

SHEILA ABREU MOURÃO

Penetração da Broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) em Frutos de Café em Diferentes Fases de Crescimento e Seletividade de Defensivos Agrícolas ao Fungo Entomopatogênico *Beauveria bassiana*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002**

SHEILA ABREU MOURÃO

Penetração da Broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) em Frutos de Café em Diferentes Fases de Crescimento e Seletividade de Defensivos Agrícolas ao Fungo Entomopatogênico *Beauveria bassiana*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2002.

Prof. Laércio Zambolim
(Conselheiro)

Prof. José Cola Zanuncio
(Conselheiro)

Dr. César José Fanton

Prof. Germano Leão Demolin Leite

Prof. Evaldo Ferreira Vilela
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais Artur e Angélica (*in memoriam*).

À minha filha e amiga Maria Fernanda.

Aos meus irmãos.

AGRADECIMENTO

A Deus pela proteção, pela saúde e pela luz que guiam os meus passos.

A minha filha, Maria Fernanda, pelo apoio e pela compreensão nas longas ausências.

Aos meus pais, Angélica e Artur; aos meus irmãos, Artur, Alexandre e Guilherme por tudo que são e significam para mim.

Aos professores Evaldo Ferreira Vilela, Laércio Zambolim, José Cola Zanuncio e Raul Narciso Guedes pela amizade, pela orientação e pelos ensinamentos durante a realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas e auxílios concedidos.

À BAYER S.A., pelo apoio ao desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia pelos ensinamentos transmitidos e sugestões no decorrer deste trabalho.

A minha querida amiga Onice, pela sua amizade, incentivo, carinho e compreensão que sempre esteve presente.

A Ana Paula, pela sua amizade, incentivo e carinho e, principalmente, pela sua grande alegria de viver.

Ao amigo Armando Matielli pela sua presença de espírito e por sua amizade que fez melhores, meus dias.

Aos meus queridos amigos e companheiros dos laboratórios de toxicologia, fitopatologia e controle biológico pela compreensão nos momentos de stress e alegrias na hora do café.

Aos amigos Jarbinhas, Badji, Tatá, Manuel, Márcio, Daniel, Berghem, João, Hélcio, Rodrigo, Cantarelli, Reinaldo, Victor, Baby, Nice, Carlão, Theo, Jrginho, Cristiane e todos os colegas pelo companheirismo e pelos momentos de alegria.

À D. Paula, secretária do Programa de Pós-graduação em Entomologia, pela presteza, competência e amizade.

Aos senhores Camilo e Jesus, aos funcionários do Campo do Aeroporto e do Viveiro, pelo auxílio e pela alegria durante as atividades no laboratório e Campo.

Ao Departamento de Biologia Animal, pela oportunidade de realização deste curso.

BIOGRAFIA

SHEILA ABREU MOURÃO, filha de Artur Luiz Mourão e Angélica Maria Abreu Mourão, nasceu na cidade de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, em 03 de abril de 1968.

Em 1994, graduou-se Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa. Especializou-se, em 1997, em Nutrição Mineral de Plantas pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, “Campus de Piracicaba”, Piracicaba – SP, e em 1998, em Produção de Ruminantes pela Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão – FAEPE, na Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG. Trabalhou de 1994 a 2000 na cidade de Manhuaçu, Minas Gerais, com produção e assistência técnica de mudas de café e, também, que de 1998 a 1999, nesta mesma cidade, com aplicação correta e segura de granulado de solo, como “trainier” da BAYER S/A. Iniciou, em fevereiro de 2000, o Curso de Mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do Prof. Evaldo Ferreira Vilela, submetendo-se à defesa de tese em 26 de fevereiro de 2002.

ÍNDICE

Página		
	RESUMO	vi
	ABSTRACT	ix
	1. Introdução Geral	1
	2. Literatura Citada	8
	ARTIGO 1 - Penetração da Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>) (Coleoptera: Scolytidae) em Frutos de Café em Diferentes Fases de Crescimento	
	Abstract	15
	Resumo	17
	1. Introdução	18
	2. Material e Métodos	22
	3. Resultados	26
	4. Discussão	27
	5. Literatura Citada	31
	ARTIGO 2 - Seletividade de Defensivos Agrícolas ao Fungo Entomopatogênico <i>Beauveria bassiana</i>	
	Abstract	44
	Resumo	45
	1. Introdução	46
	2. Material e Métodos	48
	3. Resultados	50
	4. Discussão	51
	5. Literatura Citada	54

RESUMO

MOURÃO, Sheila Abreu, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2002.
Penetração da Broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) em Frutos de Café em Diferentes Fases de Crescimento e Seletividade de Defensivos Agrícolas ao Fungo Entomopatogênico *Beauveria bassiana*.
Orientador: Evaldo Ferreira Vilela. Conselheiros: Laércio Zambolim e José Cola Zanuncio.

Os programas de erradicação de pragas têm dado maior ênfase ao controle biológico como alternativa para minimizar o uso de agentes químicos e se reduzir a destruição de inimigos naturais no agroecossistema cafeeiro, a resistência em insetos-praga e a contaminação ambiental por resíduos químicos. Este trabalho foi dividido em duas etapas, com a primeira abordando a penetração da broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) em frutos de café em diferentes fases de crescimento e a segunda etapa a seletividade de defensivos agrícolas ao fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*. A primeira etapa foi conduzida em cafezal de três anos de idade, com duas variedades de café *Coffea arabica* (catuai vermelho e mundo novo) e uma de *Coffea canephora* (conilon), na área experimental do aeroporto da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais. Determinou-se os tempos fisiológicos (graus-dia) em que os frutos da florada principal de cada uma das três variedades de café atingiram estágio fenológico adequado para a penetração da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Além disso, determinou-se, também o intervalo durante o trânsito dessa praga, quando suas fêmeas adultas saem à procura de novos frutos e têm capacidade de penetrá-los para

se reproduzir, e, conseqüentemente, aumentar sua população. Foram feitas considerações para a utilização dos tempos fisiológicos (graus-dia) para a tomada de decisão em programas de manejo integrado da broca do café. O inseto penetrou no mesocarpo de 50% dos frutos brocados com percentuais de umidade de 78,5; 77,4 e 75,6% e peso da matéria seca acumulada de 18,1; 28,5 e 4,8 mg. Isto equivaleu ao tempo fisiológico em graus-dia acumulados de 1825, 1943 e 1176 graus-dia para o catuaí vermelho, mundo novo e conilon, respectivamente e constitui o período de maior trânsito da broca nas variedades testadas, sendo, portanto, o momento ideal para realização de amostragem e eventuais intervenções com inseticidas. A broca tem capacidade de penetrar grãos mais jovens da variedade conilon, provavelmente devido aos menores percentuais de umidade de seus frutos durante os primeiros estágios de desenvolvimento e pode determinar maior número de gerações da broca e, conseqüentemente maiores percentuais de infestação nesta variedade. A utilização de faixas com vegetação nativa entre variedades de café pode ser importante para o manejo da broca *H. hampei*, pois variedades com floradas tardias ficam expostas a maiores populações dessa broca, que se reproduzem em frutos de variedades precoces. Além disto, essas faixas podem aumentar as populações de inimigos naturais e impedir a movimentação da praga entre talhões de café. Na segunda etapa, avaliou-se a toxicidade relativa dos inseticidas organofosforados clorpirifós-metílico, dissulfotom, etiom, paratiom-metílico; do organoclorado endosulfam; da mistura do fungicida + inseticida triadimenol + dissulfotom e dos fungicidas inibidores da demetilação de esteróis: triadimenol e tebuconazole, ao fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, patógeno da broca do café, foi estudada em laboratório. As concentrações dos pesticidas que inibiram 99% do crescimento micelial desse fungo, em miligramas de ingrediente ativo por mL, foram: tebuconazole= 0,42; paratiom-metílico= 1,69; triadimenol= 6,53; triadimenol + dissulfotom= 14,42; clorpirifós-metílico= 31,75; etiom= 7.028,96; endosulfam= 10.326,76 e dissulfotom= 763.959,86. As equações de regressão da inibição do crescimento micelial (%), em função da concentração obtidas por ensaios *in vitro*, em

meio batata-dextrose-ágar (BDA), impregnado com os ingredientes ativos destes compostos, foram usadas para se estimar a seletividade das concentrações de pesticidas prescritas para cafezais, pelos seus respectivos fabricantes. Tebuconazole, paratiom-metílico e clorpirifós-metílico foram altamente tóxicos ao fungo *B. bassiana*; endosulfam e triadimenol + dissulfotom apresentaram seletividade moderada e o triadimenol, etiom e dissulfotom foram seletivos para *B. bassiana*.

ABSTRACT

MOURÃO, Sheila Abreu, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2002. **Penetration of the Coffee Borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Coffee Fruits Different Growing Stages and Selectivity of Insecticides and Fungicides to the Entomopathogen Fungi *Beauveria bassiana*.** Adviser: Evaldo Ferreira Vilela. Committee members: Laércio Zambolim and José Cola Zanuncio.

This research was developed in a three years old coffee plantation formed by two varieties of *Coffea arabica* ‘(catuaí vermelho and novo mundo)’ and one of *Coffea canephora* “(conilon)” in an experimental area of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), in the Municipality of Viçosa, State of Minas Gerais, Brasil. The period (degree-days) when fruits of the main bloom of each one of these three coffee varieties reached appropriate phenological stage for penetration of the borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) was calculated. The period of movement of this pest when its adult females come out to search for new fruits to be colonized and consequently this borer can increase its population were also evaluated. Considerations were made aiming to use the physiological time (degree-day) for decision making in integrated management programs of the coffee borer. This insect penetrates into the mesocarp of about 50% of coffee fruits sampled with humidity of 78.5; 77.4 and 75.6% and accumulated dry weight of 18.1; 28.5 and 4.8 equivalent mg with an accumulated degree-day at the physiological time of 1,825, 1,943

and 1,176 degree-day for the catuaí vermelho, novo mundo and conilon coffee varieties, respectively. This represents the period of movement of this borer and the ideal moment of sampling and eventual control of this pest with insecticides. *H. hampei* penetrates into younger coffee fruits of the conilon variety probably due to their lower humidity during initial development stages. For this reason this borer can have a higher number of cycles in this coffee variety and, consequently a higher percentage of infestation. Management *H. hampei* populations in coffee plantations should include different varieties per plantation and the use of strips of native vegetation between them. This is necessary because later bloom coffee varieties are exposed to higher populations of this pest which reproduce in precocious ones. Besides, strips of native vegetation can increase populations of natural enemies and to difficult movement of this pest between areas planted with coffee. Studies about relative toxicity of the organofosforate insecticides methyl clorpirifos, dissulfoton, ethion, methyl parathion and the organoclorinated endosulfan, besides a mixture of the fungicide + insecticide (triadimenol + dissulfoton) and a fungicide which inhibits sterol demetilation: triadimenol and tebuconazole to the fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin pathogen of the coffee borer was evaluated in laboratory. Concentrations of pesticides with inhibition of 99% of micelial growth of this fungi in milligrams of active ingredient per mL were: tebuconazole= 0.42; methyl parathion= 1.69; triadimenol= 6.53; triadimenol + dissulfoton= 14.42; methyl clorpirifos= 31.75; ethion= 7,028.96; endosulfam= 10,326.76 and dissulfoton= 763,959.86. Regression equations of micelial growth (%) as function of concentration obtained in vitro in half potato-destroxe-agar (BDA) impregnated with active ingredients of these compounds were used to estimate the selectivity of their concentrations prescribed for coffee plantations. Tebuconazole, methyl parathion and methyl clorpirifos were highly toxic to *B. bassiana*; endosulfan and triadimenol + dissulfoton presented moderate selectivity and triadimenol, ethion and dissulfoton were selective to this fungi.

1. Introdução Geral

Produto de exportação, a cultura do café movimenta mundialmente, por ano, cerca de 35 bilhões de dólares (Caixeira 1999). Assim, é imprescindível realizar-se estudos sobre essa cultura no Brasil que foi na última década, o maior produtor mundial de café arábica, com 35% da produção mundial na safra 99/00. Além disso, o Brasil é o terceiro maior produtor de café robusta, com cerca de 12% da produção mundial, superado pelo Vietnã, líder com 25% e Indonésia com 18% deste mercado (AEC 2001). A importância econômica do café para o Brasil mostra a necessidade de maiores esforços e investimentos em pesquisa, para se reduzir o uso de pesticidas nessa cultura, o que pode diminuir os custos de produção e de resíduos no ambiente.

A broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (1867) (Coleoptera: Scolytidae), originária da África, foi introduzida na América do Sul em 1913 (Oliveira Filho 1927). Em 1988, chegou à Colômbia, onde tem causado sérios prejuízos (Baker 1985), de forma semelhante ao que ocorre no México (Baker 1984, Klein-Koch *et al.* 1988, Barrera *et al.* 1990a,b). Apesar dos esforços desenvolvidos com o controle biológico, desde a introdução dessa broca no Brasil (Hempel 1934, Bergamin 1943, Toledo 1945), esses trabalhos iniciais foram descontinuados pela popularização dos inseticidas sintéticos, de forma semelhante ao ocorrido em outros países (Waterhouse & Norris 1989). Mesmo com esses inseticidas, a broca continua sendo um fator limitante para a cultura do café, considerada praga-chave, porque reduz a produtividade e deprecia a qualidade dos frutos, atacando-os em qualquer estágio de maturação, de verdes a maduros (cerejas) ou secos. Seus danos refletem-se na perda de peso das sementes, queda de frutos em desenvolvimento, perda da qualidade do fruto para classificação, além da perda da qualidade da bebida (Souza & Reis 1993).

A vespa de Uganda, *Prorops nasuta* (Waterston) (Hymenoptera: Bethylinidae) foi introduzida no Brasil em 1929 (Hempel 1934), e a vespa do Togo, *Cephalonomia stephanoderis*

(Betrem) (Hymenoptera: Bethyidae), em 1994, pela EMCAPA (Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária) (Benassi 1998). O parasitóide de larva *P. nasuta* foi multiplicado e disseminado em lavouras no estado de São Paulo. Os resultados iniciais foram satisfatórios com esse controle biológico, mas as dificuldades de criação e multiplicação em condições artificiais, aliadas a problemas de adaptação do parasitóide levaram ao abandono dessa prática. Os inseticidas clorados, principalmente o DDT e BHC, altamente persistentes foram muito utilizados mas após a sua proibição, foram substituídos pelo endossulfam, que é, ainda hoje o mais utilizado. Mesmo assim, a vespa de Uganda ainda sobrevive em algumas regiões cafeeiras, mas a importância de seu parasitismo na redução da população da broca-do-café é pouco conhecida.

Novos estudos sobre o controle biológico da broca-do-café foram retomados no Brasil com parasitóides introduzidos no norte de Espírito Santo pela EMCAPA (Benassi 1998) e na região de Minas Gerais pela Universidade Federal de Viçosa (Vilela *et al.* 1998, Cantor *et al.* 1999). Em vários países, como o México, Equador e Colômbia, a introdução e a produção das vespas *P. nasuta* e *C. stephanoderis* tem sido incentivados (Ramirez 1995, Aristizábal *et al.* 1996, Mendonça *et al.* 1998). A Federação de Cafeicultores da Colômbia introduziu adultos de *Phymasticus coffeae* (LaSalle) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitóide de adultos da broca (Orozco & Aristizábal 1996), que oferece novas possibilidades para o controle de *H. hampei* (Gutierrez *et al.* 1998).

A broca-do-café é, também, atacada em condições naturais por fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Spicaria javanica* (Bally) e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin, considerados agentes importantes de controle biológico dessa praga (Reis & Souza 1986, Bernal *et al.* 1994, Varela & Morales 1996). Trabalhos realizados no Brasil com fungos *Beauveria* e *Metarhizium* têm apresentado alta eficiência contra a broca em condições de laboratório. Embora os resultados não sejam ainda, adequados em condições de campo, esses fungos podem ser uma alternativa viável com utilização

de linhagens selecionadas de *B. bassiana* para o controle de *H. hampei*, associado ou não a defensivos agrícolas. Por isto, é necessário se estabelecer estratégias para aplicação desse fungo em programas de manejo integrado de pragas do cafeeiro (Fernandes *et al.* 1985). O potencial de uso desses fungos é grande, pois micopesticidas compostos por suspensões do fungo *B. bassiana* são utilizados na Colômbia e no México, em programas de controle biológico da broca *H. hampei*, com alta eficiência (Bustillo 1990).

Nos cafezais brasileiros, as variedades de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* tem susceptibilidade diferentes para o desenvolvimento das fases parasitárias da broca, o que é, também, afetado por variações climáticas. Em condições favoráveis, a sobrevivência e desenvolvimento desse inseto é adequada, o que favorece sua presença nas regiões produtoras, tornando-se, indiscutivelmente, uma ameaça fitossanitária séria ao cultivar conilon (*Coffea canephora*) (IBC 1986). Além disso, a baixa remuneração proporcionada pela economia cafeeira, favorece a infestação da broca em várias regiões do país pelo abandono de técnicas culturais, como a colheita bem feita, que deve começar pelos talhões mais atacados e o 'repasse'. Ou seja, a catação dos frutos que ficaram nas árvores e no chão, aliadas à eliminação de cafezais abandonados, são as principais recomendações para o controle da broca, porque diminuem a fonte de recurso alimentar e, conseqüentemente, a população residual na safra seguinte.

O controle químico é, ainda, a tática mais utilizada para o controle da broca *H. hampei* nas regiões cafeeiras do Brasil, principalmente com o ciclodieno endossulfam, um dos poucos clorados ainda em uso agrícola no Brasil, que se diferencia dos demais compostos desse grupo pela sua menor persistência. No entanto, a utilização contínua do endossulfam para o controle de *H. hampei* tem levado à resistência da broca à esse inseticida (Brun *et al.* 1989, Brun & Suckling 1992). A resistência ao endossulfam parece ser devido à menor sensibilidade do sítio de ação desses inseticidas em populações resistentes da broca do café (Guedes & Fragoso 1999).

É preciso relacionar-se o conhecimento sobre a biologia e a dinâmica populacional da broca com a dinâmica de produção de frutos pela planta e, também, com parasitóides e fungos entomopatogênicos, para estimar-se o impacto de cada um deles no controle da praga em cafezais do Brasil. Isto implica na análise conjunta da dinâmica de três níveis tróficos, sob um determinado clima e condições agrônomicas de manejo (Gutierrez *et al.* 1998).

A broca do café *H. hampei* é considerada uma espécie monófaga e seu desenvolvimento em diferentes espécies do gênero *Coffea* é lento e só ocorre em condições de escassez de recurso, pois essa broca está ligada a um processo coevolutivo com *C. canephora*, ambos originários do centro oeste da África (Baker 1987).

No Brasil, *H. hampei* apresenta quatro gerações por ano com o desenvolvimento dos frutos, entre dezembro e maio, mas pode atingir até cinco gerações se o período da colheita for mais longo. Além disso, o ciclo da broca é interrompido pela falta de frutos adequados para oviposição, entre a colheita e o aparecimento de frutos em início de maturação da safra seguinte, quando os adultos presentes se desenvolvem em frutos secos da última colheita (Cure *et al.* 1998). Essas brocas perfuram grãos verdes ou em estado de chumbinho e ali permanecem, sem ovipositar, até que o fruto atinja o grau de maturidade necessário à oviposição.

Os conhecimentos existentes da biologia de *H. hampei* mostram que medidas de controle devem acontecer entre o final de uma safra e o aparecimento dos primeiros frutos em início de maturação da safra seguinte, concentrando o controle nos adultos, antes da oviposição (Baker 1984, Cure *et al.* 1998). IBC (1986) mostraram que a eficiência do inseticida aplicado em frutos aquosos pode ser mais alta pelas seguintes razões: 1) as brocas estão retidas superficialmente e, portanto, ao alcance do inseticida; 2) não há brocas e proles protegidas no interior dos frutos que podem escapar à ação dos inseticidas; 3) as brocas tem nessa fase, um movimento de fêmeas que voam e se locomovem, quando estão mais sujeitas a um maior contato com o inseticida.

Os cafezais hospedam muitas espécies de insetos, ácaros e fungos, algumas das quais como pragas de importância econômica enquanto outras não causam prejuízo, por serem mantidas sob controle por inimigos naturais nativos, ou controle biológico natural. A tríade do ressurgimento de pragas-chaves, do aparecimento de pragas secundárias e a resistência de pragas pelo uso contínuo do controle químico nos agroecossistemas, está diretamente relacionada à destruição de agentes de controle natural e levam, inevitavelmente, ao aumento nas doses dos produtos químicos com agravamento da situação (van den Bosch *et al.* 1982).

O controle biológico é uma das alternativas para se reduzir a dependência do controle químico e as tentativas de controle da broca do café com o controle biológico clássico e introduções inundativas (LePelley 1968, Cenicafé 1990, Aristizábal *et al.* 1996, Orozco & Aristizábal 1996), em vários países latino-americanos têm sido feitas com parasitóides e patógenos (Orozco & Aristizábal 1996). Programas de manejo integrado de *H. hampei* na Colômbia os parasitóides *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyridae) e *Prorops nasuta* (Waterston) (Hymenoptera: Bethyridae), um micopesticida à base de *Beauveria bassiana* e de tecnologias que favorecem a manutenção e o incremento da fauna nativa (Bustillo 1990). A Federação de Cafeicultores da Colômbia introduziu adultos de *Phymasticus coffeae* (LaSalle) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitóide de adultos (Orozco & Aristizábal 1996), para o controle da broca *H. hampei* (Gutierrez *et al.* 1998). Assim, a preservação e o incremento de organismos benéficos nos cafezais, como os fungos *B. bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, os quais têm demonstrado potencial de controle da broca *H. hampei* (Bernal *et al.* 1994), são importantes para o manejo ecológico dessa cultura. No entanto, é necessário estabelecer-se estratégias de aplicação, preservação e incremento populacional desses inimigos naturais em programas de manejo integrado de pragas e doenças do cafeeiro no Brasil.

O fungo *B. bassiana* é patogênico à broca do café em condições de laboratório, especialmente na concentração de 10^8 conídios/mL de suspensão (Fernandes *et al.* 1985). A morte

do inseto ocorre entre quatro a cinco dias após a penetração do fungo entomopatogênico, a qual é iniciada pelos espiráculos e áreas intersegmentais. A morte do inseto se deve à produção de micotoxinas, mudanças patológicas na hemocele, ação histolítica, bloqueio mecânico do aparelho digestivo pelo crescimento vegetativo e de outros danos físicos provocados pelo crescimento do micélio do patógeno, que cobre toda a superfície do corpo do inseto. De 48 a 60 horas após a morte do inseto, sob condições de temperatura e umidade favoráveis, ocorre a esporulação ou conidiogênese do fungo, o qual pode ser reconhecida por uma formação pulverulenta sobre o micélio que recobre o corpo do inseto (Alves 1986).

Os fungos entomopatogênicos podem ser inibidos por agrotóxicos, o que pode comprometer o manejo integrado (Alves 1986). Por isto, deve-se buscar soluções que conciliem alta produtividade, baixa relação custo/benefício e preservação do ambiente, pois estudos de impacto ou efeito de inseticidas sobre inimigos naturais de pragas são de grande importância econômica e ambiental. Dessa forma, o uso de inseticidas seletivos ao fungo *B. bassiana* é um fator importante no manejo integrado da broca do café.

Esta pesquisa visou obter informações quantitativas para se relacionar parâmetros populacionais da dinâmica de produção dos frutos pela planta, com a da broca, para ser utilizado no controle químico e/ou biológico dessa praga. Na primeira etapa, determinou-se quinzenalmente o peso da matéria fresca (PF), o peso da matéria seca (PS) e os percentuais de umidade (%UR) e peso seco acumulado (%PS), durante os estágios de desenvolvimento dos frutos, de duas variedades de café *C. arabica* (catuai vermelho e mundo novo) e uma de *C. canephora* (conilon). Na segunda etapa, foram observados os estágios de desenvolvimento fisiológico através do percentual de umidade (%UR) e acúmulo de peso de matéria seca (%PS), dos frutos de cada uma das variedades testadas, a partir dos quais verificou-se a capacidade de penetração da broca no mesocarpo dos frutos. Esses parâmetros foram comparados aos tempos fisiológicos (graus-dia) acumulados pelos frutos até esses estágios de desenvolvimento, nas

respectivas curvas de crescimento das variedades mencionadas, a fim de se determinar os tempos térmicos acumulados (graus-dia) referente à maior intensidade do trânsito da broca em cada variedade. Durante esse período, fêmeas adultas de *H. hampei*, presentes no cafeeiro, voam e se locomovem em busca dos frutos provenientes das maiores floradas dos cafeeiros, apresentando-se adequados para a reprodução, em ciclos mais rápidos e provocando grande aumento na população da broca (Cure *et al.* 1998).

Esta proposta representa um avanço pois, com o uso do conhecimento disponível propôs-se sua utilização como ferramenta para a tomada-de-decisão no controle da broca-do-café (*H. hampei*). Isto pode reduzir o uso excessivo de inseticidas e, futuramente, ser utilizada para determinar o momento ideal para a aplicação de inseticidas biológicos, como *B. bassiana* e/ou liberações inundativas de parasitóides, em programas de controle biológico. Evidenciado o papel importante do fungo entomopatogênico *B. bassiana* como inimigo natural da broca do café (*H. hampei*), nos agroecossistemas cafeeiros, tanto no aspecto econômico como ecológico, objetivou-se na última etapa desse trabalho estudar a seletividade de inseticidas dos grupos organofosforados (clorpirifós-metílico, dissulfotom, etiom, paratiom-metílico); organoclorados (endosulfam); da mistura do fungicida + inseticida triadimenol + dissulfotom e dos fungicidas inibidores da demetilação de esteróis (triadimenol e tebuconazole) ao fungo *B. bassiana*.

2. Literatura Citada

- Alves, S.B. 1986.** Fungos entomopatogênicos, p. 73-126. In S.B. Alves (ed.), Controle microbiano de insetos. São Paulo, Manole, 407p.
- AEC - Anuário Estatístico do Café. 2001.** Coffee Business 2000/2001, Rio de Janeiro, RJ. 161p.
- Aristizábal, A.L.F., P.S. Baker & J.H. Orozco. 1996.** Liberación, dispersión y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* en condición de campo. Avances Téc., Cenicafé, Colombia, 224. 4p.
- Baker, P.S. 1984.** Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in Southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). Fol. Entomol. Mex. 61: 9-24.
- Baker, P.S. 1985.** Desarrollo de MIP para la broca del café. Mem. Congr. Soc. Colombiana. Entomol. 22: 36-43.
- Baker, P.S. 1987.** Biología e historia de la broca del café. In: Curso sobre manejo integrado de plagas del café con énfases en la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr. San Pedro Sula (Honduras), IHCAFE-PROMECAFE, 105-143.
- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schuwarz & J. Valenzuela. 1990a.** Introducción de dos especies de parasitoides africanos a México para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae). Fol. Entomol. Mex. 79: 245-247.
- Barrera, J.F., F. Infante, M. Vega, O. Gonzalez, E. Cabrillo, O. Campos, R. Munoz, A. Serrano, J.J. Osorto, B. Decazy & D. Moore. 1990b.** Introducción de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a Centroamérica para el control biológico de la broca del café, *Hyphotenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Turrialba 40: 570-574.
- Benassi, V.L.R.M. 1998.** Investigations on the coffee berry borer in Espírito Santo, Brasil. In J.F. Barrera, A.A. Guerra, J.J. Menn & P.S. Baker (eds). 2nd Intercontinental Conf. Coffee Berry Borer, Tapachula, México. 58p.

- Bergamin, J. 1943.** Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col.: Ipidae). Arch. Inst. Biol. 14: 31-71.
- Bernal, M.G., A.E. Bustillo, F.J. Posada. 1994.** Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficacia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Rev. Colombiana Ent. 20: 229-233.
- Brun, L.O. & D.M. Suckling. 1992.** Field selection for endosulfan resistance in coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 85: 325-334.
- Brun, L.O., C. Marcillaud, V. Gaudichon & D.M. Suckling. 1989.** Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 82: 1311-1316.
- Bustillo A.E.P. 1990.** El control biológico como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Memorias del XX Congreso de Socolen, Cali, 159-164p.
- Caixeita, G.Z.T. 1999.** Economia Cafeeira, Mercado de Café, Tendências e Perspectivas. In L. Zambolim (ed.), I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 259p.
- Cantor, F., E.F. Vilela & A.E. Bustillo. 1999.** Primeira introdução no Brasil de *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), endoparasitóide da broca do café (Coleoptera: Scolytidae). In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Londrina. Anais. Londrina, PR, IBC, 305p.
- Cenicafé. 1990.** (ed.) Manual de capacitación en control biológico. Chinchiná. Cenicafé - CAB, 174p.

- Cure, J.R., R.H.S. Santos, J.C. Moraes, E.F. Vilela & A.P. Gutierrez. 1998.** Fenologia e dinâmica populacional da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto. *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 325-335.
- Fernandes, P.M., R.E. Lecuona & S.B. Alves. 1985.** Patologia de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. à broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera; Scolytidae). *Ecosistema* 10: 176-181.
- Guedes, R.N.C. & D.B. Fragoso. 1999.** Resistência a inseticidas: Bases gerais, situação e reflexões sobre o fenômeno em insetos-praga do cafeeiro. p. 99-120. In L. Zambolim (ed.), I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade. Viçosa –MG, Universidade Federal de Viçosa, 259p.
- Gutierrez, A.P., A. Villacorta, J.R. Cure & C.K. Ellis. 1998.** Tritrophic analysis of the coffee (*Coffea arabica*) – Coffee berry borer [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)] – Parasitoid system. *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 357-385.
- Hempel, A. 1934.** A *Prorops nasuta* Waterston no Brasil. *Arch. Inst. Biol.* 5: 197-212.
- IBC - Instituto Brasileiro do Café. 1986.** Cultura do café no Brasil, pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, IBC, 214p.
- Le Pelley, R. 1968.** (ed.) Pests of coffee. London, Longman. 590p.
- Mendonça, J., R.Q. Pinargote & M. Patiño. 1998.** Respuesta de los entomófagos *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* en el control biológico de la broca del café en el Ecuador. In J.F. Barrera, A.A. Guerra, J.J. Menn & P.S. Baker (eds). 2nd Intercontinental Conferência Coffee Berry Borer, Tapachula, México. 58p.
- Klein-Koch, C., O. Spinosa, A. Tandazo, P. Cisneiros & D. Delgado. 1988.** Factores naturales de regulacion y controle biologico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). *San. Veg.* 3: 5-50.

- Oliveira Filho, M.L. de. 1927.** Contribuição para o conhecimento da broca do café *Stephanoderes hampei* (Ferrari, 1867). São Paulo, Sec. Agric. Com. Obr. Publ. 20, 9p.
- Orozco, H.J. & L.F. Aristizabal. 1996.** Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Avances tecnicos, Cenicafe 223.
- Ramirez, D.J.F. 1995.** Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en una finca cafetalera del Soconusco, Chiapas, México. Tesis Lic. En Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, Mexico, 85p.
- Reis, P.R; Souza, J.C. 1986.** Pragas do cafeeiro, p. 323-378. In A.B. Cena, E. Malavolta, M. Rocha & T. Yamada (eds.), Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira da Potassa e do Fostato. 447p.
- Souza, J.C de. & P.R. Reis. 1993.** Broca-do-café – histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle. EPAMIG, Boletim Técnico 40. 31 p.
- Toledo, A.A. de. 1945.** Estudos estatísticos da infestação num cafezal pela broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Ipidae). Arq. Inst. Biol. 16: 27-39.
- van den Bosch, R., P.S. Messenger & A.P. Gutierrez. 1982.** Naturally occurring biological control and integrated control, p.165-184. In R. van den Bosch (ed.), An introduction to biological control. New York, Plenum Press, 247p.
- Varela, A. & E. Morales. 1996.** Characterization of some *Beauveria bassiana* isolates and their virulence toward the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. Jour. Inv. Patho. 67: 147-152.
- Vilela, E.F., C.J. Fanton, F. Cantor, J.R. Cure & V.L.R.M. Benassi. 1998.** Elementos para la validación de modelos para el control biológico de la broca del café. II Reunión Intercontinental sobre del Café. Tapachula, Chiapas, México, 258p.

Waterhouse, D.F. & K.R. Norris. 1989. *Hypothenemus hampei* (Ferrari), p.56-75. In D.F. Waterhouse & K.R. Norris (eds.), *Biological Control Pacific Prospects*. Canberra, Australian Cen. Int. Agric. Res., Supplement I, 153p.

Esta tese segue as “**Normas para redação de teses**” aprovadas pelo Conselho de Pós-Graduação da Universidade Federal de Viçosa, em 01 de dezembro de 2000.

Os artigos foram escritos de acordo com as normas da revista “**Neotropical Entomology**”.

**Penetração da Broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) em Frutos de Café
em Diferentes Fases de Crescimento**

Penetration of the Coffee borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Coffee Fruits in Different Growing Stages

ABSTRACT- This research was developed in a three years old coffee plantation with two *Coffea arabica* “(catuaí vermelho and novo mundo)” and one *Coffea canephora* “(conilon)” varieties in an experimental area of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), in the Municipality of Viçosa, State of Minas Gerais, Brasil. The period (degree-days) when fruits of the main bloom of each one of these three coffee varieties reached appropriate phenological stage for penetration of the borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) was evaluated. The period of movement of this pest when its adult females come out to search for new fruits to be colonized and consequently to increase its population were evaluated. Considerations were made aiming to use the physiological time (degree-day) for decision making in integrated management programs of the coffee borer. This insect penetrates into the mesocarpo of about 50% of coffee fruits sampled with humidity of 78.5; 77.4 and 75.6% and accumulated dry weight of 18.1; 28.5 and 4.8 mg equivalent with an accumulated units of degree-day of 1,825, 1,943 and 1,176 degree-day for the “catuaí vermelho”, “novo mundo” and “conilon” coffee varieties, at each physiological time, respectively. This represents the period of movement of this borer and the ideal moment to sample and eventually to control this pest with insecticides. *H. hampei* penetrates into younger coffee fruits of the conilon variety probably due to lower humidity of these fruits during their initial developmental stage. For this reason this borer can have a higher number of cycles and, consequently a higher percentage of infestation in this coffee variety. For this reason management of *H. hampei* populations should include different varieties per coffee plantation and the use of strips of native vegetation between them. This is necessary because later bloom coffee varieties are more exposed to higher populations of this pest which reproduce in precocious ones. Besides, strips of native vegetation

can increase populations of natural enemies and to difficult movement of this pest between areas planted with coffee.

KEY-WORDS: Coffee borer, phenology of the fruit, thermal demands, movement.

RESUMO O ensaio foi realizado em um cafezal com três anos de idade, com duas variedades de café *Coffea arabica* (catuai vermelho e mundo novo) e uma de *Coffea canephora* (conilon), na área experimental do aeroporto, da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais. Determinou-se os tempos fisiológicos (graus-dia), em que os frutos da florada principal de cada uma variedades atingiram estágio fenológico adequado para a penetração da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Além disso, o período de maior trânsito dessa praga, quando suas fêmeas adultas saem à procura de novos frutos e têm capacidade de penetrá-los para se reproduzir e, conseqüentemente, aumentar sua população, foi avaliado. Foram feitas considerações para a utilização dos tempos fisiológicos (graus-dia) para a tomada de decisão de manejo integrado da broca do café. O inseto penetrou no mesocarpo de 50% dos frutos brocados com percentuais de umidade de 78,5; 77,4 e 75,6 % e peso da matéria seca acumulada de 18,1; 28,5 e 4,8 mg equivalentes ao tempo fisiológico em unidade de graus-dia acumulado de 1825, 1943 e 1176 graus-dia para o catuai vermelho, mundo novo e conilon, respectivamente. Isto constitui o período de maior trânsito da broca nas variedades testadas, sendo, portanto, o momento ideal para amostragens e eventuais intervenções com inseticidas. A broca tem capacidade de penetrar em grãos mais jovens da variedade conilon, provavelmente devido aos menores percentuais de umidade de seus frutos durante os primeiros estágios de desenvolvimento. Isto determina maior número de ciclos de vida da broca e, conseqüentemente, maiores percentuais de infestação nessa variedade. Por isto, recomenda-se a utilização de faixas com vegetação nativa entre variedades de café, para o manejo de *H. hampei*, pois aquelas com floradas tardias ficam expostas a maiores populações dessa broca, que se reproduz nos frutos de variedades precoces. Além disto, faixas de vegetação nativa podem aumentar as populações de inimigos naturais e reduzir o movimento da broca entre talhões de café.

PALAVRAS CHAVES: Broca do café, fenologia do fruto, exigências térmicas, trânsito.

O café movimenta mundialmente, por ano, cerca de 35 bilhões de dólares (Caixeira 1999), o que mostra a importância dessa cultura, principalmente para o Brasil que foi na última década, o maior produtor de café arábica, com 35% da produção mundial na safra 99/00. Além disso, o Brasil é o terceiro maior produtor de café robusta, com cerca de 12% da produção mundial, superado pelo Vietnã, líder com 25% e Indonésia com 18% (AEC 2001). A importância econômica do café para o Brasil mostra a necessidade de maiores esforços e investimentos em pesquisa, para se reduzir o uso de pesticidas nessa cultura, e diminuir-se os custos de produção e de resíduos no ambiente.

A broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), originária da África, foi introduzida na América do Sul em 1913 (Oliveira Filho 1927). Em 1988, chegou à Colômbia, onde tem causado sérios prejuízos (Baker 1985), de forma semelhante ao que ocorre no México (Baker 1984, Klein-Koch *et al.* 1988, Barrera *et al.* 1990a,b). Apesar dos esforços com o controle biológico, desde a introdução dessa broca no Brasil (Hempel 1934, Bergamin 1943, Toledo 1945), esses trabalhos iniciais foram descontinuados pela popularização dos inseticidas sintéticos, assim como em outros países (Waterhouse & Norris 1989). No entanto, mesmo com esses inseticidas, a broca continua sendo um fator limitante para a cultura do café, sendo considerada praga-chave, por reduzir a produtividade e depreciar a qualidade dos frutos, podendo atacar-los em qualquer estágio de maturação, de verdes a maduros (cerejas) ou secos. Seus danos refletem-se na perda de peso das sementes, queda de frutos em desenvolvimento, perda da qualidade do fruto para classificação, além de perda em qualidade da bebida (Souza & Reis 1993).

A vespa de Uganda, *Prorops nasuta* (Waterston) (Hymenoptera: Bethyridae), foi introduzida no Brasil em 1929 (Hempel 1934), e a vespa do Togo, *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyridae), em 1994 pela EMCAPA (Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária) (Benassi 1998). Os resultados iniciais foram satisfatórios, mas as dificuldades de

criação e multiplicação em condições artificiais, aliadas a problemas de adaptação do parasitóide levaram ao abandono dessa prática. No entanto, esse inimigo natural, ainda, sobrevive em algumas regiões cafeeiras, mas a importância de seu parasitismo na redução da população da broca-do-café é pouco conhecida.

Novos estudos sobre o controle biológico da broca-do-café, com parasitóides foram retomados no Brasil, no norte de Espírito Santo pela EMCAPA (Benassi 1998) e na região de Minas Gerais pela Universidade Federal de Viçosa (Vilela *et al.* 1998, Cantor *et al.* 1999). Em países como o México, Equador e Colômbia, a introdução e produção das vespas *P. nasuta* e *C. stephanoderis* tem sido incentivada (Ramirez 1995, Aristizábal *et al.* 1996, Mendonça *et al.* 1998). Além disso a Federação de Cafeicultores da Colômbia introduziu adultos do parasitóide de adultos da broca *Phymasticus coffeae* (LaSalle) (Hymenoptera: Eulophidae) (Orozco & Aristizábal 1996), como uma nova alternativa para o controle de *H. hampei* (Gutierrez *et al.* 1998).

A broca-do-café é, também, atacada em condições naturais por fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Spicaria javanica* (Bally) e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin, considerados agentes importantes de controle biológico dessa praga (Reis & Souza 1986, Bernal *et al.* 1994, Varela & Morales 1996). Embora os resultados não sejam, ainda, adequados em condições de campo, uma alternativa viável pode ser a utilização de linhagens selecionadas de *B. bassiana* associado ou não a defensivos agrícolas para o controle de *H. hampei*. Sendo necessário se estabelecer-se estratégias para aplicação desse fungo em programas de manejo integrado de pragas e doenças do cafeeiro (Fernandes *et al.* 1985). O potencial de uso desses fungos é grande, pois micopesticidas compostos por suspensão do fungo *B. bassiana* são utilizados na Colômbia e no México, em programas de controle biológico da broca *H. hampei*, com alta eficiência (Bustillo 1990).

As variedades de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* tem susceptibilidade diferentes para o desenvolvimento das fases parasitárias da broca, o que é, também, afetado por variações climáticas. Em condições favoráveis, a sobrevivência e o desenvolvimento desse inseto são adequadas, o que favorece sua presença nas regiões produtoras, tornando-se, indiscutivelmente, uma ameaça fitossanitária séria ao cultivar conilon (*Coffea canephora*) (IBC 1986). Além disso, a baixa remuneração proporcionada pela economia cafeeira, favorece a infestação da broca em várias regiões do país pelo abandono de técnicas culturais, como a colheita bem feita, que deve começar pelos talhões mais atacados e o 'repasse'. Ou seja, a catação dos frutos que ficaram nas árvores e no chão, aliada à eliminação de cafezais abandonados, são as principais recomendações para o controle da broca, porque diminuem a fonte de recurso alimentar e, conseqüentemente, a população residual na safra seguinte.

O controle químico é, ainda, a tática mais utilizada para o controle da broca *H. hampei* nas regiões cafeeiras do Brasil, principalmente com o ciclodieno endosulfam. Esse um dos poucos clorados ainda em uso agrícola no Brasil e se diferencia dos demais compostos desse grupo pelo seu menor impacto ambiental, devido a sua menor persistência. No entanto, a utilização contínua do endosulfam para o controle de *H. hampei* tem levado à resistência dessa broca à esse inseticida (Brun *et al.* 1989, Brun & Suckling 1992), o que pode ser devido a menor sensibilidade do sítio de ação desses inseticidas em populações resistentes da broca do café (Guedes & Fragoso 1999).

É preciso relacionar os conhecimentos sobre a biologia e a dinâmica populacional da broca com a dinâmica de produção de frutos de café e, também, com parasitóides e fungos entomopatogênicos, para estimar-se o impacto de cada um deles no controle da praga em cafezais do Brasil. Isto implica na análise conjunta da dinâmica de três níveis tróficos, sob um determinado clima e condições agrônômicas de manejo (Gutierrez *et al.* 1998).

A broca do café *H. hampei* é considerada uma espécie monófaga e seu desenvolvimento em diferentes espécies é mais lento que naquelas do gênero *Coffea* e só ocorre em condições de escassez de recurso, pois essa broca está ligada a um processo coevolutivo com *C. canephora*, ambos originários do centro oeste da África (Baker 1987).

No Brasil, *H. hampei* pode apresentar quatro gerações por ano com o desenvolvimento dos frutos, entre dezembro e maio, mas pode atingir até cinco gerações se o período da colheita se prolongar. Além disso, o ciclo da broca é interrompido pela falta de frutos adequados para oviposição, entre a colheita e o aparecimento de frutos em início de maturação da safra seguinte, quando adultos presentes se abrigam em frutos secos da última colheita (Cure *et al.* 1998). Essas brocas perfuram grãos verdes ou em estado de chumbinho e ali permanecem, sem ovipositar, até que o fruto atinja o grau de maturidade necessário à oviposição.

Os conhecimentos da biologia dessa praga mostram que as medidas de controle devem acontecer entre o final de uma safra e o aparecimento dos primeiros frutos em início de maturação da safra seguinte, visando o controle de adultos antes da oviposição (Baker 1984, Cure *et al.* 1998). A eficiência de inseticidas aplicados em frutos aquosos pode ser mais alta pelas seguintes razões: 1) as brocas estão retidas superficialmente e, portanto, ao alcance do inseticida; 2) não há brocas e proles protegidas no interior dos frutos que podem escapar à ação dos inseticidas; 3) as brocas tem, nessa fase, um movimento de fêmeas que voam e se locomovem, quando estão mais sujeitas a um maior contato com o inseticida (IBC 1986).

Este trabalho visou obter informações quantitativas para se relacionar parâmetros populacionais da dinâmica de produção dos frutos pela planta de café, com a da broca, para ser utilizado no controle químico e/ou biológico dessa praga. Na primeira etapa, determinou-se quinzenalmente o peso da matéria fresca (PF), o peso da matéria seca (PS) e os percentuais de umidade (%UR) e peso da matéria seca acumulada (%PS), durante os estágios de desenvolvimento dos frutos, de duas variedades de café *C. arabica* (catuaí vermelho e mundo

novo) e uma de *C. canephora* (conilon). Na segunda etapa, foram observados os estágios de desenvolvimento fisiológico através do percentual de umidade (%UR) e acúmulo do peso da matéria seca (%PS), dos frutos de cada uma das variedades testadas, a partir dos quais verificou-se a capacidade de penetração da broca no mesocarpo dos frutos. Esses parâmetros foram comparados aos tempos fisiológicos (graus-dia) acumulados pelos frutos até esses estágios de desenvolvimento, nas respectivas curvas de crescimento das variedades traçadas anteriormente, a fim de se determinar os tempos térmicos acumulados (graus-dia) referentes ao período de maior intensidade de trânsito da broca em cada variedade. Durante esse período, as fêmeas adultas de *H. hampei*, presentes no cafeeiro, voam e se locomovem em busca dos frutos provenientes das maiores floradas, em ciclos mais rápidos e provocando grande aumento em suas populações (Cure *et al.* 1998).

Esta proposta representa um avanço pois, o conhecimento disponível pode ser utilizado como ferramenta para a tomada-de-decisão no controle da broca-do-café (*H. hampei*). Isto pode reduzir o uso excessivo de inseticidas e permitir determinar-se o momento ideal de aplicação de inseticidas biológicos, como *B. bassiana* e/ou liberações inundativas de parasitóides, em programas de controle biológico.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em cafezal com três anos de idade, com as variedades *C. arabica* (catuaí vermelho e mundo novo) e uma de *C. canephora* (conilon), em um mesmo talhão, com espaçamento 2,5m entre fileiras e 1,5m entre plantas, no campo experimental do aeroporto, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, com todas as variedades nas mesmas condições de clima e tratos culturais. O local está situado a 690 m de altitude, Latitude Sul de 20° 45 e Longitude Oeste de 42° 51 com temperaturas médias de 19,4°C e precipitação média anual de 1.200 mm. A estação mais quente e chuvosa

estende-se de setembro a março, quando a temperatura média é superior a 20°C. A estação fria e seca, entre março e setembro, apresenta temperaturas médias inferiores a 18°C. Os dados foram coletados em duas etapas, durante o mesmo período de desenvolvimento dos frutos de café.

1º Etapa: Determinação do peso da matéria fresca (PF), do peso da matéria seca (PS) e dos percentuais de umidade (%UR) e do peso acumulado da matéria seca (%PS), durante os estágios de desenvolvimento dos frutos de café, de *Coffea arabica* (catuaí vermelho e mundo novo) e *Coffea canephora* (conilon)

Foram marcados quatro ramos do terço médio de copas de 10 plantas de café em cada variedade, 15 dias após as maiores floradas, que ocorreram no dia 13 de setembro de 1999 nas variedades Catuaí Vermelho e Mundo Novo e em 06 de novembro de 1999 para a variedade conilon. Todos os frutos desenvolvidos a partir de floradas anteriores e posteriores à florada principal foram retirados dos ramos marcados.

Quinzenalmente, foram amostrados 20 frutos, em um de cada dois ramos marcados, em 10 plantas de cada variedade, alternando-se as coletas em ramos pares e ímpares, para se evitar a influência deste desbaste no desenvolvimento dos outros grãos remanescentes. Os frutos foram pesados em balança analítica com 0,001mg de precisão, para se caracterizar o peso da matéria fresca e, posteriormente, acondicionados em sacos de papelão identificados e colocados em estufa à 70°C, até o momento que seus pesos se estabilizaram, quando foram novamente pesados e determinou-se seus respectivos pesos da matéria seca. As médias dos pesos da matéria fresca e seca dos 20 frutos amostrados por variedade foram usadas para se determinar os percentuais de umidade dos grãos durante seu desenvolvimento, com a fórmula:

$$\text{Percentual de umidade do grão (\%UR)} = \left\{ \frac{(\text{Peso fresco} - \text{peso seco}) \times 100}{\text{Peso fresco}} \right\}$$

O percentual de peso de matéria seca acumulada (%PS) foi determinado, com a fórmula

$$\text{Percentual de peso da matéria seca acumulada (\%PS)} = \left\{ \frac{(\text{Peso seco } T_i) \times 100}{\text{Peso seco } 36} \right\}$$

Onde:

Peso seco T_i = peso da matéria seca da amostra obtido pela média de peso da matéria seca dos grãos pesados quinzenalmente.

Peso seco T_{36} = peso da matéria seca da amostra obtido pela média de peso da matéria seca dos grãos na 36ª semana após a florada principal das variedades de café.

Calculou-se o desvio padrão, para as médias dos pesos da matéria fresca e seca de cada amostra (Tabela 1) e traçaram-se os gráficos de acúmulo de peso de matéria fresca e seca (Fig. 1), de variações dos percentuais de umidade e de peso da matéria seca acumulada (Tabela 2 e Fig. 2), a partir da segunda semana da maior florada até a maturação dos frutos das três variedades testadas. Calculou-se, para as datas das amostragens, o acúmulo de tempo térmico em graus-dia, durante o desenvolvimento dos frutos de cada variedade (Tabelas 1 e 2), com as temperaturas diárias obtidas na estação meteorológica principal da Universidade Federal de Viçosa, usando o limiar de 10°C como temperatura mínima de desenvolvimento do fruto de café (Jaramillo & Gusmán 1984), com a fórmula:

$$TT = \sum_{i=1}^n (T_i - T_b)$$

Onde:

TT = Tempo térmico

T_i = Temperatura média diária no tempo i.

T_b = Temperatura base ou temperatura mínima de desenvolvimento do fruto de café (10°C).

$(T_i - T_b)$ = Unidade térmica (graus-dia) acumulado para o desenvolvimento do fruto de café no tempo i.

2º Etapa: Determinação dos percentuais de peso da matéria seca acumulada (%PS) e de umidade (%UR) a partir dos quais ocorre penetração da broca no grão de café

Os frutos de café foram coletados de novembro à fevereiro nas variedades catuaí vermelho e mundo novo, enquanto essas coletas foram realizadas entre novembro e março na variedade conilon. Coletou-se 50 grãos brocados nos estágios fisiológicos verdes e início de maturação em cada variedade, em cafeeiros próximos aos que continham os ramos marcados da etapa anterior. Metade desses frutos foi utilizada na determinação do peso da matéria fresca (PF), do peso da matéria seca (PS), dos percentuais de umidade (%UR) e peso da matéria seca

acumulada (%PS) (Tabelas 3, 4 e 5) com a mesma metodologia da etapa 1. A outra metade dos frutos foi dissecada para se determinar a posição da broca no interior dos mesmos. Comparou-se os percentuais de peso da matéria seca acumulada (%PS) e de umidade (%UR) dos frutos a partir dos quais as brocas penetraram no mesocarpo dos grãos e começaram a cavar um canal em direção à semente, em cada variedade (Tabelas 3, 4 e 5), com as curvas traçadas na etapa 1 (Tabelas e Fig. 1 e 2).

O modelo, com base em graus-dia acumulados, a partir dos máximos e mínimos diários de temperatura, sobre um limiar fisiológico de 10°C para o desenvolvimento dos frutos (Costa & Villacorta 1989), foi usado na determinação do momento de penetração e de perfuração do canal no mesocarpo dos frutos de café pela broca *H. hampei*, nas variedades testadas. A capacidade de penetração da broca nos frutos de café foi comparada com os percentuais de umidade e peso da matéria seca acumulada durante os estádios fenológicos de desenvolvimento de seus frutos. Determinou-se os tempos fisiológicos (graus-dia), em que os frutos da florada principal de cada uma das três variedades de café, atingiram estágio fenológico adequado quando, aproximadamente, 50% das brocas se encontravam no interior do mesocarpo dos frutos brocados (Tabelas 3, 4 e 5). Verificou-se assim a maior intensidade no trânsito de fêmeas adultas de outros frutos presentes nas lavouras, pois elas saem à procura de novos frutos, para penetrá-los e se reproduzir, com aumento em suas populações nesses cafezais. Finalmente, determinou-se os intervalos de tempos térmicos acumulados (graus-dia) referentes ao período de maior intensidade do trânsito da broca em cada variedade. Foram feitas considerações para se utilizar os tempos fisiológicos (graus-dias) de cada variedade na tomada de decisão de manejo da broca-do-café.

Resultados

As variações dos percentuais de umidade (%UR), durante os estágios de desenvolvimento dos frutos, de *C. arabica* (catuaí vermelho e mundo novo) e *C. canephora*

(conilon) (Fig. 2 e Tabela 2), mostraram que *C. arabica* apresentou comportamento semelhante nas variações de umidade nos diferentes estágios de desenvolvimento de seus frutos. Essas variedades apresentaram, durante os primeiros estágios de desenvolvimento, aumento da umidade de seus frutos de 65,1% e 64,0%, na segunda semana após a florada principal e até 85,9% e 85,8% nas semanas 18 e 22 com maiores valores nas variedades catuaí vermelho e mundo novo, respectivamente. O percentual de umidade dos grãos de *C. canephora* (conilon) apresentou resultados diferentes, com pico máximo de 72,4% na segunda semana após a florada principal e de 75,6% após oito semanas.

A umidade dos frutos de café começou a diminuir a partir das semanas 20, 24 e 12, quando os percentuais de peso seco acumulado atingiram 29,5, 28,5 e 4,8 nas variedades catuaí vermelho, mundo novo e conilon, respectivamente e aumentou, rapidamente, a partir desta fase. A variedade conilon apresentou peso acumulado da matéria seca dos frutos e menores percentuais de umidade que aqueles das variedades de *C. arabica* (Fig. 2 e Tabela 2).

H. hampei penetrou no mesocarpo de 50% dos frutos brocados com umidade de 78,5; 77,4 e 75,6% e peso seco acumulado de 18,1; 28,5 e 4,8%, equivalentes aos tempos fisiológicos em unidades acumuladas de 1825, 1943 e 1176 graus-dia para o catuaí vermelho, mundo novo e conilon, respectivamente (Tabelas 3, 4 e 5).

Discussão

As diferenças observadas entre o peso de matéria fresca e seca (Fig. 1 e Tabela 1), os percentuais de umidade, os pesos de matéria seca acumulada e a duração dos estágios de desenvolvimento fenológico foram maiores em frutos das variedades *C. arabica* que em *C. canephora*, o que pode ser devido às características genéticas dessas variedade, adquiridas durante seus processos evolutivos. Isto difere de Dentan (1985) que não encontrou diferenças nas

estruturas anatômicas de frutos maduros de *C. canephora* (robusta) e *C. arabica* (catuaí amarelo). A maior parte do endosperma dos grãos é formado por células parenquimáticas de armazenamento, onde ocorre acúmulo de solutos no citoplasma e nas suas paredes. Essas paredes são grossas, parcialmente lignificadas, não apresentam espaços intercelulares, são cruzadas com muitos plasmodesmas e exibem estrutura mucosa característica com citoplasma constituído principalmente por lipídios, proteínas, carboidratos e quantidade apreciável de cafeína, ácidos clorogênicos e sais minerais.

A diminuição da umidade dos frutos, à partir das semanas 20, 24 e 12, quando os percentuais de peso da matéria seca acumulada atingiram 29,5, 28,5 e 4,8 nas variedades catuaí vermelho, mundo novo e conilon, respectivamente e aumentou rapidamente a partir desta fase, foi atribuída por Salazar-Gutiérrez et al. (1994), quando observaram resultados semelhantes, em estudos anatômicos e fisiológicos de frutos de café da variedade colômbia (*C. arabica*), ao incremento rápido do acúmulo de reservas no endosperma. Provavelmente nesse processo, a água presente nas células do endosperma é substituída por solutos até esse tecido atingir consistência sólida, quando ocorre, simultaneamente, a formação da semente, com o aumento de matéria seca do grão. Salazar-Gutiérrez et al. (1994) mostraram resultados semelhantes ao do catuaí vermelho e do mundo novo (*C. arabica*) em estudos da dinâmica de crescimento de frutos da variedade colômbia (*C. arabica*) através da determinação dos percentuais de umidade dos grãos. Esses autores mostraram percentual de umidade de 69,70% durante o crescimento do fruto dessa variedade na segunda semana após a florada, com máximo de 87,25% aos 120 dias. Desse momento até os 195 dias, a umidade começa a diminuir e chega a 68,2% durante as últimas quatro semanas quando ocorre a maturação do grão. O acúmulo de peso seco mostrou que os frutos se desenvolveram com, aproximadamente, 2836 graus-dia e 1052 mm de chuva.

O comportamento da umidade dos grãos deve-se à processos de divisão e expansão das células dos mesocarpo, endocarpo, integumento e endosperma dos frutos durante seus

primeiros estágios de desenvolvimento, pela capacidade de armazenar água (Salazar-Gutiérrez et al. 1994). As células do mesocarpo dos frutos *C. arabica* apresentaram aos 45 dias, após a florada principal, crescimento ativo caracterizado por alta divisão e expansão celular, seguida por redução na atividade mitótica dessas células aos 90 dias, que é suspensa quase, totalmente, entre 105 e 240 dias. Entre 105 e 120 dias, essas células continuaram seu crescimento, e apresentaram grande quantidade de compostos de natureza tánica no pericarpo. Isto ocorreu, também, no endosperma, desde os primeiros estágios de desenvolvimento até o começo da maturação dos frutos de café, quando esses compostos desaparecem. Isto mostra que a natureza temporal desses compostos indica que os mesmos pertencem à grupos de taninos altamente hidrolizáveis, que podem exercer papel de defesa contra pragas, e afetar aspectos como a adstringência, e, conseqüentemente a qualidade do fruto.

A presença de estômatos no exocarpo, de cloroplasto e clorofila no mesocarpo e integumento e de grânulos de amido nos cloroplastos do fruto de café permitem sugerir atividade fotossintética nesses órgãos (Deddeca 1957, Gibson 1971, Cannell 1974). No entanto, a assimilação em frutos de café não foi, ainda, quantificada, e não se conhece a importância desse processo no acúmulo de peso seco desses frutos. Além disso, a elevada quantidade de cloroplastos e, conseqüentemente, de clorofila no pericarpo, principalmente na região do integumento (película plateada), está relacionada à intensidade de cor verde e aos estágios de maturação dos grãos (Gibson 1971, Salazar-Gutiérrez *et al.* 1994).

O clima é importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pela disponibilização de energia que induzem à mudanças fenológicas. Por isto, o período entre a floração e a maturação dos frutos de café é maior em regiões mais frias, que nas mais quentes (Jaramillo & Guzman 1984) e a relação do peso seco do fruto, nos seus diferentes estágios de desenvolvimento, com as variações climáticas permitem expressar seu crescimento com a oferta de energia e umidade ambiental. Os valores acumulados de graus-dia durante os estágios

fenológicos de desenvolvimento dos frutos das variedades de café estudadas (Tabelas 1 e 2) mostram acúmulo de 3372,5 e 3188,2 graus-dia com 1755,4 e 1443,3 mm de precipitação durante as 36 semanas entre a floração e a maturação dos frutos para *C. arabica* e *C. conephora*, respectivamente. Os percentuais de frutos maduros de *C. arabica* foram diferentes nas avaliações da 36ª semana após a florada, que aumentou de 30% para 70% nas variedades catuaí vermelho e mundo novo. Isto indica maior rapidez na maturação dos frutos da variedade mundo novo, e maior rapidez no início do processo de fermentação desses frutos e menor possibilidade de homogeneização dos mesmos na colheita, o que torna necessário maior rapidez na colheita dos frutos nessa variedade.

H. hampei penetrou no mesocarpo de 50% dos frutos de café brocados com umidade de 78,5; 77,4 e 75,6% e peso seco acumulado de 18,1; 28,5 e 4,8%, o que equivale aos tempos fisiológicos em unidades acumuladas de 1825, 1943 e 1176 graus-dia para o catuaí vermelho, mundo novo e conilon, respectivamente. Isto constituiu o período de maior trânsito da broca nessas variedades, sendo, portanto, o momento ideal para a amostragem e eventuais intervenções com inseticidas no controle dessa praga. De forma semelhante ao obtido para *C. arabica* a reprodução da broca dentro do fruto só ocorre quando este se encontra em estado de semiconsistência, com umidade inferior a 75% e acúmulo de matéria seca superior a 20% (Decazy 1990).

A broca pode penetrar em grãos mais jovens da variedade conilon, provavelmente devido à menor umidade de grãos dessa variedade em seus primeiros estágios de desenvolvimento, o que determina maior número de gerações desse inseto e, conseqüentemente, maior percentual de infestação nesta variedade. Por isto, o manejo da broca *H. hampei* deve incluir o uso de faixas com vegetação nativa entre variedades diferentes de café, pois aquelas com floradas tardias são mais expostas à maiores populações residuais da broca, que se reproduzem em frutos de variedades precoces. Além disto, faixas de vegetação nativa podem aumentar as

populações de inimigos naturais da broca do café e reduzir seu movimento entre os talhões de cafeeiro.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Literatura Citada

- AEC - Anuário Estatístico do Café. 2001.** Coffee Business 2000/2001, Rio de Janeiro, RJ. 161p.
- Aristizábal, A.L.F., P.S. Baker & J.H. Orozco. 1996.** Liberación, dispersión y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* en condiciones de campo. Avances Téc., Cenicafé, Colombia, 224. 4p.
- Baker, P.S. 1984.** Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in Southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). Fol. Entomol. Mex. 61: 9-24.
- Baker, P.S. 1985.** Desarrollo de MIP para la broca del café. Mem. Congr. Soc. Colombiana. Entomol. 22: 36-43.
- Baker, P.S. 1987.** Biología e historia de la broca del café. In: Curso sobre manejo integrado de plagas del café con énfases en la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr. San Pedro Sula (Honduras), IHCAFE-PROMECAFE, 105-143.
- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schuwarz & J. Valenzuela. 1990a.** Introducción de dos especies de parasitoides africanos a México para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae). Fol. Entomol. Mex. 79: 245-247.
- Barrera, J.F., F. Infante, M. Vega, O. Gonzalez, E. Cabrillo, O. Campos, R. Munoz, A. Serrano, J.J. Osorto, B. Decazy & D. Moore. 1990b.** Introducción de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a Centroamérica para el control biológico de la broca del café, *Hyphotenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Turrialba 40: 570-574.
- Benassi, V.L.R.M. 1998.** Investigations on the coffee berry borer in Espírito Santo, Brasil. In J.F. Barrera, A.A. Guerra, J.J. Menn & P.S. Baker (eds). 2^d Intercontinental Conf. Coffee Berry Borer, Tapachula, México. 58p.
- Bergamin, J. 1943.** Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col.: Ipidae). Arch. Inst. Biol. 14: 31-71.

- Bernal, M.G., A.E. Bustillo & F.J. Posada. 1994.** Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficacia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Rev. Colombiana Ent. 20: 229-233.
- Brun, L.O. & D.M. Suckling. 1992.** Field selection for endosulfan resistance in coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 85: 325-334.
- Brun, L.O., C. Marcillaud, V. Gaudichon & D.M. Suckling. 1989.** Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 82: 1311-1316.
- Bustillo A.E.P. 1990.** El control biológico como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Memorias del XX Congresso de Socolen, Cali, 159-164p.
- Caixeita, G.Z.T. 1999.** Economia Cafeeira, Mercado de Café, Tendências e Perspectivas. In L. Zambolim (ed.), I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 259p.
- Cannell, M.G.R. 1974.** Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. Kenya Coffee 18: 342-351.
- Cantor, F., E.F. Vilela & A.E. Bustillo. 1999.** Primeira introdução no Brasil de *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), endoparasitoide da broca do café (Coleoptera: Scolytidae). In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Londrina. Anais. Londrina, PR, IBC, 305p.
- Costa, T.C.S & Villacorta, A. 1989.** Modelo acumulativo para *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) com base em suas exigências térmicas. An. Soc. Entomol. Brasil 18: 91-99.

- Cure, J.R., R.H.S. Santos, J.C. Moraes, E.F. Vilela & A.P. Gutierrez. 1998.** Fenologia e dinâmica populacional da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto. An. Soc. Entomol. Brasil 27: 325-335.
- Decazy, B. 1990.** Descripción, biología y control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867). In 50 años de CENICAFE 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, (Colombia). CENICAFE, 133-139p.
- Deddeca, D.M. 1957.** Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var *typica* Cramer. Bragantia 16: 315-368.
- Dentan, E. 1985.** The microscopic structure of the coffee bean, p. 284-304. In M.N. Clifford & K.C. Wilson (eds.), Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage. New York. A VI publishing company INC, 345p.
- Fernandes, P.M., R.E. Lecuona & S.B. Alves. 1985.** Patologia de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. à broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera; Scolytidae). Ecosystema 10: 176-181.
- Gibson, A. 1971.** (ed.) Photochemical aspects of drying East African arabica coffees. The importance of integument pigmentation. Lisbonne Portugal, ASIC 5eme Colloque, p. 246-250.
- Guedes, R.N.C. & D.B. Fragoso. 1999.** Resistência a inseticidas: Bases gerais, situação e reflexões sobre o fenômeno em insetos-praga do cafeeiro. p. 99-120. In L. Zambolim (ed.), I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade. Viçosa –MG, Universidade Federal de Viçosa, 259p.
- Gutierrez, A.P., A. Villacorta, J.R. Cure & C.K. Ellis. 1998.** Tritrophic analysis of the coffee (*Coffea arabica*) – Coffee berry borer [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)] – Parasitoid system. An. Soc. Entomol. Brasil 27: 357-385.
- Hempel, A. 1934.** A *Prorops nasuta* Waterston no Brasil. Arch. Inst. Biol. 5: 197-212.

- IBC - Instituto Brasileiro do Café. 1986.** Cultura do café no Brasil, pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, IBC, 214p.
- Jaramillo R. A. & M.O. Gusman. 1984.** Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var caturra. Cenicafe (Colombia) 35: 57-65.
- Mendonça, J., R.Q. Pinargote & M. Patiño. 1998.** Respuesta de los entomófagos *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* en el control biológico de la broca del café en el Ecuador. In J.F. Barrera, A.A. Guerra, J.J. Menn & P.S. Baker (eds). 2nd Intercontinental Conf. Coffee Berry Borer, Tapachula, México. 58p.
- Klein-Koch, C., O. Spinosa, A. Tandazo, P. Cisneiros & D. Delgado. 1988.** Factores naturales de regulacion y controle biologico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). San. Veg. 3: 5-50.
- Oliveira Filho, M.L. de. 1927.** Contribuição para o conhecimento da broca do café *Stephanoderis hampei* (Ferrari, 1867). São Paulo, Sec. Agric. Com. Obr. Publ. 20, 9p.
- Orozco, H.J. & L.F. Aristizabal. 1996.** Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Cenicafé, Avances Tecnicos 223.
- Ramirez, D.J.F. 1995.** Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en una finca cafetalera del Soconusco, Chiapas, México. Tesis Lic. En Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, Mexico, 85p.
- Salazar-Gutiérrez, M.A., J. Arcila-Pulgarin, N.M. Riaño-Herrera & A.E. Bustillo-Pardey. 1994.** Crecimiento y desarrollo del fruto de café y su relación com la broca. Cenicafé, Avances Técnicos 194. 4 p.
- Souza, J.C de. & P.R. Reis. 1993.** Broca-do-café – histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle. EPAMIG, Boletim Técnico 40. 31 p.

- Toledo, A.A. de. 1945.** Estudos estatísticos da infestação num cafezal pela broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Ipidae). Arq. Inst. Biol. 16: 27-39.
- Varela, A. & E. Morales. 1996.** Characterization of some *Beauveria bassiana* isolates and their virulence toward the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. Jour Inv. Path. 67: 147-152.
- Vilela, E.F., C.J. Fanton, F. Cantor, J.R. Cure & V.L.R.M. Benassi. 1998.** Elementos para la validación de modelos para el control biológico de la broca del café. II Reunión Intercontinental sobre del Café. Tapachula, Chiapas, México, 258p.
- Waterhouse, D.F. & K.R. Norris. 1989.** *Hypothenemus hampei* (Ferrari), p.56-75. In D.F. Waterhouse & K.R. Norris (eds.), Biological Control Pacific Prospects. Canberra, Australian Cen. Int. Agric. Res., Supplement I, 153p.

Tabela 1. Peso de matéria fresca e seca (média ± desvio padrão) de frutos de café de três variedades, durante seu desenvolvimento a partir da segunda semana (sem.) da florada principal de cada variedade e graus-dia acumulados. Valores em negrito representam os períodos de trânsito da broca do café em cada variedade. Campo experimental do aeroporto, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2001.

Sem.	Catuaí Vermelho			Mundo Novo			Conilon		
	Peso Fresco (mg ± DP)	Peso Seco (mg ± DP)	Graus-dia	Peso Fresco (mg ± DP)	Peso Seco (mg ± DP)	Graus-dia	Peso Fresco (mg ± DP)	Peso Seco (mg ± DP)	Graus-dia
2	7,8 ± 2,13	2,7 ± 0,85	178,6	6,7 ± 3,32	2,4 ± 2,61	178,6	2,8 ± 1,74	1,8 ± 0,75	176,6
4	23,3 ± 3,34	6,8 ± 1,14	342,3	21,5 ± 2,45	6,4 ± 2,65	342,3	14,6 ± 1,43	4,1 ± 1,36	363,4
6	35,8 ± 2,67	9,5 ± 2,78	544,2	32,7 ± 3,51	8,6 ± 3,49	544,2	21,7 ± 2,26	5,8 ± 2,01	558,4
8	56,4 ± 2,76	13,8 ± 1,98	712,8	49,6 ± 1,56	12,5 ± 1,43	712,8	32,4 ± 1,56	7,3 ± 1,68	785,9
10	64,9 ± 3,78	13,7 ± 3,24	882,4	58,6 ± 2,56	12,5 ± 2,34	882,4	43,2 ± 3,06	10,5 ± 0,78	975,1
12	72,6 ± 1,56	14,9 ± 1,45	1073,5	69,3 ± 2,23	14,4 ± 2,57	1073,5	57,4 ± 2,37	17,6 ± 0,94	1176,3
14	86,9 ± 3,23	16,7 ± 3,13	1263,3	77,8 ± 1,78	14,7 ± 1,65	1263,3	65,3 ± 1,78	22,5 ± 1,35	1402,9
16	192,9 ± 2,12	33,1 ± 2,61	1446,2	157,3 ± 4,23	27,9 ± 3,44	1446,2	124,7 ± 4,01	43,6 ± 1,94	1624,6
18	369,4 ± 2,09	51,8 ± 2,11	1626,4	347,4 ± 2,08	54,2 ± 2,13	1626,4	186,8 ± 2,85	64,8 ± 2,39	1817,1
20	417,2 ± 3,08	89,6 ± 3,49	1824,9	398,8 ± 3,67	56,7 ± 3,65	1824,9	236,4 ± 1,54	81,1 ± 1,55	2018,4
22	590,2 ± 3,48	145,7 ± 3,23	1943,3	546,4 ± 3,15	123,7 ± 2,39	1943,3	325,9 ± 2,32	113,8 ± 0,94	2219,5
24	732,4 ± 2,66	190,7 ± 2,34	2165,9	698,6 ± 3,11	165,4 ± 4,56	2165,9	484,6 ± 0,84	165,7 ± 2,05	2398,3
26	995,3 ± 1,83	276,6 ± 0,75	2372,8	934,2 ± 4,02	245,8 ± 2,56	2372,8	554,5 ± 1,67	196,7 ± 1,87	2653,6
28	1055 ± 2,78	300,6 ± 1,32	2568,5	1007,3 ± 2,67	278,9 ± 2,63	2568,5	684,8 ± 2,05	235,8 ± 2,69	2698,5
30	1123,1 ± 3,56	333,5 ± 2,12	2770,1	1030,5 ± 1,38	304,8 ± 1,35	2770,1	784,5 ± 1,57	276,4 ± 1,28	2848,9
32	1250,6 ± 1,38	379,8 ± 0,76	2976,3	1134,9 ± 3,45	356,8 ± 3,35	2976,3	878,5 ± 0,93	311,7 ± 2,59	2981,3
34	1348,7 ± 2,78	423,6 ± 2,79	3158,9	1256,9 ± 2,31	389,9 ± 2,54	3158,9	944,3 ± 2,45	345,7 ± 1,49	3096,6
36	1495,9 ± 1,44	493,8 ± 1,23	3372,5	1347,8 ± 2,48	434,1 ± 3,12	3372,5	1002,6 ± 1,55	368,6 ± 2,34	3188,2

Tabela 2. Percentagem acumulada de peso de matéria seca e de umidade de frutos de café, durante seu desenvolvimento a partir da segunda semana (sem.) da florada principal de três variedades e graus-dia acumulados. Valores em negrito representam os períodos de trânsito da broca do café em cada variedade. Campo experimental do aeroporto. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2001.

Sem.	Catuaí Vermelho			Mundo Novo			Conilon		
	Peso Seco	Umidade	Graus-dia	Peso Seco	Umidade	Graus-dia	Peso Seco	Umidade	Graus-dia
2	0,6	65,1	178,6	0,6	64,0	178,6	0,5	72,4	176,6
4	1,4	70,8	342,3	1,5	70,2	342,3	1,1	71,9	363,35
6	1,9	73,5	544,2	2,0	73,8	544,2	1,6	73,3	558,4
8	2,8	75,5	712,8	2,9	74,8	712,8	1,9	77,5	785,95
10	2,8	78,9	882,4	2,9	78,7	882,4	2,8	75,6	975,1
12	3,0	79,5	1073,5	3,3	79,2	1073,5	4,8	69,3	1176,3
14	3,4	80,8	1263,3	3,4	81,1	1263,3	6,1	65,5	1402,9
16	6,7	82,8	1446,2	6,4	82,3	1446,2	11,8	65,0	1624,6
18	10,5	85,9	1626,4	12,5	84,4	1626,4	17,6	65,3	1817,1
20	18,1	78,5	1824,9	13,1	85,8	1824,9	22,0	65,7	2018,4
22	29,5	75,3	1943,3	28,5	77,4	1943,3	30,9	65,1	2219,5
24	38,6	73,9	2165,9	38,1	76,3	2165,9	45,0	65,8	2398,3
26	56,0	72,2	2372,8	56,6	73,7	2372,8	53,4	64,5	2653,6
28	60,9	71,5	2568,5	64,5	72,3	2568,5	64,0	64,7	2698,5
30	67,5	70,3	2770,1	70,2	70,4	2770,1	74,9	64,8	2848,9
32	76,9	69,6	2976,3	82,2	68,6	2976,3	84,6	64,5	2981,3
34	85,8	68,6	3158,9	89,8	68,9	3158,9	93,8	63,4	3096,6
36	100	66,9	3372,5	100	67,8	3372,5	100	63,2	3188,2

Tabela 3. Peso de matéria fresca e seca (mg), percentagem de umidade e de peso da matéria seca acumulada de frutos brocados de café verdes em início de maturação da variedade catuaí vermelho (*Coffea arabica*) e posições da broca no interior dos frutos. Intervalos na tabela em negrito representam os períodos de trânsito da broca do café em cada variedade. Campo experimental do aeroporto, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2001.

Data	Verdes				Início de maturação			
	Peso fresco	Peso seco	% Umidade	Peso seco acumulado	Peso fresco	Peso seco	% Umidade	Peso seco acumulado
01/11/00	32,8	8,6	73,0	1,8	395,2	84,6	78,6	17,1
13/11/00	50,5	12,7	74,9	2,6	460,2	105,7	77,0	21,4
29/11/00	92,6	18,9	79,6	3,8	475,0	109,7	76,6	22,2
13/12/00	134,4	25,3	81,2	5,1	573,8	138,9	75,8	28,1
27/12/00	163,5	29,6	81,9	6,0	648,2	165,9	74,4	33,6
09/01/01	209,3	34,8	83,4	7,1	687,4	185,3	73,0	37,5
23/01/01	378,9	55,6	85,3	11,2	765,2	206,5	73,1	41,8
Data	Exocarpo	Mesocarpo	Integumento	Galeria vazia	Exocarpo	Mesocarpo	Integumento	Galeria vazia
01/11/00	71	3	0	26	65	25	2	4
13/11/00	75	2	0	23	54	38	6	2
29/11/00	85	6	0	9	29	52	8	11
13/12/00	87	4	1	8	16	71	5	8
27/12/00	86	0	2	12	7	69	16	8
09/01/01	84	5	1	10	5	70	24	1
23/01/01	75	15	2	8	3	62	34	1

Tabela 4. Peso de matéria fresca (mg) e seca (mg) e percentagem de umidade e peso da matéria seca de frutos brocados de café verdes e em início de maturação da variedade mundo novo (*Coffea arabica*) e posições da broca do café no interior dos frutos. Intervalos em negrito representam os períodos de trânsito da broca do café em cada variedade. Campo experimental do aeroporto, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais 2001.

Data	Verdes				Início de maturação			
	Peso fresco	Peso seco	% Umidade	Peso seco acumulado	Peso fresco	Peso seco	% Umidade	Peso seco Acumulado
01/11/00	26,8	7,9	70,5	1,6	355,2	54,6	84,6	11,1
13/11/00	40,5	10,7	73,6	2,2	396,4	60,3	84,8	12,3
29/11/00	82,6	16,2	80,4	3,3	405,1	63,5	84,3	12,9
13/12/00	112,4	20,3	82,0	4,1	436,8	103,9	76,2	21,0
27/12/00	163,5	29,6	81,9	5,9	514,1	125,9	75,5	25,5
09/01/01	246,3	38,8	84,2	7,8	617,2	154,5	75,0	31,3
23/01/01	334,5	55,6	83,4	11,3	697,4	169,4	75,7	34,3
Data	Exocarpo	Mesocarpo	Integumento	Galeria Vazia	Exocarpo	Mesocarpo	Integumento	Galeria Vazia
01/11/00	78	2	0	20	66	24	0	6
13/11/00	76	0	0	24	65	26	2	7
29/11/00	85	2	1	12	56	33	5	6
13/12/00	83	5	0	12	19	68	8	5
27/12/00	86	4	2	8	6	89	16	8
09/01/01	84	6	0	10	6	80	24	1
23/01/01	75	10	1	14	2	58	36	4

Tabela 5. Peso de matéria fresca (mg) e seca (mg) e percentagem de umidade e de peso de matéria seca acumulada de frutos brocados de café verde e em início de maturação da variedade conilon (*Coffea canephora*) e posições da broca do café no interior dos frutos. Intervalos em negrito representam os períodos de trânsito da broca do café em cada variedade. Campo experimental do aeroporto, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais 2001.

Data	Verdes				Início de maturação			
	Peso fresco	Peso seco	% Umidade	Peso seco acumulado	Peso fresco	Peso seco	% Umidade	Peso seco acumulado
29/11/00	7,6	2,1	72,4	0,6	118,4	40,6	65,7	11,0
13/12/00	18,5	5,4	70,8	1,5	197,6	69,1	65,0	18,7
27/12/00	27,9	6,3	77,4	1,7	243,8	84,1	65,5	22,8
09/01/01	38,5	9,3	75,8	2,5	295,2	103,8	64,8	28,2
23/01/01	46,3	12,5	73,0	3,4	364,2	125,3	65,6	34,0
06/02/01	67,9	20,6	69,7	5,6	484,5	166,1	65,7	45,1
20/02/01	95,3	32,5	65,9	8,8	616,8	215,8	65,0	58,5
Data	Exocarpo	Mesocarpo	Integumento	Galeria vazia	Exocarpo	Mesocarpo	Integumento	Galeria vazia
29/11/00	81	6	0	13	14	82	4	0
13/12/00	75	9	1	15	11	73	15	1
27/12/00	69	18	3	9	9	78	13	0
09/01/01	58	30	3	9	5	65	28	2
23/01/01	47	43	8	2	4	56	37	3
06/02/01	32	56	9	3	5	48	45	2
20/02/01	20	68	12	0	6	34	56	4

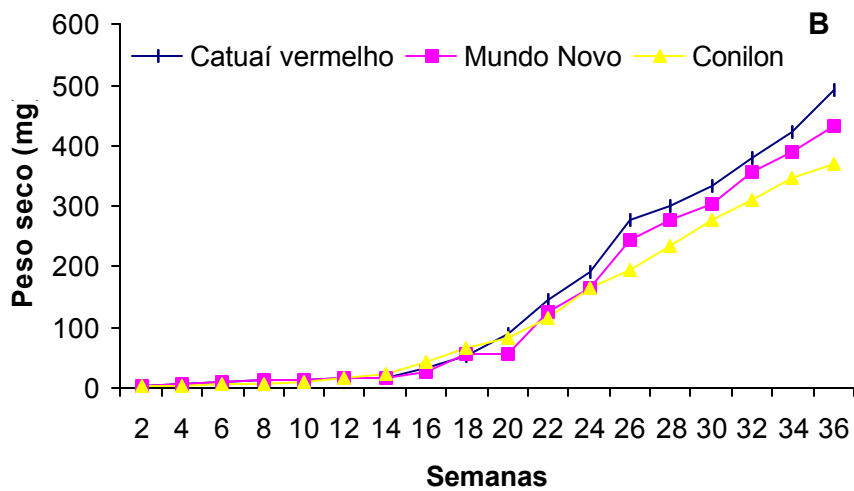
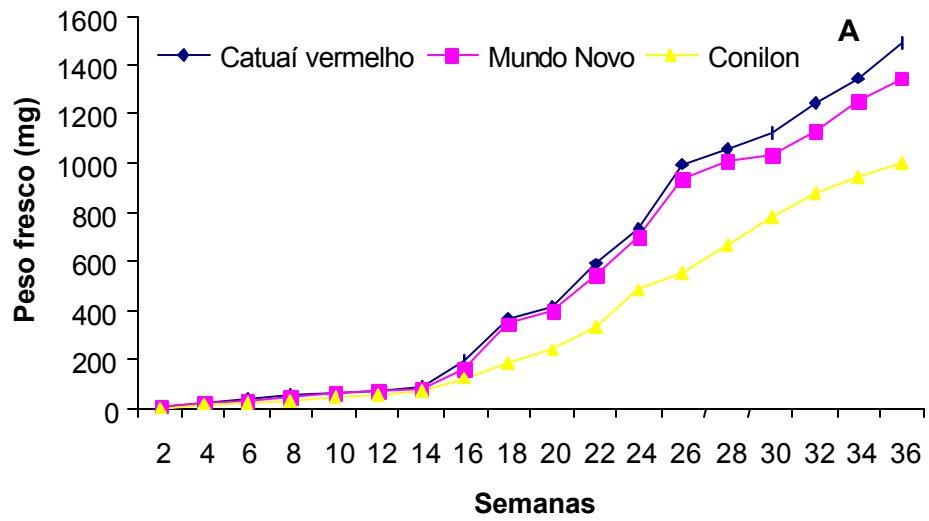


Figura 1. Peso de matéria fresca (A) e seca (B) de frutos, durante seu desenvolvimento a partir da segunda semana da florada principal de três variedades de café. Campo experimental do aeroporto, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2001.

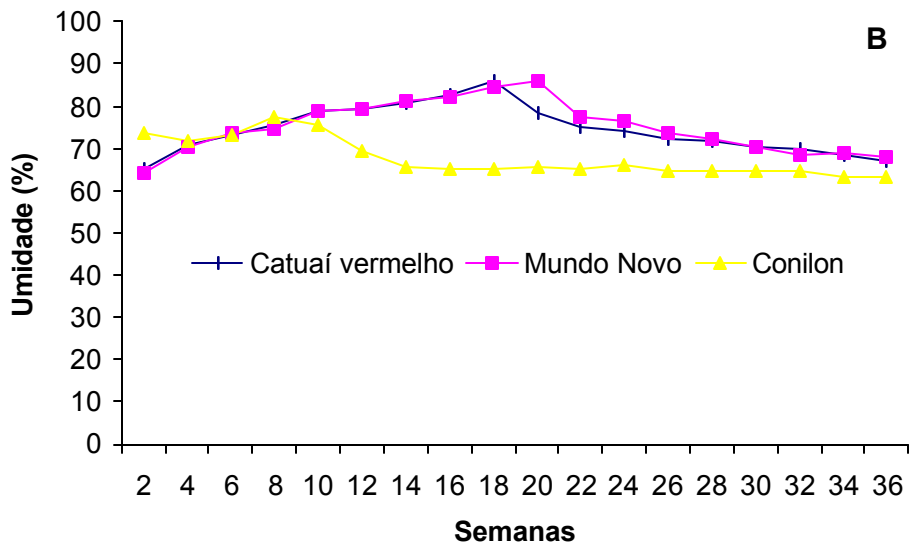
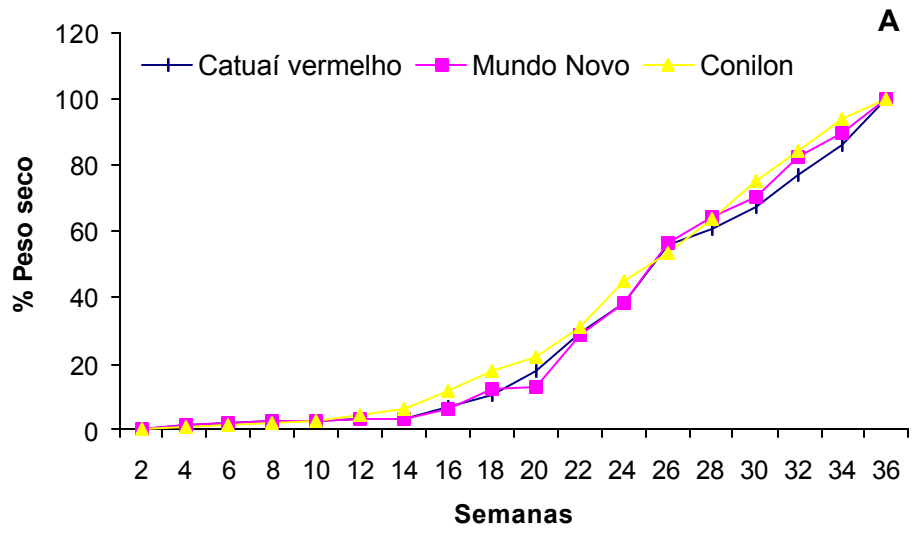


Figura 2. Peso acumulado de matéria seca (A) e percentagem de umidade (B) de frutos de três variedades de café, durante seu desenvolvimento a partir da segunda semana da florada principal de cada variedade. Campo experimental do aeroporto, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2001.

Seletividade de Defensivos Agrícolas ao Fungo Entomopatogênico

Beauveria bassiana

Selectivity of Insecticides and Fungicides to the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana*

ABSTRACT- Studies on relative toxicity of the insecticides organophosphates methyl-chlorpyrifos, disulfoton, ethion, methyl-parathion, the organochlorinate endosulfan and the mixture of the fungicide triadimenol and the insecticide disulfoton and the sterol demethylation inhibitor fungicide (triadimenol and tebuconazole) to the fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin were evaluated. Concentrations which inhibited radial mycelium growth (99%) of *B. bassiana* were 0.42; 1.69; 6.53; 14.42; 31.75; 7,028.96; 10,326.76 e 763,959.86 mg i.a/mL of tebuconazole, methyl-parathion, triadimenol, triadimenol + disulfoton, methyl-chlorpyrifos, ethion, endosulfan and disulfoton, respectively. Effectivity of these products were evaluated based on percentage of inhibition of radial mycelium growth of *B. bassiana* on potato dextrose-agar impregnated with them, after seven days. Tebuconazole, methyl-parathion and methyl-chlorpyrifos were highly toxic to *B. bassiana*; endosulfan and triadimenol + disulfoton were moderately toxic; while triadimenol, ethion, and disulfoton were selective to the pathogen.

KEY WORDS: Toxicity, natural enemies, coffee berry borer, *Beauveria bassiana*, biological control

RESUMO- A toxicidade relativa dos inseticidas organofosforados clorpirifós-metílico, dissulfotom, etiom, paratiom-metílico, do organoclorado endosulfam, da mistura do fungicida triadimenol e do inseticida dissulfotom e dos fungicidas inibidores da demetilação de esteróis triadimenol e tebuconazole ao fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin foi estudada em laboratório. As concentrações dos pesticidas que inibiram 99% do crescimento micelial desse fungo, em miligramas de ingrediente ativo por mL, foram: tebuconazole= 0,42; paration-metílico= 1,69; triadimenol= 6,53; triadimenol + dissulfotom= 14,42; clorpirifós-metílico= 31,75; etiom= 7.028,96; endosulfam= 10.326,76 e dissulfotom= 763.959,86. As equações de regressão da inibição do crescimento micelial (%), em função da concentração obtida por ensaios *in vitro*, em meio batata-destrose-ágar (BDA) impregnado com os ingredientes ativos desses compostos, foram usadas para se estimar a seletividade das concentrações prescritas para cafezais, pelos seus respectivos fabricantes. Tebuconazole, paratiom-metílico e clorpirifós-metílico foram altamente tóxicos ao fungo *B. bassiana*; endosulfam e triadimenol + dissulfotom apresentaram seletividade moderada e triadimenol, etiom e dissulfotom foram seletivos para esse fungo.

PALAVRAS-CHAVES: Toxicidade, inimigos naturais, broca do café, *Beauveria bassiana*, controle biológico

A broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) é, atualmente, um dos maiores problemas para o desenvolvimento da cafeicultura em países como o Brasil, Colômbia e México (IBC 1986, Bustillo 1990), pois pode destruir frutos verdes, cereja, coco e café beneficiado (Gallo *et al.* 1988). O ataque dessa broca causa prejuízos quantitativos, como perda do peso dos grãos e queda de frutos, além de qualitativos, como a redução da qualidade do café, alteração no tipo e, às vezes, da bebida (Souza *et al.* 1981).

Coffea arabica e *Coffea canephora* apresentam, suscetibilidade diferentes ao desenvolvimento das fases parasitárias da broca, e as variações climáticas são, também, importantes para a sobrevivência e desenvolvimento desse inseto. Isto permitiu que este inseto se espalhasse pelas regiões produtoras e se tornasse uma ameaça fitossanitária séria especialmente ao conilon (*C. canephora*) (IBC 1986). Além disso, a situação desfavorável da economia cafeeira, com preços muito baixos, favorece a infestação da broca em várias regiões do país, por contribuir para o abandono de técnicas culturais, como a colheita bem feita, que deve começar pelos talhões mais atacados e o 'repasso'. Isto é importante pois a catação dos frutos nas árvores e no chão e a eliminação de cafezais abandonadas são as principais recomendações para o controle da broca *H. hampei*, visando diminuir-se a fonte do recurso alimentar e, conseqüentemente, a população residual da broca na safra seguinte. No entanto, o controle químico é a tática mais utilizada para o controle da broca *H. hampei* nas regiões cafeeiras do Brasil, principalmente com o ciclodieno endossulfam, Mas a utilização contínua desse composto levou à resistência dessa broca ao mesmo após dez anos de uso (Brun *et al.* 1989, Brun & Suckling 1992). Essa resistência parece dever-se à menor sensibilidade do sítio de ação desses inseticidas em populações resistentes dessa praga.

Os cafezais hospedam muitas espécies de insetos, ácaros e fungos, algumas das quais como pragas de importância econômica, enquanto outras não chegam a causar prejuízo, por serem mantidas sob controle por inimigos naturais. O ressurgimento de pragas-chaves, o aparecimento de pragas secundárias e a resistência de pragas pelo uso contínuo do controle químico nos

agroecossistemas estão diretamente relacionados à destruição de agentes de controle natural e levam, inevitavelmente, ao aumento nas doses dos produtos químicos e agravamento da situação (van den Bosch *et al.* 1982).

O controle biológico clássico e introduções inundativas representam alternativas para se reduzir a dependência do controle químico da broca do café (LePelley 1968, Cenicafe 1990, Aristizábal *et al.* 1996, Orozco & Aristizábal 1996) com parasitóides e patógenos (Orozco & Aristizábal 1996). O manejo integrado de *H. hampei* na Colômbia inclui os parasitóides *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyilidae) e *Prorops nasuta* (Waterston) (Hymenoptera: Bethyilidae), um micopesticida à base de *Beauveria bassiana* e tecnologias que favoreçam a manutenção e o incremento da fauna nativa (Bustillo 1990). A Federação de Cafeicultores da Colômbia introduziu adultos de *Phymasticus coffeae* (LaSalle) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitóide de adultos da broca (Orozco & Aristizábal 1996), para o controle de *H. hampei* (Gutierrez *et al.* 1998). Assim, a preservação e o incremento de organismos benéficos nos cafezais, como os fungos *B. bassiana* e *Metarhizium anisopliae* têm demonstrado importância para o manejo ecológico da broca *H. hampei* (Bernal *et al.* 1994). No entanto, é necessário estabelecer-se estratégias de aplicação, preservação e incremento populacional desses inimigos naturais em programas de manejo integrado de pragas do cafeeiro no Brasil.

O fungo *B. bassiana* é patogênico à broca do café em condições de laboratório, especialmente na concentração de 10^8 conídios/mL em suspensão (Fernandes *et al.* 1985). A morte do inseto ocorre entre quatro a cinco dias após a penetração desse fungo, a qual é iniciada pelos espiráculos e áreas intersegmentais. A morte do inseto se deve à produção de micotoxinas, mudanças patológicas na hemocele, ação histolítica, bloqueio mecânico do aparelho digestivo pelo crescimento vegetativo e de outros danos físicos provocados pelo crescimento do micélio do patógeno, que cobre toda a superfície do corpo do inseto. De 48 a 60 horas após a morte do inseto, sob condições de temperatura e umidade favoráveis, ocorre a esporulação ou conidiogênese do fungo, o qual pode ser

reconhecida por uma formação pulverulenta sobre o micélio que recobre o corpo do inseto (Alves 1986).

Fungos entomopatogênicos podem ser inibidos por agrotóxicos, o que pode comprometer o manejo integrado (Alves 1986). Por isto, deve-se buscar soluções que conciliem alta produtividade, baixa relação custo/benefício e preservação do ambiente, pois estudos de impacto ou efeito de inseticidas sobre inimigos naturais de pragas são econômica e ambientalmente importantes. Desta forma, deve-se utilizar inseticidas seletivos ao fungo em programas de manejo integrado da broca do café.

Como o fungo entomopatogênico *B. bassiana* é inimigo natural da broca do café (*H. hampei*) nos agroecossistemas cafeeiros, objetivou-se estudar a seletividade dos inseticidas organofosforados clorpirifós-metilico, dissulfotom, etiom, paratiom-metilico, do organoclorado endosulfam, da mistura do fungicida e do inseticida triadimenol + dissulfotom, além dos fungicidas inibidores da demetilação de esteróis triadimenol e tebuconazole ao fungo *B. bassiana*.

Material e Métodos

A estirpe 447 do fungo *B. bassiana*, escolhida por ser considerada aquela com maior potencial patogênico à broca do café *H. hampei*, foi cedida pelo Professor Sérgio Batista Alves, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em Piracicaba, São Paulo. O fungo foi repicado em tubos de ensaio com meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, sob temperatura de 25 ± 1 °C e umidade relativa de $70 \pm 5\%$, em ausência de luz durante 14 dias. Foram retirados, desses tubos, esporos em suspensão e semeados em placas em meio de cultura BDA, que foram incubadas, sob as mesmas condições da etapa anterior.

Foram conduzidos testes preliminares com concentração de 1mg i.a./mL para todos os tratamentos, após o qual, discriminou-se a menor concentração de cada agrotóxico, onde esperava-

se que ocorresse o menor desenvolvimento do fungo (extremo superior), e a maior concentração, quando não ocorresse interferência no desenvolvimento dos micélios (extremo inferior). Em seguida, foram traçadas concentrações intermediárias a esses dois extremos.

Foram determinadas, à seguir, as concentrações utilizadas para as curvas de concentração-resposta de cada um dos tratamentos, que foram (em mg i.a./mL) de: clorpirifós-metílico (10^2 , 10^1 , 1, 5, 10); dissulfotom (10^{-1} , 10^{-2} , 10, 5, 1); endossulfam (10^{-2} , 10^{-1} , 1, 5, 10); etiom (1, 5, 10, 50, 100); paratiom-metílico (10^3 , 10^2 , 10^1 , 1, 5); tebuconazole (10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1}), triadimenol (10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , 1, 5) e triadimenol+dissulfotom (10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , 1, 5). Foram, então, feitos testes definitivos de concentração-resposta, com cinco placas de Petri para cada concentração, além das consideradas extremas, em processo idêntico ao dos bioensaios preliminares. A equação de regressão da curva de concentração-resposta para cada inseticida foi estimada através da avaliação dos resultados. As equações de regressão, das curvas de percentual de inibição micelial para a estirpe 447 do fungo *B. bassiana*, foram usadas para se estimar a seletividade de cada pesticida ao entomopatógeno, com as concentrações prescritas para uso comercial desses produtos em cafezais.

Os inseticidas utilizados e a acetona usada como solvente eram em grau técnico. Esse solvente foi utilizado na elaboração de concentrações-estoque de 100 mg/mL, e na obtenção das concentrações desejadas dos pesticidas. As soluções inseticidas obtidas foram introduzidas no meio de cultura BDA a 50°C e, em seguida, nas placas de Petri antes da sua solidificação, para execução dos testes. Após o resfriamento do meio, foi colocado no centro de cada placa, um disco de 4 mm de diâmetro de *B. bassiana*, retirados da borda da colônia fúngica, com, aproximadamente, 48 horas de repicagem (Fig. 1), antes da esporulação do fungo, para se evitar a contaminação da unidade experimental. As placas foram incubadas a 25°C, em ausência de luz, durante sete dias, sendo a testemunha constituída por placas de Petri com BDA e acetona técnica. Cada tratamento foi avaliado em dois ou três ensaios, com cinco repetições por ensaio.

O diâmetro da colônia fúngica, em cada placa de Petri, foi avaliado sete dias após a incubação em direções perpendiculares, e dessa média foram subtraídos 4mm como fator de correção, correspondente ao diâmetro inicial do disco de cultura. Estimou-se, também, para cada unidade experimental, a percentagem de inibição (**I**) do crescimento micelial radial com a seguinte equação:

$$I(\%) = \left\{ 1 - \left(\frac{\text{diâmetro da unidade experimental}}{\text{diâmetro médio da testemunha}} \right) \right\} \times 100$$

Foram estimadas as **CL₅₀** e **CL₉₉** (concentrações letais que inibem 50% e 99% do crescimento micelial radial do fungo, respectivamente), com equações de regressão da percentagem de inibição em função da concentração [ou log (concentração)] e aplicadas as maiores concentrações de ingredientes ativos prescritas pelos fabricantes para controle de pragas e/ou doenças em cafezais. As percentagens de inibição **I(%)** das doses de cada tratamento dos pesticidas foram submetidas à análise de regressão simples e obtidas as equações das curvas de inibição micelial. Foi aplicado teste de Tukey (5%) para a inibição em percentagem do fungo em presença de concentrações diferentes de acetona técnica (Tabela 1), sendo as análises estatísticas realizadas com o programa SAEG 4.0.

Resultados

As concentrações dos pesticidas que inibiram 99% do crescimento micelial de *B. bassiana* (**CL₉₉**) em miligramas de ingrediente ativo por mL foram: tebuconazole= 0,42; paratiom-metílico= 1,69; triadimenol= 6,53; triadimenol+dissulfotom= 14,42; clorpirifós-metílico= 31,75; etiom= 7.028,96, endosulfam= 10.326,76 e dissulfotom= 763.956,86 (Tabela 2). A **DL₉₉** variou, bastante, entre os pesticidas, com maior poder de inibição dos produtos nas menores concentrações.

As concentrações prescritas para cafezais (**I_(PC) %**), pelos fabricantes dos pesticidas (Tabela 3), mostraram diferenças significativas sobre o percentual de inibição do crescimento micelial de *B. bassiana* entre tratamentos. O tebuconazole não foi seletivo a *B. bassiana*, pois inibiu 100% do

crescimento micelial inibido desse fungo. O paratiom-metílico e o clorpirifós-metílico tiveram baixa seletividade ao patógeno, com inibição de 86,41% e 83,77% do crescimento micelial. Níveis intermediários de seletividade foram verificados para o endosulfam e triadimenol + dissulfotom com, respectivamente, 46,64% e 36,41% de inibição de desenvolvimento micelial de *B. bassiana*. Etiom, triadimenol e dissulfotom foram seletivos para esse fungo, principalmente o dissulfotom, que foi o mais seletivo, enquanto o etiom e o triadimenol apresentaram seletividade moderada a *B. bassiana*, com inibição do crescimento micelial de 21,74 e 18,54% (Tabela 3).

Discussão

A seletividade de pesticidas é um processo quando organismos, como fungos, desenvolvem tolerância às novas condições ambientais (Pelczar *et al.* 1980) e pode ser devido a vias metabólicas alternativas ou reações enzimáticas insensíveis à inibição por esses compostos. Outros mecanismos de tolerância aos pesticidas por microrganismos podem incluir inibição competitiva entre um metabólito essencial e um análogo (pesticida); ao desenvolvimento de uma via metabólica alternativa que evite alguma reação normalmente inibida pelo pesticida; à produção de uma enzima alterada para funcionar em benefício da célula, mas não sendo afetada pelo pesticida; a síntese de uma enzima, em excesso, ultrapassando a quantidade que pode ser inativada pelo antimicrobiano; a dificuldade do pesticida em penetrar na célula, por alguma alteração da membrana citoplasmática e a modificação estrutural das nucleoproteínas ribossômicas (Pelczar *et al.* 1980, Cook 1985).

Os mecanismos, diretamente, associados à seletividade de organofosforados, para o fungo entomopatogênico *B. bassiana* não foram, ainda, definidos. No entanto, Fragoso *et al.* (2001) constataram elevada toxicidade do paratiom-metílico e clorpirifós-metílico e alta seletividade do dissulfotom e etiom a *Brachygastra lecheguana*, *Polybia paulista* e *Polybia exigua* (Hymenoptera:

Vespidae), que à sua presa *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), à semelhança do observado com *B. bassiana*.

Embora os inseticidas organofosforados possam apresentar alta toxicidade a muitas espécies de inimigos naturais, esse grupo de inseticidas tem o maior número de casos de seletividade fisiológica a inimigos naturais, como a dos inseticidas sistêmicos organofosforados (Croft 1989), mas a seletividade fisiológica dos mesmos não foi, ainda, devidamente esclarecida. Fukuto (1984) atribuiu a atividade pro-inseticida desses compostos como um dos fatores responsáveis por sua seletividade e ocorre com muitos inseticidas organofosforados, que passam a formas mais tóxicas, como dissulfotom e paratiom-metilico, após penetrarem nos organismos.

Á alta toxicidade de tebuconazole a *B. bassiana* pode ser atribuída à alta potência desse fungicida, como constatada pela menor quantidade de ingrediente ativo para provocar 99% de inibição do crescimento micelial de *B. bassiana* (Tabela 2), além do seu amplo espectro de ação. Por outro lado, a alta toxicidade do paratiom-metilico e do clorpirifós-metilico pode ser atribuída às grandes inclinações das suas respectivas curvas de concentração-inibição do percentual de crescimento micelial encontrado. Alves (1986) cita que *B. bassiana* apresetam compatibilidade moderada com o endosulfam para as doses prescritas, e tendência de incompatibilidade com aumento de concentração desse inseticida, de forma semelhante ao encontrado nesse trabalho.

A seletividade de *B. bassiana* ao etiom, triadimenol e dissulfotom pode ser devida à processos semelhantes aos de resistência à esses pesticidas em populações de *Leucoptera coffeella* (Güerin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e *Hemileia vastatrix* de algumas regiões produtoras de café em Minas Gerais (Alves *et al.* 1992; Fragoso 2000). Contudo, são necessários estudos adicionais visando elucidar-se o aumento da toxicidade da mistura triadimenol + dissulfotom em relação à toxicidade destes produtos isoladamente para se confirmar ou não a hipótese de seletividade do fungo *B. bassiana* aos produtos testados e os mecanismos que induzem ao aumento do crescimento micelial desde fungo na presença de subdoses de dissulfotom.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Federação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Literatura Citada

- Alves, S.B. 1986.** Fungos entomopatogênicos, p. 73-126. In S.B. Alves (ed.), Controle microbiano de insetos. São Paulo, Manole, 407p.
- Alves, P.M.P., J.O.G. Lima & L.M. Oliveira. 1992.** Monitoramento da resistência do bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Perileuoptera coffella* (Guérin-Méneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), a inseticidas, em Minas Gerais. An. Soc. Entomol. Brasil 21: 77-91.
- Aristizabal, A.L.F., P.S. Baker & J.H. Orozco. 1996.** Liberacion, dispersion y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* en condición del campo. Avan. Téc. Cenicafé, 224: 4.
- Bernal, M.G., A.E. Bustilho & F.J. Posada. 1994.** Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficacia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Rev. Colomb. Ent. 20: 229-233.
- Brun, L.O., C. Marcillaud, V. Gaudichon & D.M. Suckling. 1989.** Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ Entomol. 82: 1311-1316.
- Brun, L.O. & D.M. Suckling. 1992.** Field selection for endosulfan resistance in coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 85: 325-334.
- Bustillo, A.E.P. 1990.** El control biológico como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Memorias del XX Conferencia Congreso de Socolen, Cali, 159-164p.
- Cenicafé. 1990.** (ed.) Manual de capacitación en control biológico. Chinchiná. Cenicafé - CAB, 174p.
- Cook, R.J. 1985.** Biological control of the pathogens: theory to application. Phytopathology 75: 25-29.

- Croft, B.A. 1989.** (ed.) Arthropod biological control agents and pesticides. New York, John Wiley & Sons, 723p.
- Fernandes, P.M., R.E. Lecuona & S.B. Alves. 1985.** Patologia de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. à broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera; Scolytidae). Ecosistema 10: 176-181.
- Fragoso, D.B. 2000.** Resistência e sinergismo a inseticidas fosforados em populações de *Leucoptera coffeella* (Guèr-Ménev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). (Dissertação de Mestrado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 35p.
- Fragoso, D.B., P. Jusselino-Filho, R.N.C. Guedes & R. Proque. 2001.** Seletividade de inseticidas a vespas predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guèr-Ménev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Neotr. Entomol. 30: 139-144.
- Fukuto, T.R. 1984.** Propesticidas, p. 97-101. In P.S. Mager & G.K. Kohn (eds.), Pesticides synthesis through rational approaches. Ed. Amer. Chem. Soc. Publ., 262p.
- Gallo, D., O. Nakano., R.L S. Silveira Neto, G.C. Batista, E. Berti Filho., J.R.P. Parra, R.A Zucchi, S.B. Alves. & J.D. Vendramin. 1988.** (eds.) Manual de Entomologia Agrícola. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 649p.
- Gutierrez, P.A., A. Villacorta, J.R. Cure & C.K. Ellis. 1998.** Tritrophic analysis of the coffee (*Coffea arabica*) – coffee berry borer [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)] – parasitoid system. An. Soc. Entomol. Brasil 27: 357-385.
- IBC- Instituto Brasileiro do Café. 1986.** Cultura do café no Brasil, pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, IBC, 214p.
- Le Pelley, R. 1968.** (ed.) Pests of coffee. London, Longman. 590p.
- Orozco, H.J. & L.F.A. Aristizabal. 1996.** Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Cenicafe 223: 3.

Pelczar, M., R. Reid, E.C.S. Chan. 1980. (eds.) *Microbiologia*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 566.p.

Souza, J.C., P.R. Reis, L.O. Salgado & C.C.A. Melles. 1981. *Pragas do cafeeiro*. Belo Horizonte, Epamig. 65p.

van den Bosch, R., P.S Messenger & A.P. Gutierrez. 1982. Naturally occurring biological control and integrated control, p. 165-184. In R. van den Bosch (ed.), *An introduction to biological control*. New York, Plenum Press, 247p.

Tabela 1. Diâmetro de colônias do fungo *Beauveria bassiana* em meio de cultura BDA, em laboratório, com diferentes concentrações de acetona técnica.

Acetona	Diâmetro Médio (mm)
0	2,11 a
1	2,09 a
5	1,89 a
10	1,40 a

Médias, na coluna, seguidas de mesma letra minúscula não diferi entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 2. Equações das curvas de inibição no crescimento micelial radial (CL_{50} , CL_{99} , r^2) e significância de inseticidas e/ou fungicidas ao fungo entomopatogenico *Beauveria bassiana*. Temperatura (25 ± 1 °C) e umidade relativa do ar ($70 \pm 5\%$), em ausência de luz durante 14 dias.

Fungicidas/Inseticidas	n	Equação	CL_{50} (mg.mL ⁻¹)	CL_{99} (mg.mL ⁻¹)	r^2 (%)	Signf.
Clorpirifos-metilico	5	74,811 + 16,107 log dose	0,03	31,75	99,05	0.0002
Dissulfotom	5	28,109 + 12,025 log dose	65,57	763.959,86	98,58	0,0004
Endossulfam	6	40,079 + 14,679 log dose	4,74	10.326,79	96,91	0,0002
Etiom	6	8,579 + 23,505 log dose	57,84	7.028,96	94,29	0,0012
Paratiom-metilico	5	92,609 + 27,961 log dose	0,03	1,69	87,12	0,0066
Tebuconazole	5	105,464 + 17,179 log dose	0,001	0,42	94,14	0,0061
Triadimenol	5	82,756 + 19,932 log dose	0,02	6,53	96,47	0,0028
Triadimenol (15g/kg) + Dissulfotom (75g/kg)	5	79,539 + 16,792 log dose	0,02	14,42	86,18	0,0032

n= Números de colônias de *Beauveria bassiana* e diâmetros medidos por tratamento no ensaio.

Tabela 3. Efeito das concentrações prescritas pelos fabricantes e doses dos produtos comerciais (CL_{PC} , CL_{50} , CL_{99}) e inibição percentual ($I_{(PC)\%}$) do crescimento micelial radial de colônias de *Beauveria bassiana*. Temperatura (25 ± 1 °C) e umidade relativa do ar ($70 \pm 5\%$), em ausência de luz durante 14 dias.

Fungicidas/Inseticidas	Produto Comercial CE (g i.a./l) ou GR (g i.a./kg)	Recomendação (mg i.a./ha)	Diluição (ml/ha) ou (cm ³ /ha)	CL ₅₀ (mg.mL ⁻¹)	CL ₉₉ (mg.mL ⁻¹)	CL _{PC} (mg.mL ⁻¹)	I _(PC) %
Clorpirifós-metilico	Lorsban CE 480	720.000	200.000	0,03	31,75	3,60	83,77
Dissulfotom	Baysiston GR 70	4.200.000	2,0 x 10 ⁻⁹	65,57	763.959,86	0,0021	-4,09
Endossulfam	Thiodan CE 350	700.000	250.000	4,74	10.326,79	2,80	46,64
Ethiom	Ethion CE 500	725.000	200.000	57,84	7.028,96	3,63	21,74
Paratiom-metilico	Folidol CE 600	120.000	200.000	0,03	1,69	0,60	86,41
Tebuconazole	Folicur CE 200	200.000	200.000	0,001	0,42	1,00	100,00
Triadimenol	Photon GR 60	1.200.000	2,0 x 10 ⁻⁹	0,02	6,53	0,0006	18,54
Triadimenol (15g/kg)+ Dissulfotom (75g/kg)	Baysiston GR 90	5.400.000	2,0 x 10 ⁻⁹	0,02	14,42	0,0027	36,41

$I_{(PC)\%}$, DE_{50} e DE_{99} estimadas por equações de regressão da inibição (%) do crescimento micelial de *Beauveria bassiana* em função da dose descrita na tabela 1.



Figura 1. Placa de Petri com desenvolvimento do fungo *Beauveria bassiana* após 48h de repicagem sem presença de esporos (a esquerda), em contraste com placa esporulada a direita. Temperatura (25 ± 1 °C) e umidade relativa do ar ($70 \pm 5\%$), em ausência de luz durante 14 dias.