424 $\pm$ 10,0 a
<b>Azad.</b>	18	22,8 $\pm$ 6,8	11,4 $\pm$ 5,6 b	0,2 $\pm$ 0,2 b	172 $\pm$ 11,0 b
<b>Azad.</b>	36	34,4 $\pm$ 5,5	8,8 $\pm$ 1,4 b	-	216 $\pm$ 6,0 ab
<b>Azad.</b>	72	26,8 $\pm$ 7,6	3,4 $\pm$ 2,1 b	-	151 $\pm$ 9,6 b
<b>Azad.</b>	108	21,6 $\pm$ 7,7	2,6 $\pm$ 1,2 b	-	121 $\pm$ 8,1 b
<b>Test.</b>	-	28,0 $\pm$ 6,2	48,6 $\pm$ 11,2 a	6,0 $\pm$ 1,4 a	413 $\pm$ 17,1 a
CV (%)		50,97	35,93	35,49	48,73

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>2</sup>Médias transformadas em  $\sqrt{x+0,5}$ . <sup>3</sup>Soma total do número de descendentes obtidos em cada tratamento, entretanto, foram utilizadas as médias de descendentes obtidas em cada tratamento, para o teste estatístico. (NS): Não significativo. Azad.: Azadiractina. Trat.: Tratamento. Test.: Testemunha.

**Fonte:** o próprio autor.

Por outro lado, a média de larvas observadas nas dietas contendo a azadiractina foi significativamente menor que na dieta testemunha, exceto na dieta com 6 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina. A dieta incorporada com 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina apresentou a média de 2,6 larvas, enquanto que na testemunha obteve-se 48,6 larvas de *H. hampei*. Foi verificado a fase de pupa somente na dieta testemunha e nas dietas contendo as concentrações de 6 e 18 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina. Esses resultados indicam que a azadiractina influenciou negativamente a biologia da broca-do-café, quando comparada a dieta testemunha. Esta hipótese é suportada pelo estudo realizado por Cirero et al. (2002), os autores avaliaram a

reprodução de fêmeas de *H. hampei*, em dieta artificial, após oito dias da infestação, foram verificadas as primeiras posturas, aos 21 dias observou-se a fase larval e aos 28 dias, foram constatados pupas e adultos da geração F1 de *H. hampei*.

No presente estudo, foi constatada redução significativa na progênie total obtida, nas dietas incorporadas com 18, 72 e 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina. Nestes casos, os referidos tratamentos com azadiractina reduziram em 58, 63 e 71% a progênie total, respectivamente.

Resultados similares foram observados nas avaliações aos 45 dias da infestação com as fêmeas de *H. hampei*, em dieta incorporada com diferentes concentrações de azadiractina (Tabela 4.5). A média de ovos observada nos tratamentos, com as concentrações de azadiractina não diferiram da testemunha, como verificado nas avaliações aos 30 dias da infestação. Porém, para a fase larval, houve diferença significativa, na concentração de 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina, quando comparada as demais concentrações e a testemunha. Esses resultados demonstram que a azadiractina, presente na dieta, não influenciou na quantidade de ovos produzidos. Entretanto, possivelmente o inseticida, na concentração de 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina tenha afetado a viabilidade dos ovos da broca-do-café, e conseqüentemente resultou em menor número de larvas. A atividade ovicida da azadiractina foi constatada em ovos de *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae), resultando em apenas 6% de ovos viáveis (BIERMANN, 2009). No entanto, torna-se importante verificar a presença de azadiractina no interior dos frutos de café e se o inseticida seria capaz de afetar a viabilidade dos ovos de *H. hampei*.

Dentre os tratamentos constituído por dieta incorporada com azadiractina, somente as concentrações menores de 6 e 18 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina resultaram no desenvolvimento do ciclo completo do inseto (ovo até adulto). A concentração de 6 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina não diferiu da testemunha, na emergência de adultos da broca-do-café. A emergência de adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), não foi observada em grãos de feijão tratados com óleo de nim, contendo as concentrações de 1000, 2000 e 4000 mg. L<sup>-1</sup> de azadiractina (COSTA, 2014). O óleo de nim, aplicado sobre grãos de feijão, promoveu a redução na emergência de insetos-adultos de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), de acordo com o aumento da dose do óleo (dose-dependente) (LALE; MUSTAPHA, 2000).

**Tabela 4.5** – Média ( $\pm$  EP) do número de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adultos) de *H. hampei* e a progênie total obtida, em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até 45 dias após a infestação. Temperatura:  $26,3 \pm 0,51^\circ\text{C}$ , UR:  $49,4 \pm 2,09\%$ , ausência de luz. Londrina, PR.

Tratamento	Conc. de i.a (mg. L <sup>-1</sup> de água) (v/v)	Número de descendentes <sup>1</sup>				Progênie total <sup>3</sup>
		Ovo <sup>(NS)</sup>	Larva <sup>2</sup>	Pupa <sup>2</sup>	Adulto <sup>2</sup>	
Azadiractina	6	37,0 $\pm$ 6,6	48,4 $\pm$ 9,7 ab	27,40 $\pm$ 1,9 a	21,4 $\pm$ 5,7 a	671 $\pm$ 10,0 a
Azadiractina	18	37,2 $\pm$ 4,9	70,0 $\pm$ 9,9 a	3,20 $\pm$ 1,3 b	0,4 $\pm$ 0,4 b	554 $\pm$ 11,7 ab
Azadiractina	36	39,2 $\pm$ 3,8	48,0 $\pm$ 5,3 ab	0,40 $\pm$ 0,4 b	-	438 $\pm$ 6,7 ab
Azadiractina	72	55,8 $\pm$ 5,1	27,0 $\pm$ 5,7 b	0,20 $\pm$ 0,2 b	-	415 $\pm$ 8,4 ab
Azadiractina	108	45,0 $\pm$ 9,9	5,2 $\pm$ 1,7 c	-	-	251 $\pm$ 11,0 b
Testemunha	-	53,0 $\pm$ 16,0	37,2 $\pm$ 10,6 ab	20,0 $\pm$ 4,9 a	34,0 $\pm$ 9,7 a	721 $\pm$ 34,8 a
CV (%)		44,19	25,03	26,38	35,39	36,84

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>2</sup>Médias transformadas em  $\sqrt{x+0,5}$ . <sup>3</sup>Soma total do número de descendentes obtidos em cada tratamento, entretanto, foram utilizadas as médias de descendentes obtidas em cada tratamento, para o teste estatístico.

<sup>(NS)</sup>: Não significativo. **Fonte:** o próprio autor.

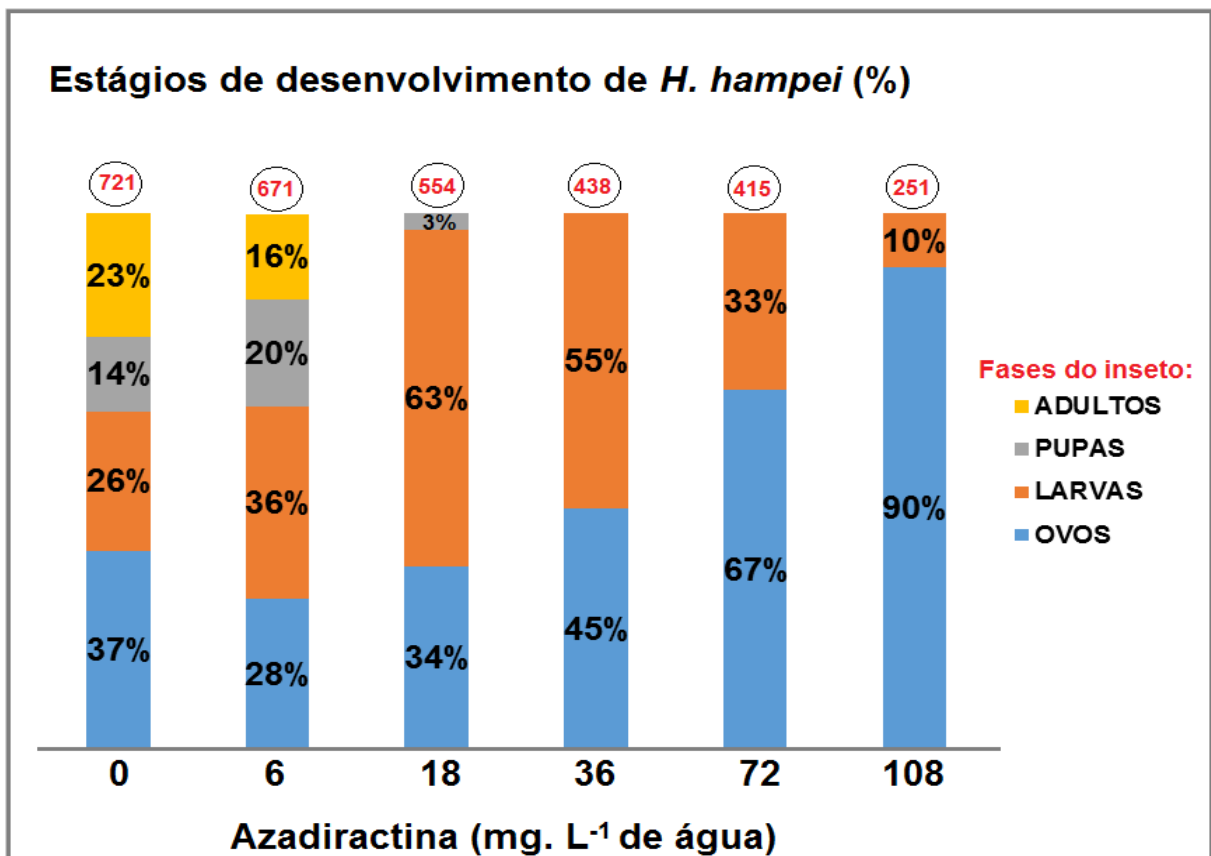
Nas concentrações 6, 18 e 36 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina o número de larvas observadas foram superiores quando comparadas com as duas concentrações maiores de azadiractina. No entanto, na dieta contendo 18 e 36 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina, verificou-se baixo número de pupas e os insetos adultos foram constatados somente na dieta com 18 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina. Esses resultados podem indicar que a azadiractina promoveu o prolongamento do estágio larval nos tratamentos referidos. A dieta artificial incorporada com 0,25 e 0,50% de óleo de nim prolongou a fase larval de *Argyrotaenia sphaleropa* (Lepidoptera: Tortricidae) (MORANDI FILHO et al., 2006). Foi verificada a deterrência alimentar e a inibição de crescimento em lagartas recém-eclodidas de *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), após as mesmas serem alimentadas com dieta contendo 5% de extrato de folhas de *A. indica* à 10% (SANTIAGO, 2005).

Na dieta testemunha foram observados 146 fêmeas e 24 machos de *H. hampei* da primeira geração. Assim, a razão sexual foi de 6:1 (fêmeas:macho). No entanto, na dieta incorporada com 6 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina foram constatados 96 fêmeas e 11 machos da primeira geração, obtendo-se a razão sexual de 8,7:1 (fêmeas:macho). A azadiractina provoca diversas anomalias nos insetos, atuando como reguladora de crescimento, por meio da paralização do desenvolvimento ou ecdise, prejudicando o crescimento das larvas. Também, pode causar mortalidade nos descendentes, nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adultos). Os insetos sobreviventes aos efeitos da azadiractina podem prejudicar a população, por apresentarem as referidas anomalias. Portanto, a gravidade das implicações ocasionadas por este limonóide vai depender da concentração do mesmo e da espécie do inseto. As concentrações entre 100 e 500 mg. L<sup>-1</sup> de azadiractina afetam negativamente os Coleópteros (MARTINEZ, 2011).

Desta forma, os efeitos resultantes da incorporação da azadiractina à dieta artificial da broca-do-café, indicam uma perspectiva real de redução populacional da praga, seja pela ação direta efetiva do referido princípio ativo, seja pela ação indireta, predispondo os indivíduos sobreviventes de *H. hampei* à ação de inimigos naturais (parasitoides, predadores e patógenos). Sabe-se que os fatores responsáveis pela mortalidade natural da broca-do-café nos cafezais são: parasitismo; os insetos predadores como os percevejos da família Anthocoridae e formigas; a ocorrência de distúrbios fisiológicos (ovos inviáveis e ecdise incompleta

em larvas e pupas) e a infestação por fungos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* (CHEDIAK, 2009), dentre outros.

Destaca-se que a progênie total, ou seja, a soma dos descendentes (ovo, larva, pupa e adultos) da geração F1 de *H. hampei*, obtidos nas dietas incorporadas com as concentrações de 36 e 72 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina, é constituída somente por ovos e larvas (Figura 4.1). Neste caso, as porcentagens de ovos e larvas são maiores que as encontradas na dieta testemunha, pois nesta observou-se todos os estágios de desenvolvimento da broca-do-café (ovo, larva, pupa e adultos). A dieta incorporada com 108 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina apresenta 90% de ovos e 10% de larvas da progênie total. Assim, é possível considerar que a azadiractina afetou biologia de *H. hampei*, devido à grande quantidade de ovos e larvas encontrados nas maiores concentrações e a ausência dos estágios de pupa e adultos do inseto.



**Figura 4.1** – Percentagem de descendentes nos diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adultos) de *H. hampei*, em relação a progênie total, obtidos em dieta artificial contendo diferentes concentrações de azadiractina até os 45 dias após a infestação. Londrina, PR. \*Valores (721; 671; 554; 438; 415 e 251) são referentes a progênie total obtida, que é a soma total do número de descendentes obtidos em cada tratamento. **Fonte:** o próprio autor.

### **4.3 MORTALIDADE DE FÊMEAS DE *H. hampei*, EXPOSTAS À FOLHAS DE CAFÉ (*C. arabica*), TRATADAS COM AZADIRACTINA E COM INSETICIDAS SINTÉTICOS.**

Na primeira avaliação, observou-se mortalidade significativa da broca-do-café quando os insetos estiveram em contato com folhas de cafeeiro tratadas com os inseticidas clorpirifós e etofenproxi (Tabela 4.6). No entanto, a azadiractina não provocou mortalidade significativa de adultos, quando comparada a testemunha um dia após a imersão das folhas nos respectivos tratamentos (1 DAI), mas houve diferença significativa após 3 e 7 DAI. Destaca-se que a concentração de 96 (mg. L<sup>-1</sup>) de azadiractina provocou 42% de mortalidade da broca-do-café, não diferindo dos tratamentos com clorpirifós e etofenproxi, aos 3 e 7 dias após a imersão das folhas em calda. A bioatividade do extrato de nim sobre a broca-do-café, considerando o contato entre o inseto e uma superfície tratada foi avaliada por Zorzetti et al. (2012). Os autores ofereceram aos adultos, folhas de cafeeiro tratadas previamente por imersão, em solução contendo extrato etanólico de *A. indica*, na concentração de 10%. Em condições de laboratório, foi verificada média de 42% de mortalidade da broca, demonstrando que a atividade inseticida ocorre tanto no contato com folhas úmidas quanto com folhas secas, após o tratamento com inseticidas.

A mortalidade das fêmeas de *H. hampei*, nas folhas de café tratadas com os inseticidas ciantraniliprole e clorantraniliprole, não diferiu da testemunha, considerando todos os períodos de avaliações (1, 3 e 7 dias após a imersão das folhas) nos respectivos tratamentos, ou seja, esses produtos não foram eficientes.

**Tabela 4.6** – Mortalidade acumulada ( $\pm$  EP) de *H. hampei* exposta a folhas de café submetidas a imersão em calda, com diferentes concentrações da azadiractina e de inseticidas sintéticos. Londrina, PR.

Tratamentos	Conc.de i.a (mg. L <sup>-1</sup> de água) (v/v) ou (p/v)	Mortalidade acumulada <sup>1</sup> (%)		
		1 DAI	3 DAI	7 DAI
Azadiractina	96	24 $\pm$ 13 bc	42 $\pm$ 13 ab	42 $\pm$ 13 ab
Ciantraniliprole	437,5	6 $\pm$ 4 bc	6 $\pm$ 4 bc	10 $\pm$ 5 bc
Clorantraniliprole <sup>2</sup>	78,8	0 $\pm$ 0 c	0 $\pm$ 0 c	4 $\pm$ 2 bc
Clorpirifós	7200	100 $\pm$ 0 a	100 $\pm$ 0 a	100 $\pm$ 0 a
Etofenproxi	250	36 $\pm$ 13 ab	56 $\pm$ 12 a	68 $\pm$ 13 a
Testemunha	-	0 $\pm$ 0 c	0 $\pm$ 0 c	0 $\pm$ 0 c

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si através de comparações pareadas do teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ) e comparações das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls. <sup>2</sup>Concentração em p/v. DAI = Dias após a imersão das folhas. EP = Erro padrão. **Fonte:** o próprio autor.

#### **4.4 BIOATIVIDADE DA AZADIRACTINA E DE INSETICIDAS SINTÉTICOS SOBRE FÊMEAS DE *H. hampei*, EXPOSTAS À FRUTOS DE CAFÉ (*C. arabica*), SUBMETIDOS A PULVERIZAÇÃO EM TORRE DE POTTER.**

Na primeira avaliação, não foi verificada diferença significativa na percentagem de frutos broqueados por fêmeas de *H. hampei* nos respectivos tratamentos (Tabela 4.7). A pulverização de azadiractina sobre os frutos não protegeu do ataque da broca-do-café. A porcentagem de frutos broqueados foi semelhante à testemunha. Em ensaios de campo, conduzidos em 8 áreas de café nos estados de Minas Gerais e São Paulo, Conceição et al. (2010) verificaram que duas aplicações com a formulação à base de azadiractina (Azamax<sup>®</sup> à 0,8 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup>) proporcionaram somente 2,4% de frutos brocados, sendo que a testemunha apresentou 10% de frutos broqueados. A aplicação do óleo de nim (Organic Nim<sup>®</sup>) a 3% sobre frutos de cafeeiro resultaram em 88% de mortalidade da broca-do-café (CARRARA et al., 2008).

Os frutos de café, pulverizados com o inseticida ciantraniliprole não diminuiu o ataque da broca-do-café, obtendo-se alta porcentagem de frutos broqueados, como constatado na testemunha. Diferentemente, Tatagiba et al. (2012), avaliaram, em campo, a dose de 1,75 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup> de ciantraniliprole, após duas pulverizações com o inseticida (intervalo de aplicação de 43 dias), e observaram redução significativa de 89,4% de frutos broqueados, ou seja, com danos provocados por *H. hampei* na semente. Após 30 dias da segunda pulverização com a dose de 1,75 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup> de ciantraniliprole, foi constatado apenas 3,5% de brocas vivas no interior de frutos broqueados diferindo da testemunha, em que se obteve 35,7% de indivíduos vivos (SOUZA et al., 2012). Após 30 dias da primeira pulverização com a dose de 2,0 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup> de ciantraniliprole, foi constatada eficiência de controle de 91% que resultou em 2,58% de brocas vivas no interior de frutos broqueados, diferindo da testemunha com 29,78% de indivíduos vivos (SOUZA et al., 2013).

**Tabela 4.7** – Percentagem acumulada de frutos broqueados ( $\pm$  EP) por *H. hampei* após a pulverização dirigida em torre de Potter, com azadiractina e com inseticidas sintéticos. Londrina, PR.

Tratamentos	Conc. de i.a (mg. L <sup>-1</sup> de água) (v/v) ou (p/v)	Frutos broqueados (%)		
		1 DAP <sup>1</sup>	5 DAP <sup>2</sup>	7 DAP <sup>2</sup>
Azadiractina	96	44 $\pm$ 10	74 $\pm$ 5 bc	80 $\pm$ 3 bc
Ciantraniliprole	437,5	52 $\pm$ 4	78 $\pm$ 5 c	82 $\pm$ 2 c
Clorantraniliprole <sup>3</sup>	78,8	58 $\pm$ 4	64 $\pm$ 2 abc	68 $\pm$ 6 abc
Clorpirifós	7200	44 $\pm$ 4	56 $\pm$ 2 a	56 $\pm$ 2 a
Etofenproxi	250	40 $\pm$ 8	58 $\pm$ 8 ab	64 $\pm$ 7 ab
Testemunha	-	54 $\pm$ 9	78 $\pm$ 5 c	80 $\pm$ 3 bc
F	-	1,03 <sup>NS</sup>	-	-

<sup>1</sup>Análise de variância: 1 critério, p>0,05. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si através de comparações pareadas do teste de Kruskal-Wallis (P<0,05) e comparações das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls. <sup>3</sup>Concentração em p/v. <sup>NS</sup>: Não significativo. DAP = Dias após a pulverização. EP = Erro padrão. P.C = produto comercial. i.a = ingrediente ativo. **Fonte:** o próprio autor.

Em campo, após 30 dias das pulverizações com ciantraniliprole 100 OD, nas doses de 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; e 2,0 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup>, a porcentagem de frutos broqueados não variou significativamente entre as doses do inseticida (média de 21,8% de frutos broqueados) e nem com a testemunha (26,7%). No entanto, aos 30 dias da segunda aplicação foi verificada menor porcentagem de frutos broqueados em todas as doses de ciantraniliprole, exceto para a dose de 1,5 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup>, média de 16,3% de frutos brocados enquanto que na testemunha houve 30,6%. Aos 90 dias da segunda aplicação do inseticida, todas as doses apresentaram diminuição significativa na porcentagem de frutos broqueados (média de 12,3% de frutos brocados), e a testemunha (29,9%). Segundo os autores, o inseticida apresenta potencial de redução da população de *H. hampei*, mesmo em níveis de alta infestação (população inicial de 15%), e justificam que a eficiência do produto seria maior se o mesmo tivesse sido aplicado conforme a recomendação de 3-5% de frutos broqueados (SOUZA et al., 2013).

Aos cinco e sete dias da pulverização, somente os frutos tratados com clorpirifós e etofenproxi obtiveram menor porcentagem de frutos broqueados pela praga, diferindo da testemunha. Nestes casos, a pulverização com clorpirifós ocasionou 22% de redução de frutos broqueados, enquanto que nos frutos tratados com etofenproxi, foi de 20%, em relação à testemunha.

#### **4.5 MORTALIDADE DE FÊMEAS DE *H. hampei*, SUBMETIDAS À PULVERIZAÇÃO DIRETA SOBRE OS INSETOS, COM AZADIRACTINA E COM INSETICIDAS SINTÉTICOS.**

A mortalidade de fêmeas adultas de *H. hampei* foi observada após a pulverização dirigida com os inseticidas azadiractina, ciantraniliprole e clorpirifós (Tabela 4.8). Após um dia, verificou-se respectivamente 38, 46 e 100% de brocas mortas. Os resultados obtidos por Depieri; Martinez (2010) verificaram que a aplicação da solução aquosa de óleo emulsionável de nim à 1%, por meio de pulverizações: direta sobre a broca-do-café, resultaram em baixa mortalidade, ou seja, somente 9% a mais que a testemunha. No entanto, o trabalho realizado por Dutra (2012) resultou em maior mortalidade da broca-do-café, que avaliou três extratos de anonáceas, um extrato de *Tephrosia vogelli* e uma formulação à base de azadiractina (Azamax® à 2%) sobre a broca-do-café, em laboratório. Todos os

tratamentos diferiram da testemunha, sendo que a formulação à base de azadiractina causou 90% de mortalidade de *H. hampei*, após um dia da aplicação. Assim como a aplicação do óleo de nim (Organic Nim<sup>®</sup>) à 3% sobre adultos provocou 70% de mortalidade da broca-do-café (CARRARA et al., 2008).

O inseticida ciantraniliprole promoveu apenas 56% de mortalidade de *H. hampei* após 10 dias da pulverização em torre de Potter. Por outro lado, foi constatado em campo por Tatagiba et al. (2012), que o controle da broca-do-café atingiu 97% quando realizada duas pulverizações com a dose de 2,0 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup> do inseticida (intervalo entre as aplicações foi de 43 dias). Provavelmente, essa alta eficiência se deve a maior dose utilizada e por ter realizado duas aplicações. A aplicação tópica sobre adultos do coleóptero *D. ponderosae*, resultou em menor sobrevivência do inseto quando foi utilizado nas aplicações as concentrações de 500 e 5000 mg. L<sup>-1</sup> de ciantraniliprole. Segundo os autores, após 12 e 24 horas da aplicação, obteve-se a CL50 de ciantraniliprole de 521,8 e 141,5 mg. L<sup>-1</sup> (FETTING et al., 2011).

O inseticida clorpirifós promoveu 100% de mortalidade da broca um dia após a pulverização (1 DAP), demonstrando a seu efeito de “choque” sobre a praga resultando em alta eficiência de controle. Na Colômbia, Tabares-Carrillo et al. (2008), em campo, constataram que clorpirifós promoveu entre 87 e 92% de mortalidade de *H. hampei*. A infestação natural da praga foi de 3-10%. Nas parcelas infestadas artificialmente com a broca-do-café (88-98% infestação), foi verificado de 82 a 93% de brocas mortas, após as pulverizações com clorpirifós, utilizando diferentes equipamentos. Resultados semelhantes foram observados por Valencia-Noreña et al. (2001) avaliando a eficiência do inseticida Lorsban 4 EC (44,45% de Clorpirifós), pulverizado simultaneamente com fungicidas para o controle da *H. vastatrix*. Para todos os tratamentos foi utilizada a dose de 1,5 L<sup>-1</sup>. ha<sup>-1</sup> de clorpirifós, após três dias das aplicações. Constatou-se que os fungicidas não afetaram o desempenho do clorpirifós sobre a broca-do-café. Houve 90% de mortalidade de *H. hampei* em todos os tratamentos constituídos por este inseticida, não diferindo dos tratamentos com endossulfam (100% de brocas mortas).

**Tabela 4.8** – Mortalidade acumulada ( $\pm$  EP) de *H. hampei* quando submetida à pulverização dirigida em torre de Potter, com azadiractina e com inseticidas sintéticos. Londrina, PR.

Tratamentos	Conc. de i.a (mg. L <sup>-1</sup> de água) (v/v) ou (p/v)	Mortalidade acumulada <sup>1</sup> (%)			
		1 DAP	3 DAP	7 DAP	10 DAP
Azadiractina	96	38 $\pm$ 10,00 ab	44 $\pm$ 11,00 ab	44 $\pm$ 11,00 ab	44 $\pm$ 11,00 ab
Ciantraniliprole	437,5	46 $\pm$ 5,00 a	54 $\pm$ 7,00 a	54 $\pm$ 7,00 ab	56 $\pm$ 9,00 ab
Clorantraniliprole <sup>2</sup>	78,8	0 $\pm$ 0,00 c	0 $\pm$ 0,00 c	0 $\pm$ 0,00 c	0 $\pm$ 0,00 c
Clorpirifós	7200	100 $\pm$ 0,00 a	100 $\pm$ 0,00 a	100 $\pm$ 0,00 a	100 $\pm$ 0,00 a
Etofenproxi	250	4 $\pm$ 4,00 bc	4 $\pm$ 4,00 bc	8 $\pm$ 4,00 bc	10 $\pm$ 4,00 bc
Testemunha	-	0 $\pm$ 0,00 c	0 $\pm$ 0,00 c	0 $\pm$ 0,00 c	0 $\pm$ 0,00 c

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si através de comparações pareadas do teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ) e comparações das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls. <sup>2</sup>Concentração em p/v. DAP = Dias após a pulverização. EP = Erro padrão. **Fonte:** o próprio autor.

Não foram constatadas diferenças significativas entre a testemunha e o inseticida clorantraniliprole, não ocasionando a mortalidade da broca-do-café até os 10 dias após a pulverização em torre de Potter com a concentração de 78,8 (mg. L<sup>-1</sup>) do ingrediente ativo. Como não houve mortalidade da broca-do-café quando exposta às folhas tratadas e submetida à pulverização direta com o clorantraniliprole, possivelmente a concentração utilizada nos bioensaios com este inseticida foi muito baixa para ocasionar efeitos de mortalidade sobre a praga. Esta hipótese é suportada pelo estudo realizado por Fetting et al. (2011), os autores avaliaram a aplicação tópica sobre adultos do coleóptero *D. ponderosae*, e constataram que a sobrevivência do inseto foi menor quando se utilizou a concentração de 5000 mg. L<sup>-1</sup> de clorantraniliprole, sendo que após 12 e 24 horas da aplicação, a CL50 de clorantraniliprole foi de 6298,9 e 1384,4 mg. L<sup>-1</sup>.

Também, não foi constatada diferença significativa entre a testemunha e o inseticida etofenproxi, provocando apenas 10% de mortalidade da broca-do-café até os 10 dias após a pulverização em torre de Potter com a concentração de 250 (mg. L<sup>-1</sup>) do ingrediente ativo. A eficácia no controle da broca-do-café em campo, foi verificada por Miranda (2009), o autor não constatou diferenças significativas na eficiência de controle dos inseticidas clorpirifós e etofenproxi aos 15, 30, 45 e 60 dias após as aplicações, sendo de 21,5 e 15,7% na primeira avaliação e aos 60 dias apresentou 17,7 e 10,7%, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

A azadiractina afeta negativamente a biologia de *Hypothenemus hampei*, após aplicações indiretas e diretas sobre a praga, com potencial para redução populacional do inseto.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos bioensaios indicam efeitos negativos na biologia do inseto, após ingestão da azadiractina pela broca-do-café.

Em campo, vislumbra-se efeito tanto sobre a população ocorrente nas lavouras, por ocasião da aplicação do produto à base de azadiractina, bem como, nas gerações subsequentes, responsáveis pelas infestações secundárias.

Destaca-se também a importância de se diagnosticar a presença de azadiractina nos tecidos dos frutos de café e estádios de desenvolvimento dos frutos, após pulverização de diferentes concentrações do referido princípio ativo, visando definir a melhor tática de aplicação. Sugere-se também estudos sobre o melhor momento de aplicação do produto a base de azadiractina, bem como, de níveis de controle.

## REFERÊNCIAS

- ABIC – **Associação Brasileira da Indústria de Café**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=61#prodanual2014>>. Acesso em: 19 set. 2015.
- ADAPAR – **Agrotóxicos no Paraná**. Disponível em: <<http://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp>>. Acesso em: 04 Abr. 2016.
- AGROFIT, 2016. **Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 04 Abr. 2016.
- ALVES, J.D. Morfologia do cafeeiro. In: Carvalho, C.H.S. de. (Ed.). **Cultivares de café: origem, característica e recomendações**. Brasília, EMBRAPA CAFÉ, p. 33-55, 2008.
- ANDREI, 2013. **Compêndio de defensivos agrícolas - Guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. 9ª Edição. São Paulo: Andrei editora Ltda, 2013.
- ANDROCIOLO FILHO, A.; SCHOLZ, M. B. S.; LEAL, A. C.; GORRETA HUGO, R.; CARNEIRO FILHO, F. Infestação de broca-do-café em cafeeiros cultivados no sistema orgânico ou em fase de conversão e no sistema convencional no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Anais...** Varginha: Fundação Procafé, 2005. p. 337-338.
- ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; QUIROS, O.; WILCHES, A.; LASHERMES, P.; BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, v. 118, p. 53–65, 2001.
- ANVISA, 2015. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal>. Acesso em: 05 abr. 2015.
- AYRES, M., AYRES Jr, M., AYRES, D. L., SANTOS, A. A. S. **Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: IDSM, 2007. 364p.
- BARRERA, J. F. 2002. La broca del café: una plaga que liegó para quedarse. pp. 17–20. In Barrera, J. F., **Tres plagas del café en Chiapas**. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- BENASSI, V.L.R.M; CARVALHO, C.H.S. Preferência de ataque a frutos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* pela broca-do-café (*Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 Coleoptera, Scolytidae). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 69, n. 1, 1994.
- BENASSI, V. L. R. M. Aspectos biológicos da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (Coleoptera: scolyidae), em *Coffea canephora*. In: SIMPÓSIO DE

PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café; Minasplan, 2000. p. 1181-1184.

BENASSI, V.L.R.M. Parasitóides da broca-do-café no Brasil: Histórico e Perspectivas In: HOMANN, C. L. (Org.). **Manejo da broca-do-café: workshop internacional**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 255- 262.

BERGAMIN, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café "*Hypothenemus hampei*" (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 14, p. 31-72, 1943.

BIANCO, R. Desenvolvimento e validação de um plano de amostragem sequencial binomial (presença - ausência) para a broca do café (*Hypothenemus hampei*). In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...**/ Brasília; Embrapa Café e MINASPLAN 2000. v.2, p. 279-282.

BIANCO, R. Monitoramento da broca do café: Viabilidade técnica e econômica do uso da tabela de amostragem do IAPAR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001, Vitória, ES, 2001, **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. p.1993-1998.

BIERMANN, A.C.S. **Bioatividade de inseticidas botânicos sobre *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae)**. 2009. 72 fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2009.

BREDA, M. O.; OLIVEIRA, J. V.; MARQUES, E. J.; FERREIRA, R. G.; SANTANA, M. F. Inseticidas botânicos aplicados sobre *Aphis gossypii* e seu predador *Cycloneda sanguinea* em algodão-colorido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1424-1431, 2011.

BRUNHEROTTO, R.; VENDRAMIM, J.D. Bioatividade de extratos aquosos de *Melia azedarach* L. sobre o desenvolvimento de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 455-459, 2001.

BUSTILLO, A.E.; CÁRDENAS, R.; POSADA, F.J. Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 635-639, 2002.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CÁRDENAS, M.C.; BRITO, R.V.M.; GIRALDO, H.; AQUINO, A. Biología de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) bajo condiciones de campo, en el estado Táchira, Venezuela. **Entomotropica**, v. 22, n. 2, p. 49-55, 2007.

CARRARA, R.B.; PESSOA, L.G.A.; LOUREIRO, E.S. Efeito do óleo de nim (*Azadirachta indica*) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), em laboratório. In: XXII Congresso Brasileiro de Entomologia, Uberlândia, MG, 2008. **Resumo...**

CHEDIAK, M. **Dinâmica e fatores-chave de mortalidade da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*)**. 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

CIREROL, B.; INFANTE, F.; CASTILLO, A. Análisis químico de la nueva dieta merídica para *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), com notas biológicas de su desarrollo em este substrato. **Folia Entomológica Mexicana**, v. 41, n. 2, p. 185-193, 2002.

CLOYD, R. Natural indeed: Are natural insecticide safer and better then conventional insecticide? **Illinois Pesticide Review**, v. 17, p. 1-3, 2004.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Safra 2015**. Quarto Levantamento, Brasília, dezembro de 2015. Disponível em:< [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_12\\_17\\_09\\_02\\_47\\_boletim\\_cafe\\_dezembro\\_2015\\_2.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_02_47_boletim_cafe_dezembro_2015_2.pdf) > 64 p. Acesso em 28 Jan. 2016.

CONCEIÇÃO, J.J.C.; LESSI, R.A.; MATIELLO, J.B.; BARBOSA, E.; FRANCISCHELLI, R.A. Eficiência do novo inseticida natural – azamax (azadiractina) no controle da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). In: Congresso Brasileiro de Café, 36, 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari, 2010.

CONSTANTINO, L. M.; NAVARRO, L.; BERRIO, A.; ACEVEDO, F. E.; RUBIO, D.; BENAVIDES, P. Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Revista Colombiana de Entomología**. v. 37, n. 2, p. 173-182, 2011.

CORREIA, A.A. **Avaliação de inseticidas sobre a biologia e embriologia de *Spodoptera frugiperda* (j.e. smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e o efeito em *Trichogramma pretiosum* riley (Hymenoptera: Richogrammatidae), parasitóide de ovos**. 2012. 75 fls. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Universidade Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2012.

CORDOVA, D; BENNER, E.A; SACHER, M.D.; RAUH, J.J.; SOPA, J.S.; LAHM, G.P. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, p. 196–214, 2006.

COSTA, J.V.T.A.; BLEICHER, E.; CYSNE, A.Q.; GOMES, F.H.T. Óleo e extrato aquoso de sementes de nim, azadiractina e acefato no controle do pulgão-preto do feijão-de-corda. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 238-241, 2010a.

COSTA, J.T. **Efeito de genótipos de feijoeiro, óleo de nim em diferentes formulações e período residual no controle de *Zabrotes subfasciatus***

**(Boheman, 1833).** 108 fls. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de ciências agrárias e veterinárias/Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP, 2010b.

COSTA, J.T.; FORIM, M.R.; COSTA, E.S.; DE SOUZA, J.R.; MONDEGO, J.M.; BOICA JUNIOR, A.L. Effects of different formulations of neem oil-based products on control *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae) on beans. **Journal of Stored Products Research**, v. 56, p. 49-53, 2014.

CURE, J.R.; SANTOS, R.H.S.; MORAES, J.C.; VILELA, E.F.; GUTIERREZ, A.P. Fenologia e dinâmica populacional da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 3, 1998.

DALVI, L.P.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R.A.; ANDRADE, G.S. Ocorrência de parasitóides associados à broca-do-café no Sul do Espírito Santo-Brasil. **Idesia**, v. 26, n. 3, p. 97-98, 2008.

DARDÓN, H. P.; FLORES, J. C. Habito y tiempo de penetration de la broca del café *Hypotenemus hampei* (Ferrari) al fruto. **Revista cafetalera**, v. 147, n. 1, p. 5-15, 1974.

DEPIERI, R.A.; MARTINEZ, S.S. Redução da Sobrevivência da Broca-do-Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e do seu Ataque aos Frutos de Café pela Pulverização com Nim em Laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 632-637, 2010.

DUTRA, V. **Mortalidade da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) por extratos de sementes de Anonáceas e *Tephrosia vogelii* Hook (Fabaceae).** 2012. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

EMBRAPA. **Cultivo do café Robusta em Rondônia.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CultivodoCafeRobCultiv/pragas.htm>> Acesso em 18 set. 2015.

ESPARZA-DÍAZ, G.; LÓPEZ-COLLADO, J.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J.A.; OSORIO-ACOSTA, F. OTERO-COLINA, G.; CAMACHO-DÍAZ, E. Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. JUSS. **Agrociencia**, v. 44, p. 821-833, 2010.

ESTADOS UNIDOS, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). **Coffee: World Markets and Trade 2015/16 Forecast Overview. (December, 2015)** Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/data/coffee-world-markets-and-trade>. Acesso em 28 Jan. 2016.

FETTING, C. J.; HAYES, C. J.; MCKELVEY, S. R.; MORI, S. R. Laboratory assays of select candidate insecticides for control of *Dendroctonus ponderosae*. **Pest Management Science**, Sussex, v. 67, n. 5, p. 548-555, 2011.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GONÇALVEZ, M.E.C.; BLEICHER, E. Atividade sistêmica de azadiractina e extratos aquosos de sementes de nim sobre o pulgão-preto em feijão-de-corda. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 177-181, 2006.

GUERREIRO-FILHO, O; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R.; SILVAROLLA, M.B.; BOTELHO, C.E. Origem e classificação botânica do cafeeiro. In: CARVALHO, C.H.S. (Org.). **Cultivares de café origem, características e recomendações**. 1ed.Brasília, DF: 2008, v. 1, p. 27-34.

GUHARAY, F.; MONTERREY, J. Manejo ecologico de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) em America Central. **Manejo Integrado de Plagas**, San José, 22, p. i-viii, set. 1997.

IBD- **Insumos aprovados**. Disponível em:<  
[http://ibd.com.br/pt/ClientesResultadoPesquisaInsumos.aspx?ID\\_CERTIFICADO=0&PRODUTO=AZAMAX&CLIENTE=&ID\\_CATEGORIA=0&ID\\_FINALIDADE=0](http://ibd.com.br/pt/ClientesResultadoPesquisaInsumos.aspx?ID_CERTIFICADO=0&PRODUTO=AZAMAX&CLIENTE=&ID_CATEGORIA=0&ID_FINALIDADE=0)>  
 Acesso em: 20 set. 2015.

MARCOLAN, A.L.; RAMALHO, A.R.; MENDES, A.M.; TEIXEIRA, C.A.D.; FERNANDES, C.F.; COSTA, J.N.M.; VIEIRA J.J.RI.; OLIVEIRA, S.J.M.; FERNANDES, S.R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. – Porto Velho: Embrapa Rondônia: EMATER-RO, 2009.

MARTINEZ, S.S; VAN EMDEN, H.F. Sublethal concentrations of azadirachtin affect food intake, conversion efficiency and feeding behaviour of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 89, p. 65-71, 1999.

MARTINEZ, S.S; VAN EMDEN, H.F. Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by azadirachtin. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 113-125, 2001.

MARTINEZ, S.S. **O nim - Azadirachta indica - natureza, usos múltiplos, produção**. 2. ed. Londrina: IAPAR, 2011. 205p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, R.S.; FERNANDES, D.R. **Cultura de Café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.

MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: Guimarães, R.J.; Mendes, A.N.G.; Souza, C.A.S. (Eds.). **Cafeicultura**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2002 p.285-300.

MIRANDA, G.R.B. **Distribuição de inseticidas em frutos do cafeeiro (*coffea arabica* L.) e eficiência no controle da broca-do-cafeeiro (*Hypothenemus hampei* F.).** 2009. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009.

MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; KOGUISHI, M.S.; RIBEIRO, A.M.A. Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 257-260, 2008.

MORANDI FILHO, W.J.M.; BOTTON, M.; GRÜTZMACHER, A.D.; NONDILLO, A. Biologia comparada de *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick, 1909) (Lepidoptera: Tortricidae) em dieta artificial contendo extratos vegetais. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n. 3, p. 325-331, 2006.

MORDUE, A. J. L.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: a update. **Journal of Insect Physiology**, v. 39, p. 903-924, 1993.

LAHM, G.P.; SELBY, T.P.; FREUDENBERGER, J.H.; STEVENSON, T.M.; MYERS, B.J.; SEBURYAMO, G. Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators. **Bioorganic & Medical Chemistry Letters**, v. 15, p. 4898–4906, 2005.

LALE, N.E.S.; MUSTAPHA, A. Potential of combining neem (*Azadirachta indica* A. uss) seed oil with varietal resistance for the management of the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (F.). **Journal of Stored Products Research**, v. 36, p. 215-222, 2000.

OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAZ, M.R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v.137, p. 1-15, 2013.

PICANÇO, M.C.; GALDINO, T.V.S.; DA S, R.S.; BENEVENUTE, J.S.; BACCI, L.; PEREIRA, R.R.; MOREIRA, M.D. Manejo integrado de pragas. In.: ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A.A. (Eds.). **O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de Produtos Fitossanitários**. - 4. ed. rev. ampl – Viçosa, MG, 2014a. p.389-436.

POTTER, C. An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray fluids. **Annals of Applied Biology**, v. 39, p.1-29, 1952.

REIS, P. R. Broca-do-café: conheça os métodos para eliminar a ameaça. **Cultivar**, Pelotas, v. 3, n. 38, p. 10-13, 2002.

REIS, P. R. Controle químico no manejo integrado da broca-do-café. In: HOMANN, C. L. (Org.). **Manejo da broca-do-café: workshop internacional**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 151-175.

REIS, P. R.; SOUZA, J.C.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A.; ZACARIAS, M.S. Manejo integrado das pragas do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.).

**Café arábica: do plantio à colheita.** Lavras: EPAMIG Sul de Minas, 2010. p. 573-688.

SANTIAGO, G.P. **Avaliação dos efeitos de extratos aquosos de plantas sobre a biologia da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) mantida em dieta artificial.** 2005. 110 Fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2005.

SCHLESENER, D.C.H.; DUARTE, A.F.; GURRERO, M.F.C.; CUNHA; U.S.; NAVA, D.E. Efeitos do nim sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e os predadores *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e *Neoseiulus californicus* (Mcgregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1, p. 059-066, 2013.

SCHMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticide from the neem tree, *Azadirachta indica*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 35, p. 271-297, 1990.

SILVA, P.A.A.; PROENÇA, E.; SCHNEIDER, L.C.L. Extrato de óleo de nim (*Azadirachta indica*) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) na cidade de Grandes Rios, PR em condições de campo. **Anais eletrônico**. Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, Maringá, PR, Brasil, 2011.

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R. **Broca-do-café: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle.** 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 40 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 50).

SOUZA, J.C.; REIS, P.R.; SILVA, R.A. Efeito do inseticida cyantraniliprole no controle da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 24., 2012, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, 2012.

SOUZA, J.C.; REIS, P.R.; SILVA, R.A.; CARVALHO, T.A.F.; PEREIRA, A.B. Controle químico da broca-do-café com cyantraniliprole. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 404-410, 2013.

SOUZA, M.S.; SILVA, A.A.; TEIXEIRA, C.A.D.; COSTA, J.N.M. Parasitismo na população da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae), pelo parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylinidae). **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 3, p: 178-182, 2014.

TABARES-CARRILLO, J.E.; VILLALBA-GAULT, D.A.; BUSTILLO-PARDEY, A.E. VALLEJO-ESPINOSA, L.F. Eficacia de insecticidas para el control de la broca del café usando diferentes equipos de aspersión. **Cenicafé**, v. 59, n. 3, p. 227-237, 2008.

TATAGIBA, J.S.; FERRAÇO, M.; BATISTA, R.S.; DAVID, L.R.C.; GONRING, A.H.R. Eficiência do novo inseticida Cyantraniliprole – DPX-HGW86 10% OD (Benevia™),

para o controle da broca (*Hypothenemus hampei*) do cafeeiro (*Coffea arabica*). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 24., 2012, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, 2012.

TEIXEIRA, C.A.D.; DE ZOUZA, O.G.; COSTA, J.N.M. Frutos de café “Conilon” brocados por *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae): Qual a importância de sua queda no decorrer da fase de frutificação? **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 390-394, 2006.

VALENCIA-NOREÑA, C.E.; VILLALBA-GAULT, D.A. Compatibilidade de insecticidas y fungicidas para el control de la broca y de la roya del cafeto. **Cenicafé**, v. 52, n. 3, p. 170-184, 2001.

VEGA, F.E.; MERCADIER, G; DAMON, A.; KIRK, A. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Togo and Cote d’Ivoire, and other insects associated with coffee beans. **African Entomology**, v. 7, n. 2, p. 243-248, 1999.

VIJAYALAKSHMI, C.K.; TINTUMOL, K.; VINODKUMAR, P.K. Effect of few Commercial Neem-Based Insecticides in the Management of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae). **The Journal of Zoology Studies**, v. 1, n. 1, p. 22-25, 2014.

VILLACORTA, A.; BARRERA, J.F. Nova dieta meridica para criação de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.22: p.405-409, 1993.

VILLACORTA, A. Erradicação da broca-do-café: é possível? In: HOMANN, C. L. (Org.). **Manejo da broca-do-café: workshop internacional**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 255- 262.

ZORZETTI, J.; NEVES, P.M.O.J.; CONSTANSKI, K.C.; SANTORO, P.H.; FONSECA, I.C.B. Extratos vegetais sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) e *Beauveria bassiana*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2849-2862, 2012.