

MARYLYN BELLYNE MANRIQUE BURBANO

**RESISTÊNCIA DE ACESSOS DO BANCO DE GERMOPLASMA DE CAFÉ
DA EPAMIG A *Hypothenemus hampei***

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M285r
2018
Manrique Burbano, Marylyn Bellyne, 1990-
Resistência de acessos do banco de germoplasma de café da
EPAMIG a *Hypothenemus hampei* / Marylyn Bellyne Manrique
Burbano. – Viçosa, MG, 2018.
vi, 31 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Eliseu José Guedes Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 28-31.

1. *Hypothenemus hampei*. 2. Broca-do-café. 3. Café -
Resistência a doenças e pragas. 4. Antibiose. 5. Besouros.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Entomologia.
II. Título.

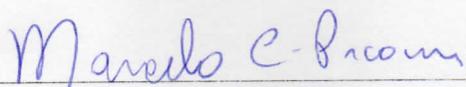
CDD 22. ed. 595.76

MARYLYN BELLYNE MANRIQUE BURBANO

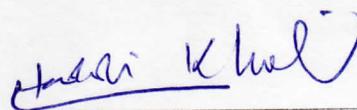
**RESISTÊNCIA DE ACESSOS DO BANCO DE GERMOPLASMA DE CAFÉ
DA EPAMIG A *Hypothenemus hampei***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

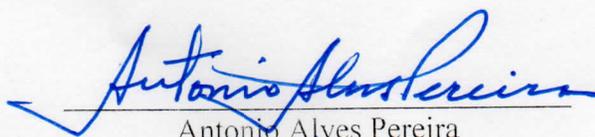
APROVADA: 30 de abril de 2018.



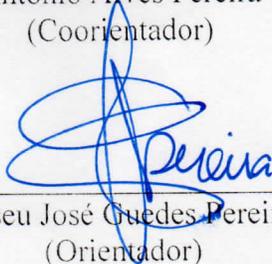
Marcelo Coutinho Picanço



Haddi Khalid



Antonio Alves Pereira
(Coorientador)



Eliseu José Guedes Pereira
(Orientador)

*A Teresa Burbano, minha amada e exemplar mãe por me inspirar e motivar-me a
melhorar sempre.*

Aos meus queridos avós Vicky e Juan Miguel pelo seu infinito amor e dedicação.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por estar comigo sempre, iluminando meu caminho e guiando meus passos.

À melhor pessoa que conheço, Teresa Burbano, minha mãe amorosa, corajosa, exemplar, forte, gentil e maravilhosa.

Aos meus adorados avós, Maria Victoria Zambrano e Juan Miguel Burbano, por me ensinarem a importância da fé, perseverança, trabalho e união familiar.

Ao meu querido irmão Miguel, motivo do meu orgulho, força e inspiração.

A toda a minha família por acreditar em mim e me apoiar em todos os momentos, especialmente aos meus tios Sharo, Homero e Juanito.

Ao meu amado Beto, o melhor presente do céu, por seu apoio incondicional, por me convidar e me encorajar a crescer juntos.

Aos Doutores Demian Kondo e Tito Bacca por estimular meu interesse pela Entomologia, por apoiar minha formação profissional e pelas valiosas oportunidades que me proporcionaram.

À Universidade Federal de Viçosa por essa oportunidade e pelo maravilhoso desafio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela colaboração na realização deste trabalho nas instalações de Viçosa e no Centro de Excelência do Café em Patrocínio, Minas Gerais.

Aos colegas do laboratório de Interação Planta-Praga pela sua valiosa ajuda nas diferentes etapas deste trabalho.

Ao Professor Eliseu José Guedes Pereira pela oportunidade, por me aceitar em sua equipe, por seu acompanhamento, apoio, compreensão, orientação e solidariedade.

Ao Professor Antonio Alves Pereira por todo o apoio e disposição, e pela sua demonstração de inesgotável energia que reflete o amor por sua profissão.

A todos os Professores do programa de Pós-graduação em Entomologia, especialmente a Marcelo Picanço e Sergio Fiuza pelo conhecimento compartilhado, inestimáveis desafios acadêmicos e por todos os seus conselhos.

Aos amigos que o Brasil me deu, principalmente a Bárbara, Dany, Fernanda, Gabriel, Héctor, Itzel, Jô, Laís, Libia, Marcelo, Martha, Morgana, Rodrigo, Silvana e Willian.

A todas as pessoas, provas e experiências que fizeram parte desta fase da minha vida e que contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1 Locais dos experimentos	4
2.2 Germoplasma de café	4
2.3 População de <i>Hypothenemus hampei</i>	4
2.4 Avaliações de campo	5
2.5 Avaliações em laboratório	10
2.5.1 Ciclo de vida e fecundidade	10
2.5.2 Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i)	10
2.5.3 Razão sexual	11
2.5.4 Análise estatística	11
3. RESULTADOS	13
3.1 Avaliações de campo	13
3.2 Avaliações em laboratório	16
3.2.1 Ciclo de vida e fecundidade	16
3.2.2 Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i)	21
3.2.3 Razão sexual	23
4. DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMO

MANRIQUE BURBANO, Marylyn Bellyne, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Resistência de acessos do banco de germoplasma de café da EPAMIG a *Hypothenemus hampei***. Orientador: Eliseu José Guedes Pereira. Coorientador: Antonio Alves Pereira.

O primeiro passo para desenvolvimento de cultivares resistentes a um inseto fitófago consiste em avaliar criteriosamente genótipos da planta hospedeira de interesse agrônomico na tentativa de identificar fontes de resistência ao inseto. Assim o objetivo deste trabalho foi determinar a resistência de acessos de *Coffea arabica* à broca do café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). Para isso, este trabalho foi dividido em duas partes, a primeira foi realizada em campo e nela se avaliou a intensidade de ataque da praga a 100 acessos do Banco de Germoplasma de café da EPAMIG, usando como comparador a variedade Catuaí Vermelho IAC 99. Contabilizou-se a porcentagem de frutos atacados e o número de indivíduos imaturos e adultos por fruto, e se determinou a escala de penetração da broca do café. Já a segunda parte do trabalho foi realizada em laboratório e nela foi estimado o número de estádios biológicos e a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) da broca nos 10 acessos mais resistentes à praga, selecionados no primeiro experimento, e na variedade controle (Catuaí Vermelho). Foi observado que 27 acessos de *C. arabica* foram os menos atacados por *H. hampei* e neles a porcentagem de frutos broqueados variou de 21 a 43%, enquanto que na variedade Catuaí Vermelho IAC 99 o $79 \pm 4\%$ dos frutos estavam broqueados. A média de estádios biológicos de *H. hampei* variou entre os acessos menos infestados e correlacionou-se positivamente com a porcentagem de frutos broqueados na escala D (i.e., broca no interior da semente com sua descendência). No experimento em laboratório o número de ovos e larvas por fêmea e a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *H. hampei* foram menores nos acessos MG0004 (Bourbon Vermelho), MG0175 (Caturra x H.T. IAC 2012), MG0205 (Guatenano) e MG0230 (Catuaí Erecta) para a primeira geração da broca, mas não para as gerações subsequentes, nas quais o valor de r_i não diferiu entre os genótipos avaliados. Os acessos destacados neste estudo figuram-se como promissores na busca pela obtenção de variedades de café com maior resistência a *H. hampei* do que as atualmente cultivadas.

ABSTRACT

MANRIQUE BURBANO, Marylyn Bellyne, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Resistance of accesses of the EPAMIG coffee germplasm bank to *Hypothenemus hampei***. Adviser: Eliseu José Guedes Pereira. Co-adviser: Antonio Alves Pereira.

The first step in the development of cultivars resistant to a phytophagous insect is to carefully evaluate genotypes of the host plant of agronomic interest in an attempt to identify sources of resistance to the insect. Thus the objective of this work was to determine the resistance of *Coffea arabica* accesses to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). Therefore, this work was divided in two parts, the first one was carried out in the field and it was evaluated the intensity of attack of *H. hampei* to 100 accesses of the coffee Germoplasm Bank of the EPAMIG, using as comparator the variety Catuaí Vermelho IAC 99. The percentage of fruits attacked, the numbers of stages immature and adult per fruit were counted, and the penetration scale of the borer was determined too. The second part of the study was carried out in the laboratory and estimated the number of biological stages and the instantaneous rate of population growth (r_i) of *H. hampei* in the 10 most resistant accesses, selected in the first experiment, and in the control variety (Catuaí Vermelho). It was observed that 27 accesses of *C. arabica* were the least attacked by *H. hampei* and in them the percentage of brocade fruits ranged from 21 to 43%, while in the variety Catuaí Vermelho IAC 99 the $79 \pm 4\%$ of the fruits were brocade. Mean of *H. hampei* biological stages varied between the less infested accesses and positively correlated with the percentage of brocade fruits on the D scale (female and progeny inside seed). In the laboratory experiment, the number of eggs and larvae per female and the instantaneous rate of population growth (r_i) of *H. hampei* were lower in the accesses MG0004 (Bourbon Vermelho), MG0175 (Caturra x HT IAC 2012), MG0205 (Guatenano) and MG0230 (Catuaí Erecta) for the first generation of the *H. hampei*, but not for subsequent generations, in which the value of r_i did not differ among the evaluated genotypes. The accesses highlighted in this study appear to be promising in the search for obtaining coffee varieties with greater resistance to *H. hampei* than those currently cultivated.

1. INTRODUÇÃO

O café *Coffea* spp. (Rubiaceae) é cultivado em mais de 10 milhões de hectares em aproximadamente 80 países (FAOSTAT 2014), com cerca de 20 milhões de famílias dependendo dessa planta para sua subsistência (Gole et al. 2002, Lewin et al. 2004, Osorio 2002, Vega et al. 2003, 2008).

De acordo com a Companhia Nacional De Abastecimento (CONAB) o Brasil é o líder mundial na produção e exportação de café e, além disso, é o segundo maior consumidor, sendo superado apenas pelos Estados Unidos. A cafeicultura Brasileira constitui-se em uma das principais atividades agrícolas nacionais posicionando o café como o quinto item agrícola mais exportado, o que reafirma a importância econômica e social desta cultura para desenvolvimento do país. (Cantor et al. 2001, CONAB 2017).

O gênero *Coffea* compreende 123 espécies (Davis et al. 2006), das quais apenas duas são comercializadas: *C. arabica* L. e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (comumente referido como robusta) (Vega, 2008). Adicionalmente, depois da introdução do café na América, tem sido cultivado um número reduzido de variedades, derivadas de uma estreita base genética. Como consequências disso, as espécies de importância econômica apresentam alta vulnerabilidade a doenças e a pragas como a broca do café (Benassi 1995, Bertrand et al. 2003, Jaramillo et al. 2006, Vega et al. 2015).

A broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), é considerada praga-chave da cafeicultura em todas as regiões produtoras do mundo e suas populações tem se incrementado em todos os países onde está presente (Borbón 2007, Bustillo et al. 2007). Os danos causados pela broca começam depois que as fêmeas adultas entram no fruto de café e depositam seus ovos nas galerias construídas no endosperma (isto é, a semente de café, que é o produto comercializável), seguida da alimentação da larva dentro das galerias (Duque O. 2000, Duque e Baker 2003). *H. hampei* provoca aumento dos custos de produção, redução na produção e perdas no peso das sementes, no preço de venda e na qualidade da bebida (Benavides et al. 2002, Montoya 1999, Souza & Reis 1997,

Vega et al. 2002). Os prejuízos econômicos anuais causados pela broca foram estimados em 215-358 milhões de dólares apenas no Brasil (Oliveira et al. 2013).

Neste contexto, visando minimizar os prejuízos causados por *H. hampei*, é importante a busca por métodos de controle que são compatíveis com os ecossistemas de café, com o ambiente e com a saúde humana. Idealmente, tais métodos devem reduzir o uso de inseticidas de forma a evitar ou retardar aparição de populações da broca resistentes a inseticidas, como já reportado por Brun et al. (1995) e por Bustillo (2002). Existem muitos estudos sobre os métodos de controle químico, biológico e cultural desta praga, entretanto, a tática de controle por resistência de plantas à praga não tem sido amplamente pesquisada (Borbón 2007, Sera et al. 2007, Villagran 1991), sendo que existem plantas de café não comerciais com probabilidade de apresentar genes de resistência que podem ser introgrididos em seus parentes comerciais cultivados (Berthaud & Charrier 1988).

A resistência de plantas a insetos é uma tática de controle de pragas que constitui uma ferramenta ecológica, economicamente viável e de fácil adoção, que pode ser integrada com outros métodos de controle em um sistema de manejo da broca. Se houver fontes de resistência a *H. hampei* para serem utilizadas na produção de variedades melhoradas, essa tática pode auxiliar a reduzir o número de indivíduos da broca produzidos por geração e a diminuir o crescimento da população da praga, ou até mesmo, mantê-la abaixo do nível de dano econômico (Adkinsson & Dyck 1984, Romero & Cortina 2004a, Villagran 1991).

Embora nenhuma resistência a *H. hampei* foi relatada em variedades de café comerciais (Friederichs 1924, Romero e Cortina-Guerrero 2004a, Vuillet 1925), existem estudos que relataram algum nível de resistência em genótipos não comerciais que podem ser de interesse em um programa de manejo integrado da praga (Romero & Cortina 2004a, 2004b, 2007, Sera et al. 2007). Isso evidencia a importância de avaliar os diversos materiais vegetais existentes, uma vez que níveis de resistência muito altos não são necessários para que uma variedade tenha valor dentro de um programa de manejo, pois o sucesso está na combinação com outros métodos de controle (Adkinsson & Dyck 1984).

A fase inicial dos programas de melhoramento visando resistência a pragas é a avaliação criteriosa do material vegetal disponível e a seleção de genótipos com características desejadas (Romero & Cortina 2004a). Em relação com isso, o banco de germoplasma de café da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) possui acessos de *Coffea* de diferentes origens, constituindo-se como reservatório de variabilidade genética entre os acessos de café. A avaliação desses acessos representa um importante auxílio na busca de fontes de resistência que possam ser usadas nos programas de desenvolvimento de variedades melhoradas (Lara et al. 2014).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou identificar a campo, no banco de germoplasma de café da EPAMIG, genótipos mais resistentes ao ataque da broca do que a variedade comercial de café Catuaí Vermelho IAC 99. Posteriormente se avaliou nos genótipos destacados o crescimento populacional da broca do café em condições controladas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Locais dos experimentos

A fase de campo da busca por genótipos mais resistentes a *H. hampei* do que a variedade Catuaí Vermelho foi realizada no Banco de Germoplasma de Café da EPAMIG, mantido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) no Campo Experimental de Patrocínio, situado na região do Alto Paranaíba de Minas Gerais a 18°59'26" de latitude sul, 48°58'9" de longitude oeste e altura local de aproximadamente 1000 m.

As avaliações de resistência dos genótipos selecionados previamente na fase de campo foram desenvolvidas no laboratório de Interações Planta-Praga da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, em câmara climática com uma temperatura de 27 ± 1 °C, $70 \pm 15\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12L: 12E.

2.2 Germoplasma de café

Na procura por fontes de resistência genética a *H. hampei*, foram avaliados 100 acessos de café do banco de germoplasma da EPAMIG usando a variedade Catuaí Vermelho IAC 99 como comparador suscetível (Tabela 1). A coleção de acessos de *Coffea* do BAG está implantada no Campo Experimental de Patrocínio e é composta por aproximadamente 1.500 acessos, dentre eles diversos mutantes que representam formas silvestres espontâneas e subespontâneas de *Coffea arabica* (Lara et al. 2014). Os acessos avaliados foram selecionados de acordo com informações prévias da infestação da broca do café, com a assessoria e acompanhamento do melhorador de plantas responsável do banco de germoplasma da EPAMIG.

2.3 População de *Hypothenemus hampei*

A população da broca usada nos estudos de laboratório foi coletada a partir de frutos infestados da variedade Catuaí Vermelho em cultivos de café da UFV, situados a 20°46'38,69" de latitude sul, 42°51'13,35" de longitude oeste e altura local de aproximadamente 645 m.

Os insetos foram criados em condições de laboratório seguindo metodologia de criação e manutenção da broca desenvolvida por Hirose & Neves (2002) até a obtenção de fêmeas grávidas recém-emergidas do fruto.

2.4 Avaliações de campo

Para identificar preliminarmente algumas possíveis fontes de resistência à broca do café em condições de campo, foi determinada a infestação de *H. hampei* em 101 acessos de *Coffea arabica* do BAG incluindo o genótipo controle (Catuaí Vermelho), no mês de julho de 2017.

O BAG de café dispõe de repetições dos acessos, permitindo isolar a influência do ambiente em caracteres herdáveis de resistência (Lara et al. 2014). Cada acesso é composto de 20 plantas, divididas em duas repetições em espaçamento de 3,5 m entrelinhas e 1,0 m entre plantas (Lara et al. 2014). Portanto, utilizou-se delineamento experimental em blocos completos casualizados com duas repetições de 10 plantas por acesso, coletando em cada repetição duas amostras (uma em cada lado da filera), utilizando como unidade amostral o total de frutos de café contidos em um copo de 180 ml de capacidade.

As variáveis avaliadas na fase de campo nos genótipos de café foram: (1) número de frutos sadios, (2) número de frutos broqueados, e (3) porcentagem de frutos broqueados (infestação).

Nos genótipos que registraram as menores porcentagens de infestação a campo foram quantificados o número de estágios da broca (i.e., ovos, larvas, pupas e adultos) em 40 frutos broqueados por acesso (10 frutos por amostra).

Adicionalmente foi classificada a penetração da broca de acordo com a seguinte escala (Cenicafé 1994): a) broca iniciando a perfuração da galeria, b) broca no canal de penetração ainda na casca, c) broca dentro da galeria já na semente, e d) broca no interior da semente com sua descendência. Finalmente, nos acessos avaliados foi determinada a porcentagem de frutos por cada escala de penetração da broca do café.

Tabela 1. Descrição dos acessos de *Coffea arabica* do banco de germoplasma de café da EPAMIG avaliados.

Acesso	Designação do Material	Local de coleta	Proprietário	Município / Estado
MG 0004	Bourbon Vermelho	Faz. Sagrado Coração de Jesus	Nagib de Paula Barroso	Ervália-MG
MG 0011	Bourbon Vermelho	Fazenda São João Batista	João Domingos	Campos Altos-MG
MG 0014	Bourbon Vermelho	Fazenda São Domingos	João Antonio Lian	Monte Santo-MG
MG 0020	Bourbon Amarelo T7	Fazenda Recreio	Joaquim J. Carvalho Dias	São Sebastião-SP
MG 0030	Bourbon Amarelo T1	Fazenda Recreio	Joaquim J. Carvalho Dias	São Sebastião-SP
MG 0045	Bourbon Amarelo T17	Fazenda Recreio	Joaquim J. Carvalho Dias	São Sebastião-SP
MG 0094	Bourbon Vermelho		José Antonio Limeira	Manhumirim-MG
MG 0101	Bourbon Amarelo	Fazenda Alto Recreio	José da Rocha Vieira	Iuna-ES
MG 0133	Sumatirão Ponta Roxa	Sítio Salvalagio	Jair José da Silva	Cambira-PR
MG 0134	Sumatra Palma	Sítio São José	José Maria Gasparelo	Cambira-PR
MG 0135	Sumatra	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Corregos
MG 0136	Sumatra	Sítio Coqueiral	Renê Fachina	Dois Corregos
MG 0137	Sumatra Amarelo Pl 03 L6		Walter Camile	Dois Corregos
MG 0138	Mundo Novo Purpuracia	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Córregos-SP
MG 0139	Mundo Novo Amarelo IAC 379-19	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Córregos-SP
MG 0140	Mundo Novo Ponta Roxa	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Córregos-SP
MG 0141	Mundo Novo IAC 379-19 Purpuracens	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Córregos-SP
MG 0142	Mundo Novo Ponta roxa		Edmeu Camili	Dois Córregos-SP
MG 0143	Planta Roxa		Valdir	Dois Córregos-SP
MG 0149	Iarana 1973-74 MS	Fazenda Alvorada	Firmino R. Freitas	Guaranésia-MG
MG 0150	Iarana 1973/74 IAC 1110	Fazenda Alvorada	Firmino R. Freitas	Guaranésia-MG
MG 0152	Icatu Precoce IAC 3282	C. Pioneiros Café do Cerrado	José Carlos Grossi	Patrocínio-MG
MG 0153	Acaia Cerrado Pl. diferente	Sítio Sabará	Sebastião N. P. Nogueira	Carmo de Minas-MG

Acesso	Designação do Material	Local de coleta	Proprietário	Município / Estado
MG 0156	Maragogipe Vermelho	Campo Experimental de Café	Dalton Dias Heringer	Martins Soares-MG
MG 0158	Maragogipe	Sítio Céu Azul	Silvio Antonio Alves	Muzambinho-MG
MG 0159	Maragogipe Híbrido F1			Cabo Verde-MG
MG 0161	Maragogipe	Sítio São José	João Roberto	Ervália-MG
MG 0163	Planta de fruto graúdo	Sítio Céu Azul	Silvio Antonio Alves	Muzambinho-MG
MG 0167	Maragogipe Amarelo PI 03	Campo Experimental de Café	Dalton Dias Heringer	Martins Soares-MG
MG 0168	Maragogipe Amarelo PI 04	Campo Experimental de Café	Dalton Dias Heringer	Martins Soares-MG
MG 0169	Maragogipe Amarelo PI 05	Campo Experimental de Café	Dalton Dias Heringer	Martins Soares-MG
MG 0175	Caturra X H. T. IAC 2012	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0177	Amphillo X H. Natural MR 36-352	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0179	Ct. V. X Amphillo MR 2-161	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0186	Amphillo IAC 1167-19 MR 2-115	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0187	Caturra Vermelho	Fazenda Gromongol	Joaquim Martins Oliveira	Ervália-MG
MG 0189	Caturra Alaranjado	Fazenda Gromongol	Joaquim Martins Oliveira	Ervália-MG
MG 0193	Caturra Amarelo	C. Pioneiros Café do Cerrado	José Carlos Grossi	Patrocínio-MG
MG 0195	Caturra Amarelo N°. 52	Fazenda da Gruta	César Abel Krohling	Marechal Floriano-ES
MG 0205	Guatenano	Fazenda da Gruta	César Abel Krohling	Marechal Floriano-MG
MG 0207	Guatenano Colis		Helio Casali	Inconfidentes-MG
MG 0208	Guatenano	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Córregos-MG
MG 0223	Pacamara	Instituto Agrônômico Paraná	Instituto Agrônômico do Paraná	Londrina-PR
MG 0224	Pacamara	Instituto Agrônômico Paraná	Instituto Agrônômico do Paraná	Londrina-PR
MG 0227	Sete Favas	Campo Experimental de Café	Dalton Dias Heringer	Martins Soares-MG
MG 0228	Laurina	Fazenda da Ilha	Marcelo Vieira	Alfenas-MG
MG 0230	Catuá Erecta	Sítio São José	Wagner Donizete Dinato	Dois Córregos-MG
MG 0233	Obatã Amarelo	Fazenda da Onça	Firmino R. Freitas	Guaranésia-MG
MG 0235	Trifolia	Fazenda da Ilha	Marcelo Vieira	Alfenas-MG

Acesso	Designação do Material	Local de coleta	Proprietário	Município / Estado
MG 0239	Angustifolia	Fazenda da Ilha	Marcelo Vieira	Alfenas-MG
MG 0242	Goiaba	Fazenda da Ilha	Marcelo Vieira	Alfenas-MG
MG 0243	Goiaba	Campo Experimental de Café	Dalton Dias Heringer	Martins Soares-MG
MG 0244	Purpurasem	Fazenda da Ilha	Marcelo Vieira	Alfenas-MG
MG 0247	Obatã Tardio	Sítio Sonazura	Altair Soares	Coimbra-MG
MG 0318	Híbrido Timor UFV 432-02	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0325	Híbrido Timor UFV 433-02	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0328	Híbrido Timor UFV 435-13	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0336	Híbrido Timor UFV 438-49	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0338	Híbrido Timor UFV 439-02	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0340	Híbrido Timor UFV 439-04	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0344	Híbrido Timor UFV 439-14	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0347	Híbrido Timor UFV 440-07	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0348	Híbrido Timor UFV 440-10	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0419	Mundo Novo x S 795 UFV 315-02	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0424	Mundo Novo x S 795 UFV 315-08	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0425	Mundo Novo x S 795 UFV 315-09	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0427	Mundo Novo x S 795 UFV 315-17	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0428	Mundo Novo x S 795 UFV 315-50	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0429	Mundo Novo x S 795 UFV 315-76	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0432	Mundo Novo x S 795 UFV 315-106	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0502	F 840 x Híbrido Timor UFV 457-12	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0503	F 840 x Híbrido Timor UFV 457-13	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0504	F 840 x Híbrido Timor UFV 457-15	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0508	F 840 x Híbrido Timor UFV 457-47	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0514	F 840 x Híbrido Timor UFV 457-83	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG

Acesso	Designação do Material	Local de coleta	Proprietário	Município / Estado
MG 0529	H 66 x Híbrido Timor UFV 372-10	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0530	H 66 x Híbrido Timor UFV 372-11	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0532	H 66 x Híbrido Timor UFV 372-89	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0573	S 4 AGARO x H. Timor UFV 456-21	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0574	S 4 AGARO x H. Timor UFV 456-30	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0575	S 4 AGARO x H. Timor UFV 456-32	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0585	Dilla & Alghe x H. Timor UFV 400-18	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0587	Dilla & Alghe x H. Timor UFV 400-25	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0589	Dilla & Alghe x H. Timor UFV 400-46	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0743	K 7 x Dilla & Alghe UFV 324-01	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0748	K 7 x Dilla & Alghe UFV 324-18	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0755	K 7 x Dilla & Alghe UFV 324-44	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0822	DK 1/6 x S 12 Kaffa UFV 340-01	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0825	DK 1/6 x S 12 Kaffa UFV 340-09	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0827	DK 1/6 x S 12 Kaffa UFV 340-22	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0835	B.A 16 x S 12 Kaffa UFV 404-01	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0971	S 333 x Dilla & Alghe UFV 327-01	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0972	S 333 x Dilla & Alghe UFV 327-03	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0974	S 333 x Dilla & Alghe UFV 327-05	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 0982	S 333 x Dilla & Alghe UFV 327-18	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 1079	Cavimor UFV 357-04	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 1084	Cavimor UFV 357-17	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 1085	Cavimor UFV 357-22	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 1088	Cavimor UFV 357-70	Área Experimental do Fundão	Universidade Federal de Viçosa	Viçosa-MG
MG 1187	Catuaí Vermelho IAC 99	Faz. Experimental Patrocínio	EPAMIG	Patrocínio-MG
MG 1192	Mundo Novo 502-9	Faz. Experimental de Machado	EPAMIG	Machado-MG

2.5 Avaliações em laboratório

2.5.1 Ciclo de vida e fecundidade

Usando o método desenvolvido e testado por Álvarez et al. (2001), em condições de laboratório foram avaliados para antibiose os 10 acessos que apresentaram menor porcentagem de infestação, previamente determinados a campo neste estudo, usando como comparador suscetível a variedade de café Catuaí Vermelho. Frutos maduros dos genótipos selecionados foram coletados, despulpados e secos à sombra para a obtenção de grãos de café pergaminho sadios e sem defeitos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 11 genótipos (10 acessos mais o controle) e cada um com 100 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída por um tubo eppendorf de 0,9 cm de diâmetro, 3,4 cm de altura e um orifício de 1 mm na tampa, um grão de café pergaminho com umidade próxima de 40%, e uma fêmea adulta.

A cada quatro dias, realizaram-se dissecações até completar dez avaliações (amostragem destrutiva), sendo a última aos 40 dias após a infestação (DAI). Em cada avaliação foi feita a contagem dos estádios biológicos da broca nos grãos de 10 unidades experimentais por genótipo.

Em um grupo paralelo, nas mesmas condições das unidades experimentais, determinou-se a umidade dos grãos por genótipo em cada data de avaliação, utilizando o método oficial de estufa 105 °C/24h adotado pelas Regras para Análise de Sementes no Brasil (Brasil 1992). De acordo com Álvarez et al. (2001) para evitar que as condições experimentais afetassem as populações da broca e para a identificação correta de possíveis efeitos antibióticos dos genótipos, aos 28 dias após a infestação a umidade dos grãos tem que ser superior a 20% e a média de estádios biológicos no genótipo controle maior que 20 indivíduos/grão.

2.5.2 Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i)

A taxa instantânea de crescimento (r_i) mensura a habilidade de uma população para aumentar exponencialmente no tempo (Walthall & Stark 1997). Para determinar a r_i de *H. hampei* nos bioensaios por antibiose, fêmeas adultas grávidas da broca oriundas de grãos de café da variedade Catuaí Vermelho foram transferidas

para tubos eppendorf (2 ml) com um orifício na tampa (1 mm), contendo um grão de café pergaminho com umidade próxima ao 40%. Foram registrados o número de insetos vivos e o conteúdo de umidade dos grãos aos 28 e 40 dias após a infestação. Dez repetições por avaliação foram usadas por genótipo.

Foi determinada a r_i para quatro gerações da broca do café. As primeiras duas gerações corresponderam às populações criadas em grãos de café dos diferentes genótipos em estudo (10 acessos e o controle) descendentes das fêmeas fundadoras oriundas de grãos da variedade Catuaí Vermelho, e as duas gerações seguintes aos descendentes de fêmeas cujas larvas foram criadas em grãos de café dos 11 genótipos e posteriormente transferidas para se reproduzir em grãos da variedade controle Catuaí Vermelho.

A medida populacional r_i foi calculada usando a fórmula $r_i = [\ln(N_f/N_i)]/\Delta T$, onde N_f e N_i são, respectivamente, o número final e inicial de insetos vivos, e ΔT é a duração do experimento em dias (Walthall & Stark 1997).

2.5.3 Razão sexual

Para estabelecer o número total de adultos, a razão sexual fêmea: macho e definir se existiram diferenças estatísticas entre os genótipos estudados, foi quantificado o número de fêmeas e machos por unidade experimental nas avaliações feitas desde os 28 até os 40 dias após a infestação. A determinação do sexo dos indivíduos adultos obtidos foi realizada com base nas diferenças morfológicas entre fêmeas e machos nas asas e olhos reportadas por Vega et al. (2014).

2.5.4 Análise estatística

As variáveis registradas na avaliação de campo foram: (1) porcentagem de frutos infestados, (2) número de indivíduos em cada estágio biológico, (3) número total de indivíduos e (4) porcentagem de frutos na escala de penetração tipo D.

Na fase de laboratório se registraram as seguintes variáveis: (1) número de ovos, (2) larvas, (3) pupas, (4) adultos, (5) total de indivíduos, (6) razão sexual (média de fêmeas e machos) e (7) taxa instantânea de crescimento populacional.

Análise de variância (ANOVA) e o teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($\alpha = 0,05$) foram realizados usando os programas estatísticos SAS e InfoStat (SAS Institute 2002, DiRienzo et al. 2002) a fim de verificar diferenças nas variáveis registradas para os genótipos de *C. arabica* nos experimentos de campo e laboratório. Adicionalmente, foi realizada uma análise de correlação entre a porcentagem de frutos broqueados na escala de penetração tipo D e o número total de estádios da broca do café.

Estabeleceu-se o efeito dos acessos na duração da fase de ovo até adulto, no período de oviposição e na fecundidade. Para a duração do ciclo de vida e o período de oviposição, foi calculado o tempo nos registros da data de aparição dos indivíduos. A fecundidade foi estimada a partir do número médio de ovos encontrados por grão e foi ajustada uma curva de oviposição acumulada em função do tempo para cada genótipo em cada data de avaliação com os respectivos intervalos de confiança.

3. RESULTADOS

3.1 Avaliações de campo

A porcentagem de frutos infestados pela broca do café nos 100 acessos de *C. arabica* avaliados no BGA da EPAMIG oscilou entre 20,8 e 97,3%. A análise de variância mostrou que existiram diferenças significativas para a variável porcentagem de infestação entre os genótipos avaliados ($F_{100, 301} = 5,33, P < 0,01$).

O agrupamento pelo teste de médias Scott-Knott ($P < 0,05$) revelou que 27 acessos apresentaram entre 20,8 e 42,7% sendo os menos infestados (a), seguidos em ordem de ataque por 18 acessos com 46,8 a 57,8% (b), 28 acessos com 60,3 a 73,9% (c) e 28 acessos com 75,7 a 97,3% (d). O comparador suscetível Catuaí Vermelho IAC 99 teve um $78,6 \pm 4,04\%$ de frutos infestados e não diferiu dos acessos com maior infestação por *H. hampei* (d) (Figura 1).

Entre as repetições não houve diferenças estatísticas para a porcentagem de infestação ($F_{1, 301} = 0,34, P > 0,05$), mas existiram diferenças entre as duas amostras coletadas ($F_{1, 301} = 5,19, P = 0,023$), sendo que a amostra coletada do lado da fileira que recebe maior radiação solar teve menor porcentagem de frutos infestados.

Para a média de estádios biológicos de *H. hampei* existiram diferenças entre os genótipos avaliados que corresponderam aos 27 acessos com menor porcentagem de frutos infestados pela broca do café e o genótipo controle (Catuaí) ($F_{27, 1070} = 3,09, P < 0,01$). Acessos com médias de 2,3 a 5,2 indivíduos por fruto foram diferentes daqueles que apresentaram médias entre 6,1 a 9,5 indivíduos por fruto incluindo o controle que registrou $6,2 \pm 1,08$ estádios da broca do café por fruto (Figura 2).

A porcentagem de frutos infestados por *H. hampei* apresentou uma correlação positiva, mas não significativa com o número de estádios biológicos da broca do café ($r = 0,17, P > 0,05$). Para a porcentagem de frutos broqueados na escala de penetração tipo D a análise de variância mostrou diferenças significativas entre acessos ($F_{27, 1070} = 3,84, P < 0,01$). Obteve-se uma correlação positiva e significativa entre os acessos com menor porcentagem de frutos broqueados em escala de penetração tipo D e o número de estádios biológicos da broca ($r = 0,87, P < 0,01$). Na Figura 3 se apresenta a porcentagem de frutos broqueados em escala D por acesso.

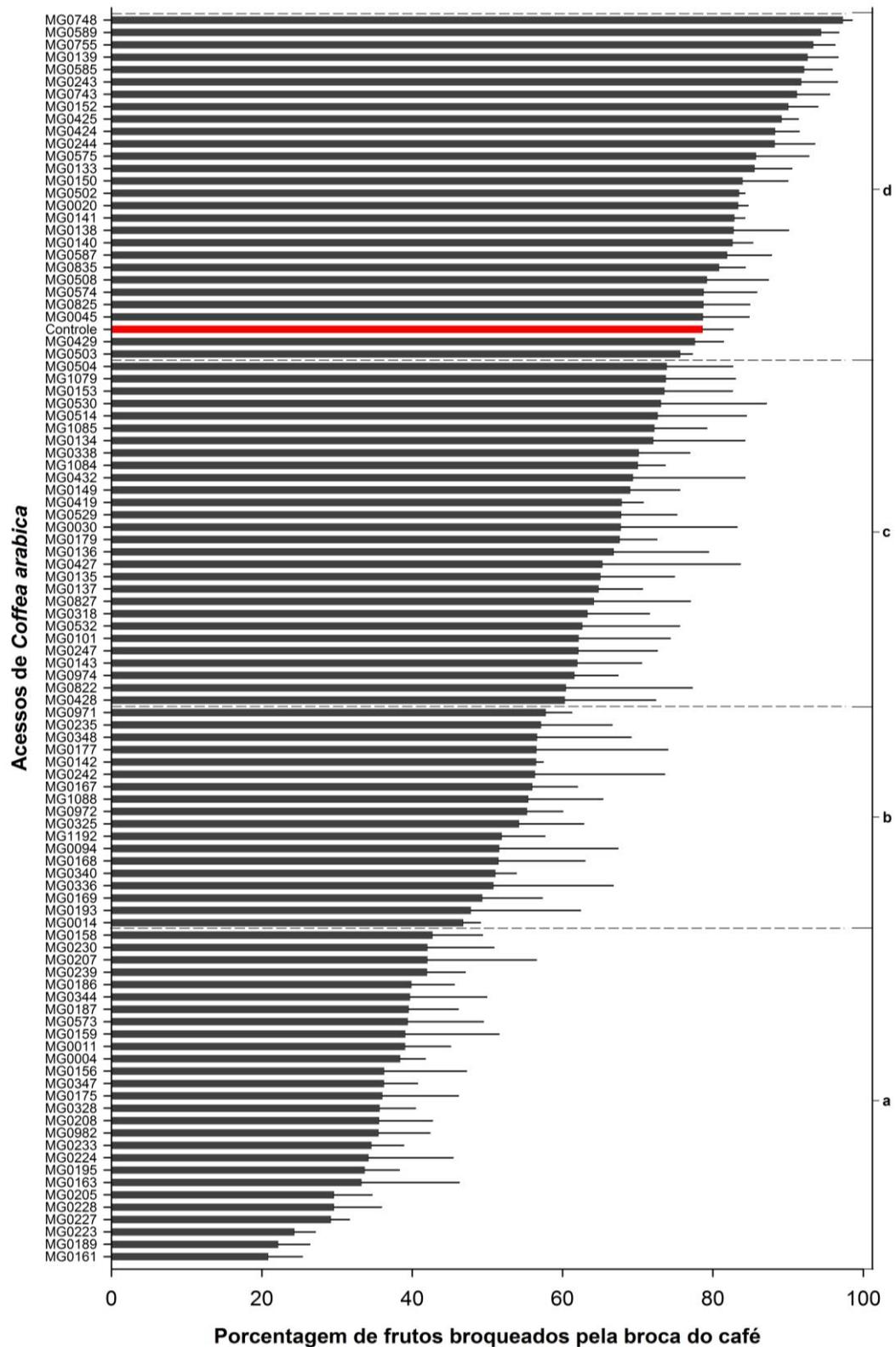


Figura 1. Porcentagem de frutos broqueados (média \pm erro padrão) por *Hypothenemus hampei* em acessos de *Coffea arabica* do banco de germoplasma de café da EPAMIG. A barra vermelha corresponde ao genótipo controle (Catuaí Vermelho IAC 99). Acessos agrupados com letras iguais no eixo y (a, b, c, d) não apresentam diferenças significativas pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

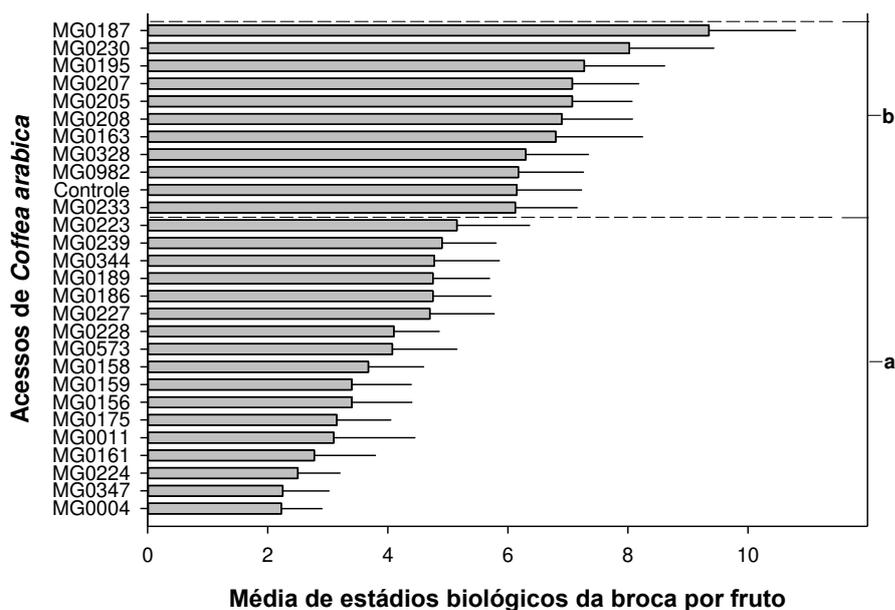


Figura 2. Estádios biológicos de *Hypothenemus hampei* (média \pm erro padrão) nos 27 acessos de *Coffea arabica* com menor porcentagem de infestação no Banco de Germoplasma e no genótipo controle (Catuaí Vermelho IAC 99). Acessos agrupados com letras iguais no eixo y (a e b) não apresentam diferenças significativas pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

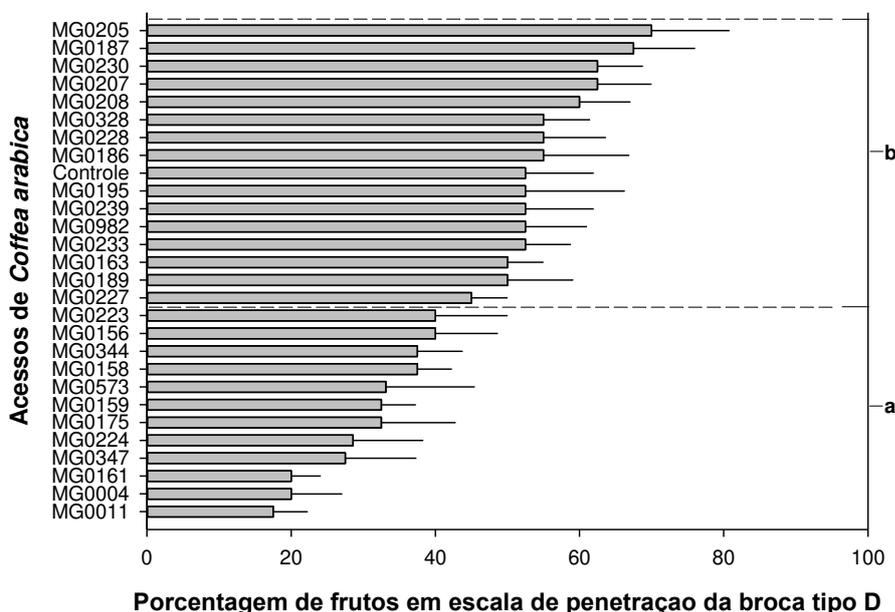


Figura 3. Porcentagem de frutos broqueados em escala de penetração D (\pm erro padrão) por *Hypothenemus hampei* nos 27 acessos de *Coffea arabica* com menor porcentagem de infestação no Banco de Germoplasma e no genótipo controle (Catuaí Vermelho IAC 99). Acessos agrupados com letras iguais no eixo y (a e b) não apresentam diferenças significativas pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Entre os 27 acessos com menor porcentagem de frutos infestados (20,8 a 42,7) pela broca do café foram selecionados 10 acessos para sua avaliação por antibiose em condições controladas comparados com o genótipo controle da variedade Catuaí Vermelho IAC 99.

3.2 Avaliações em laboratório

3.2.1 Ciclo de vida e fecundidade

A duração média de cada estágio biológico da broca do café no bioensaio de avaliação de antibiose é apresentada na Figura 4. Durante as avaliações foram observadas duas gerações no grão; a primeira geração (F₁) correspondeu aos indivíduos obtidos a partir de fêmeas fundadoras coletadas em frutos de café do genótipo controle (Catuaí Vermelho) e cujas filhas, criadas nos grãos dos onze diferentes genótipos em avaliação, atingiram a fase adulta aos 24 dias após a infestação e depois se acasalar com os machos ovipositaram dando origem aos indivíduos da segunda geração no mesmo grão (F₂) (Figura 4).

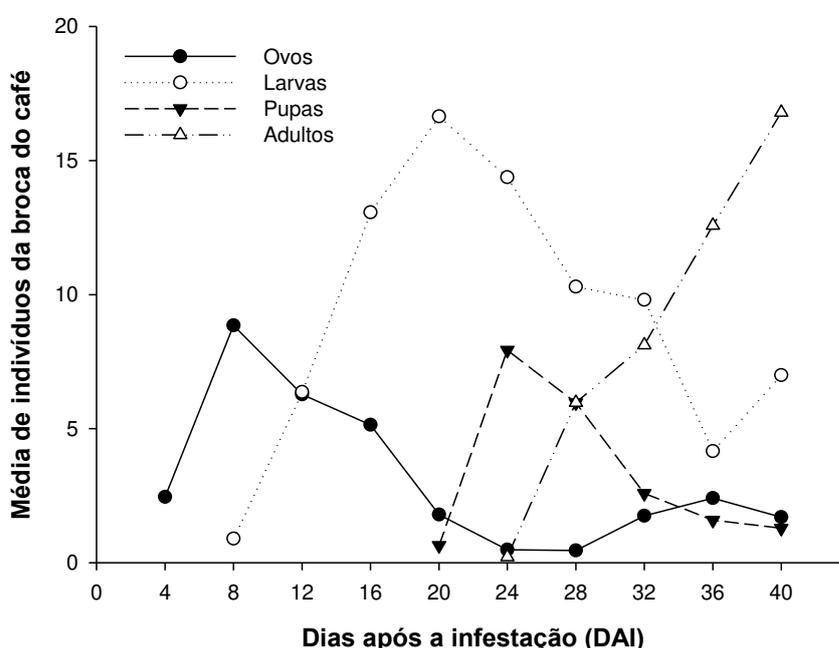


Figura 4. Número de estádios biológicos, i.e., ovos, larvas, pupas e adultos da broca do café, *Hypothenemus hampei*, em grãos de *Coffea arabica* avaliados em condições de laboratório.

Na primeira avaliação aos 4 dias após a infestação, foi observada a galeria de penetração da broca e a primeira câmara de oviposição, onde foram encontrados os

primeiros ovos, em média $2,45 \pm 0,2$ por grão. O maior número de ovos foi registrado entre os 8 e 16 dias após a infestação e posteriormente descendeu até valores próximos a zero nos 24 e 28 dias após a infestação quando a fêmea fundadora abandonou o grão. Aos 32 dias após a infestação o número de ovos aumentou novamente devido à oviposição das filhas adultas (F_1), dando origem à segunda geração registrada no mesmo grão. Embora nas avaliações posteriores o número de ovos tenha aumentado, não atingiu o máximo inicial da fêmea fundadora.

Aos 8 dias após a infestação foram observadas as primeiras larvas e nas seguintes avaliações o número aumentou, atingindo o máximo aos 20 dias após a infestação. Nas avaliações posteriores o número de larvas decresceu até que aos 36 dias após a infestação aumentou novamente devido à eclosão dos ovos da geração F_2 , sem atingir na última avaliação aos 40 dias após a infestação o pico do número de larvas da fêmea fundadora registrado aos 20 dias após a infestação.

Pupas foram observadas a partir dos 20 dias após a infestação, estas atingiram seu pico máximo aos 24 dias após a infestação e seu número foi diminuindo nas avaliações posteriores. Os primeiros adultos foram registrados aos 24 dias após a infestação e seu número médio foi aumentando nas avaliações seguintes até ser similar ao número de larvas aos 32 dias após a infestação e posteriormente continuou a ser o estado predominante nas avaliações dos 36 e 40 dias após a infestação.

Segundo Álvarez et al. (2001) aos 28 dias após a infestação a umidade dos grãos deve ser superior a 20% e o número médio de estádios biológicos no genótipo controle maior do que 20 indivíduos/grão, a fim de que as condições experimentais não afetem as populações da broca. A umidade dos grãos aos 28 dias após a infestação foi superior a 20% para todos os genótipos avaliados com a exceção do acesso MG0187 que apresentou 17% de umidade e, portanto foi excluído das análises (Figura 5). O número médio dos estádios biológicos da broca presentes no genótipo controle foi de $27,4 \pm 4,35$ indivíduos/grão aos 28 dias após a infestação.

Uma proporção de 2% das fêmeas fundadoras apresentaram esporos de um fungo entomopatogênico e morreram sem deixar descendência, por isso essas repetições foram eliminadas das análises. A partir da quarta avaliação (16 dias após a

infestação), foram observados ácaros nas unidades experimentais, associados aos resíduos de alimentação da broca.

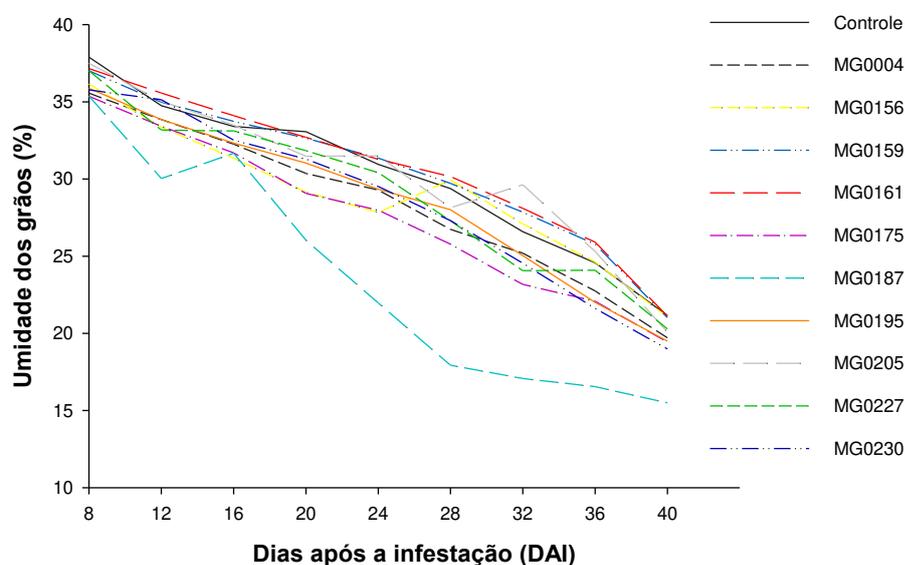


Figura 5. Porcentagem de umidade dos grãos de café nos genótipos de *Coffea arabica* avaliados através do tempo. Note-se o acesso MG0187 com uma porcentagem de umidade menor que 20% aos 28 dias após a infestação (DAI).

A duração do ciclo de vida desde a aparição dos primeiros ovos (média > 1) até o registro dos primeiros adultos (média > 1) nos grãos de café do genótipo controle foi de 20 dias, igual ao da maioria dos acessos avaliados com a exceção de MG0004, MG0175, MG0195 e MG0230 nos quais o ciclo teve uma duração de 24 dias (Tabela 2). O tempo desde a aparição dos primeiros ovos (média > 1) até a menor média registrada depois do pico máximo de oviposição foi de 24 dias para todos os genótipos avaliados (Tabela 2).

Existiram diferenças estatísticas significativas para as variáveis de número de ovos ($F_{9, 940} = 7,63, P < 0,01$) e larvas ($F_{9, 940} = 3,27, P < 0,01$) entre os genótipos avaliados, mas não para as variáveis do número de pupas ($F_{9, 940} = 0,40, P > 0,05$) e adultos ($F_{9, 940} = 1,12, P > 0,05$) da broca do café. Relativo à variedade controle (Catuaí Vermelho), os acessos MG0004 (Bourbon Vermelho), MG0175 (Caturra x H.T. IAC 2012), MG0195 (Caturra Amarelo No. 152), MG0205 (Guatenano) e MG0230 (Catuaí Erecta) tiveram menor número de ovos e também menor número de larvas, com a exceção do acesso MG0205.

Tabela 2. Ciclo de vida e tempo de oviposição de populações de *Hypothenemus hampei* criadas em grãos de 10 genótipos de café.

Genótipo	Descrição	Ciclo (Dias)	Oviposição (Dias)
Controle	Catuaí Vermelho	20	28
MG0004	Bourbon Vermelho	24	28
MG0156	Maragogipe Vermelho	20	28
MG0159	Maragogipe Híbrido F ₁	20	28
MG0161	Maragogipe	20	28
MG0175	Caturra x H.T. IAC 2012	24	28
MG0195	Caturra Amarelo No. 152	24	28
MG0205	Guatenano	24	28
MG0227	Sete favas (polisperma)	20	28
MG0230	Catuaí Erecta	24	28

As curvas de oviposição acumulada em função do tempo mostraram que as fêmeas fundadoras criadas no genótipo controle ovipositaram em média $39,5 \pm 5,97$ ovos/fêmea em 28 dias, sendo estatisticamente diferente com a menor oviposição registrada nos acessos MG0004, MG0175, MG0195, MG0205 e MG0230 (Figura 6).

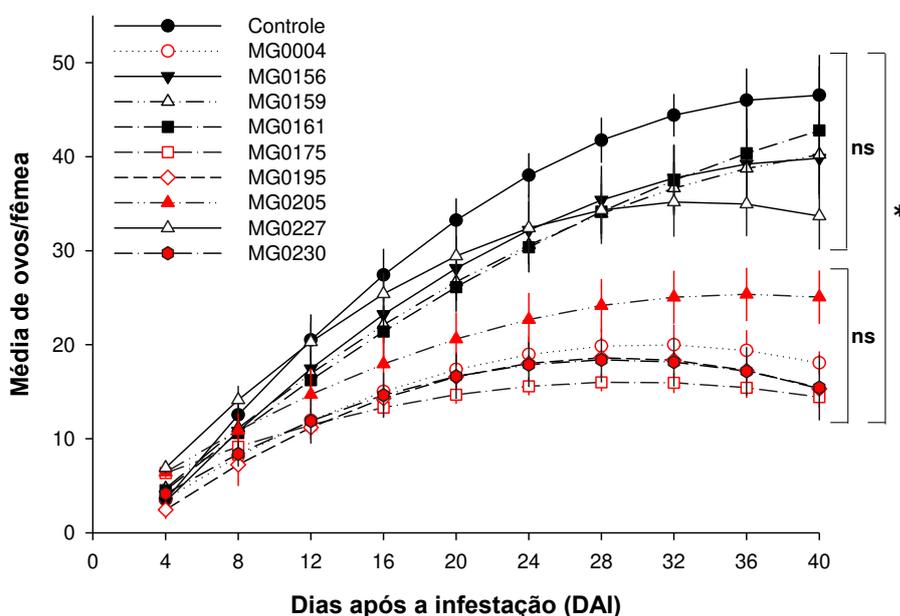


Figura 6. Oviposição de *Hypothenemus hampei* em 10 genótipos de *Coffea arabica* avaliados por antibiose. Média do número de ovos \pm intervalo de confiança a 95%.

^{ns}Não significativo, *Diferenças significativas (Scott-Knott $P < 0,05$).

Decazy (1990), Cárdenas (1993) e Baker (1999) afirmam que a broca oviposita de 20 a 25 ovos nos primeiros 15 dias e de 30 a 40 em quatro semanas. Este número é inferior ao observado no controle, aos 16 e aos 28 dias após a infestação, indicando um desenvolvimento normal dos indivíduos durante os experimentos.

A partir dos 12 dias após a infestação, depois da avaliação com maior número de ovos (8 dias após a infestação), observou-se o efeito dos acessos com menor número de ovos pela separação de suas curvas de oviposição com relação ao genótipo controle, diferenças que aumentaram com o tempo até a última avaliação aos 40 dias após a infestação quando o genótipo controle exibiu $46,5 \pm 2,18$ ovos/fêmea (Figura 6).

Em média o genótipo controle apresentou $7 \pm 0,78$ larvas/fêmea aos 28 dias após a infestação e $10,2 \pm 0,15$ larvas/fêmea aos 40 dias após a infestação, sendo estatisticamente diferente das médias registradas nos acessos MG0004, MG0175, MG0195 e MG0230 que apresentaram menor número de larvas na avaliação de laboratório (Figura 7).

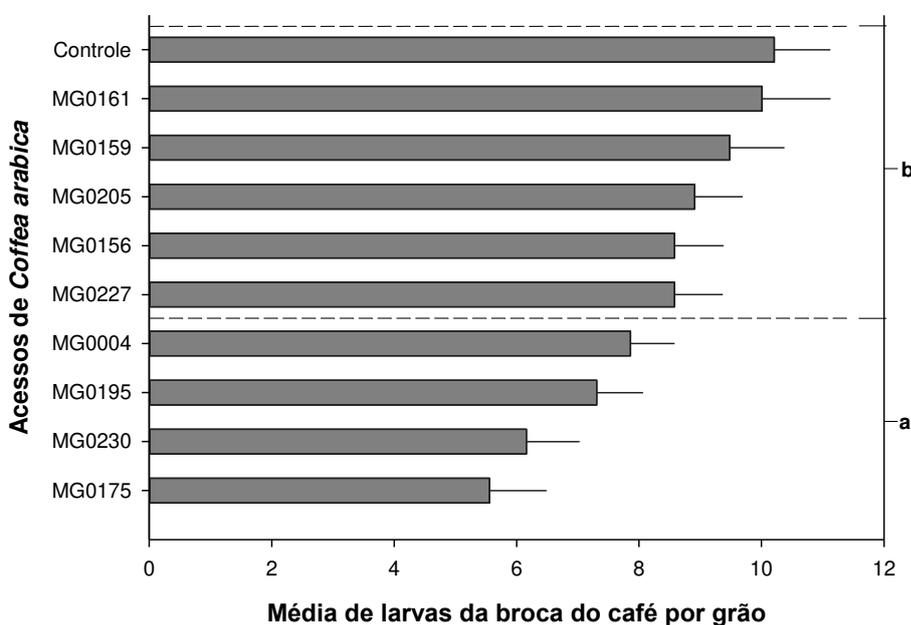


Figura 7. Número de larvas de *Hypothenemus hampei* (média \pm erro padrão) em 10 genótipos de *Coffea arabica* avaliados em laboratório. Acessos agrupados com letras iguais no eixo y (a e b) não são estatisticamente significativas pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

A análise de variância, para cada avaliação (dias após a infestação), evidenciou um efeito dos genótipos para o total de estádios biológicos registrados, e o teste de comparação de médias Scott-Knott ($P < 0,05$) mostrou diferenças entre os acessos do BAG e o genótipo controle da variedade Catuaí Vermelho para todas as avaliações, com a exceção da primeira leitura aos 4 dias após a infestação quando as fêmeas fundadoras iniciaram a oviposição (Tabela 3).

Tabela 3. Média do total de indivíduos de *Hypothenemus hampei* por grão de café em cada data de avaliação (dias após a infestação).

Genótipo	Dias após a infestação (DAI)									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Controle	2,5	13,1	12,0	22,6	27,5	29,6	27,4	23,0	32,3	42,0
MG0004	1,6	<u>8,3</u>	13,6	<u>16,3</u>	<u>20,4</u>	<u>18,3</u>	<u>14,9</u>	<u>13,4</u>	<u>17,2</u>	29,0
MG0156	2,7	<u>7,9</u>	15,0	16,8	28,6	<u>16,9</u>	27,1	23,1	23,9	29,4
MG0159	2,4	<u>9,5</u>	12,0	24,0	<u>19,4</u>	24,8	31,4	36,5	33,8	28,6
MG0161	1,9	<u>9,2</u>	11,8	24,6	<u>19,0</u>	<u>16,9</u>	33,7	24,6	36,0	39,9
MG0175	1,8	14,0	<u>0,1</u>	<u>7,2</u>	<u>21,3</u>	25,8	<u>12,7</u>	26,7	<u>6,0</u>	<u>11,8</u>
MG0195	1,1	<u>5,1</u>	15,8	<u>16,9</u>	<u>0,7</u>	22,7	25,1	<u>16,1</u>	<u>14,2</u>	<u>23,4</u>
MG0205	2,7	12,6	12,2	<u>18,1</u>	<u>18,8</u>	24,8	<u>19,5</u>	24,7	<u>19,9</u>	<u>20,2</u>
MG0227	2,8	12,7	19,2	22,4	<u>10,9</u>	25,2	23,0	22,6	<u>11,5</u>	27,8
MG0230	0,8	10,7	15,0	<u>6,8</u>	<u>22,5</u>	20,1	<u>13,4</u>	<u>9,5</u>	<u>13,9</u>	<u>20,7</u>

Médias sublinhadas são estatisticamente diferentes do controle (Scott-Knott $P < 0,05$).

Os acessos MG0004 e M0195 aos 28 e 40 dias após a infestação respectivamente, além dos acessos MG0175, MG0205 e MG0230 apresentaram uma menor média de estádios biológicos de *H. hampei* do que o genótipo controle. Isto, como consequência do menor número de ovos e larvas deixados pelas fêmeas fundadoras e filhas adultas F_1 nas avaliações anteriores (Figuras 6, 7 e Tabela 3).

3.2.2 Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i)

A análise de variância indicou diferenças estatísticas significativas na taxa instantânea de crescimento (r_i) entre os genótipos para as populações de *H. hampei* da primeira geração (F_1), criadas em grãos de café dos 10 genótipos avaliados a partir de fêmeas fundadoras oriundas de grãos de café da variedade Catuaí Vermelho aos 28 dias após a infestação ($F_{9, 76} = 2,93$, $P = 0,005$) (Figura 8A). Embora, não foram

observadas diferenças significativas na r_i para as populações das gerações seguintes da broca registradas (F_2 , F_3 e F_4) (Figuras 8B, 8C e 8D).

Na primeira geração, o controle teve uma r_i de $0,11 \pm 0,008$ indivíduos/dia, sendo estatisticamente diferente para os acessos MG0004, MG0175, MG0205 e MG0230 que apresentaram uma menor r_i (Figura 8A). Para as populações F_2 avaliadas aos 40 dias após a infestação, a taxa instantânea de crescimento da broca no controle foi de $0,09 \pm 0,01$ indivíduos/dia e não houve diferença significativa em relação com a r_i dos nove acessos avaliados ($F_{9, 68} = 0,91$, $P > 0,05$) (Figura 8B).

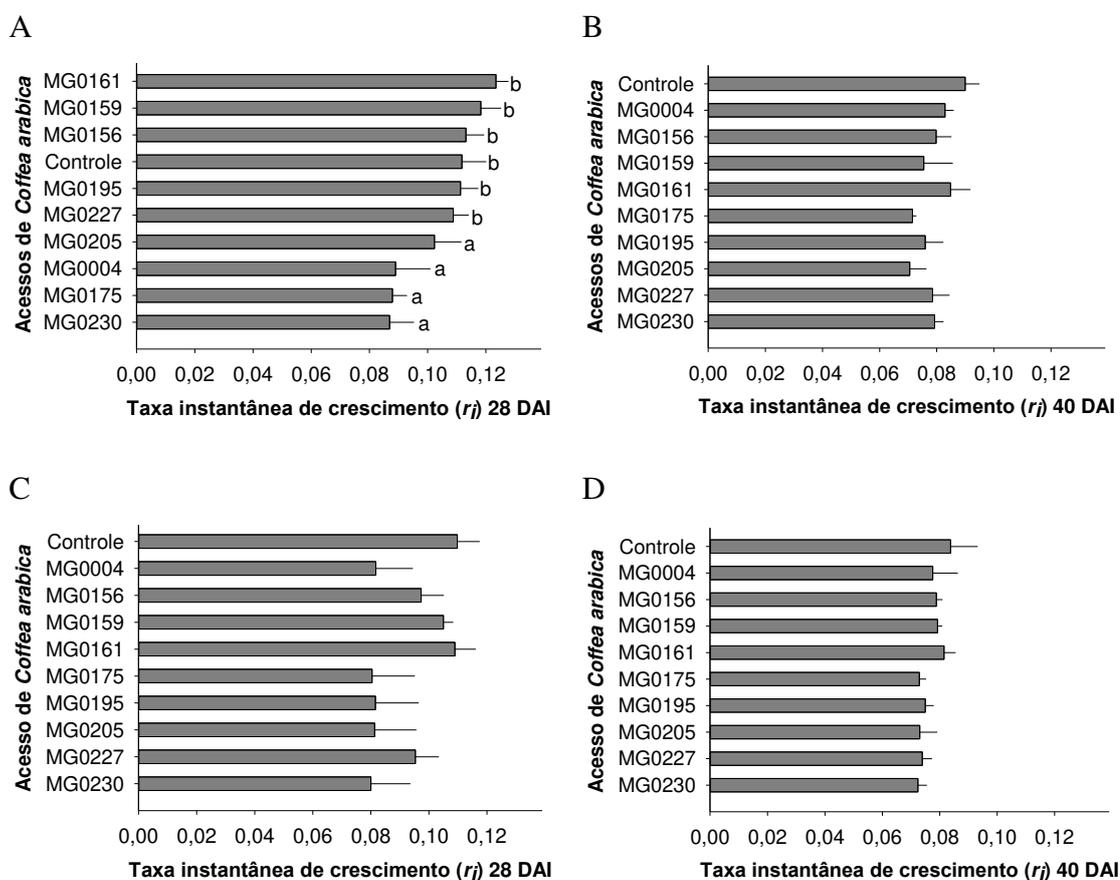


Figura 8. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *Hypothenemus hampei* (média \pm erro padrão) em grãos de *Coffea arabica* durante quatro gerações. Descendentes (A) F_1 e (B) F_2 aos 28 e 40 dias após a infestação (DAI) respectivamente com os insetos mantidos em grãos de café dos 10 genótipos em estudo, (C) F_3 e (D) F_4 aos 28 e 40 DAI respectivamente de fêmeas cujas larvas foram criadas em grãos de café dos 10 genótipos e posteriormente transferidas para grãos da variedade Catuaí Vermelho. Acessos agrupados com letras iguais não apresentam diferenças significativas pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Para as duas gerações seguintes da broca do café (F₃ e F₄) que correspondem aos descendentes de fêmeas cujas larvas foram criadas em grãos de café dos 10 genótipos e posteriormente transferidas para grãos da variedade Catuaí Vermelho, não houve diferenças estatísticas na taxa instantânea de crescimento aos 28 dias após a infestação (F_{9, 77} = 1,24, *P* > 0,05) (Figura 8C) e 40 dias após a infestação (F_{9, 80} = 0,63, *P* > 0,05) (Figura 8D). A taxa instantânea de crescimento no genótipo controle para as gerações F₃ e F₄ da broca do café foi de 0,11 ± 0,01 e 0,08 ± 0,003 indivíduos/dia respectivamente.

De forma geral os resultados da taxa instantânea de crescimento (*r_i*) mostraram efeito dos acessos MG0004 (Bourbon Vermelho), MG0175 (Caturra x H.T. IAC 2012), MG0205 (Guatenano) e MG0230 (Catuaí Erecta) no desempenho biótico de *H. hampei* somente da primeira geração, mas não de seus descendentes.

3.2.3 Razão sexual

Na Tabela 4 são apresentadas as razões sexuais (fêmeas: machos) calculadas para as populações de *H. hampei* nos diferentes genótipos de *C. arabica* avaliados.

Tabela 4. Média de fêmeas e machos ± erro padrão (E.P.), e razão sexual em 10 genótipos de *Coffea arabica*.

Genótipo	Média de Fêmeas ±E.P.	Média de Machos ±E.P.	Razão sexual
Controle	10,17 ± 1,85 ^{ns}	1,10 ± 0,24 ^{ns}	9,2: 1
MG0004	6,53 ± 1,85 ^{ns}	0,63 ± 0,24 ^{ns}	10,3: 1
MG0156	7,77 ± 1,85 ^{ns}	0,83 ± 0,24 ^{ns}	9,3: 1
MG0159	13,40 ± 1,85 ^{ns}	1,47 ± 0,24 ^{ns}	9,1: 1
MG0161	8,40 ± 1,85 ^{ns}	0,93 ± 0,24 ^{ns}	9,0: 1
MG0175	8,11 ± 1,95 ^{ns}	0,78 ± 0,25 ^{ns}	10,4: 1
MG0195	6,07 ± 1,85 ^{ns}	0,57 ± 0,24 ^{ns}	10,7: 1
MG0205	7,63 ± 1,85 ^{ns}	0,73 ± 0,24 ^{ns}	10,4: 1
MG0227	5,80 ± 1,85 ^{ns}	0,57 ± 0,24 ^{ns}	10,2: 1
MG0230	5,75 ± 2,07 ^{ns}	0,63 ± 0,26 ^{ns}	9,2: 1

^{ns}Não significativo pelo teste Scott-Knott (*P* < 0,05).

A razão sexual da broca do café para o genótipo controle foi de 9,24 fêmeas: 1 macho. A análise de variância mostrou que as médias de fêmeas e machos não foram estatisticamente significativas entre os genótipos em estudo (F_{9, 281} = 1,62, *P* > 0,05) (Tabela 4).

4. DISCUSSÃO

O fato de 27 acessos de *C. arábica* do banco de germoplasma terem sido significativamente menos atacados no campo por *H. hampei* indica que estes acessos são mais resistentes ao ataque da praga do que o genótipo da variedade comercial Catuaí Vermelho IAC 99. Isso, somado às diferenças registradas nas avaliações para resistência em condições controladas, indica que o gênero *Coffea* apresenta mecanismos que afetam a expressão do potencial biótico de *H. hampei*. Adicionalmente, estes resultados evidenciam a importância da avaliação do germoplasma de café na busca por fontes de resistência e seleção de acessos promissórios para serem usados em programas de melhoramento.

Adicionalmente sobre os resultados da fase de campo, os acessos que apresentaram baixas porcentagens de infestação, tiveram também baixa porcentagem de frutos afetados na escala de penetração tipo D, e concomitantemente menor número de estádios biológicos da broca do café. Isto pode estar associado a efeitos antixenóticos desses acessos que os faz menos preferidos ao ataque de *H. hampei*. Possivelmente porque carecem de uma ou mais qualidades para serem atraentes ou devido a que possuem qualidades repelentes maiores a seus estímulos atraentes (Cardona 1996).

Do mesmo modo, possíveis efeitos antixenóticos do fruto podem estar associados aos acessos da variedade Maragogipe: MG0156, MG0159 e MG0161 que se destacaram na fase de campo, mas não nas avaliações de laboratório, onde contrario ao esperado exibiram um crescimento populacional da broca nos grãos que não diferiu do registrado na variedade controle nas quatro gerações avaliadas. Isso pode ser devido ao maior tamanho dos grãos nos acessos de Maragogipe em relação aos grãos da variedade Catuaí Vermelho, permitindo aos primeiros abrigar um maior número de indivíduos, inclusive da segunda geração que acontece no mesmo grão.

Nas avaliações de laboratório não se observou diferenças no tempo de oviposição e razão sexual da broca do café entre os genótipos avaliados, que incluiu o controle; assim, esse esforço parece não ser vantajoso para ser utilizado em futuras pesquisas na busca por resistência à broca do café. Igualmente, as diferenças na duração do ciclo de vida de ovo a adulto de *H. hampei*, não parecem ser

suficientemente amplas para ser consideradas de interesse, pois o ciclo de vida da broca do café varia amplamente dependendo das condições ambientais (Bergamin 1943, Ruiz et al. 1996, Mendasil et al. 2004).

Estudos prévios de Romero e Cortina-Guerrero (2004b), (2007) relataram algum nível de resistência de acessos de *Coffea* em experimentos de laboratório usando os procedimentos desenvolvidos por Álvarez et al. (2001). Igualmente neste trabalho, são reportadas diferenças nas avaliações de laboratório para o número de ovos e larvas, fecundidade, e adicionalmente na taxa instantânea de crescimento populacional (r_i). Ditas diferenças são importantes, uma vez que os genótipos com efeitos antibióticos na oviposição ou com redução do incremento populacional da praga podem ser associados eficazmente em um programa de manejo integrado da broca, facilitando a ação dos outros métodos de controle a fim de reduzir os níveis da população a campo (Adkisson & Dick e Mackenzie 1984). Assim, os acessos MG0004, MG0175, MG0195 e MG0230 que apresentaram menor número de ovos e larvas, menor fecundidade e menor taxa instantânea de crescimento populacional da broca do café do que o controle podem ser de interesse.

A menor oviposição e número de larvas aqui observadas podem ser devido à fêmea não ter produzido ovos por causa da existência de aleloquímicos no grão, ou à sua carência de nutrientes para uma adequada nutrição do inseto (Maxwell 1972, Nation 2001). Tais resultados obtidos também podem ser porque a fêmea preferiu não ovipositar na quantidade que normalmente o faria em um genótipo mais suscetível, devido a condições sub-ótimas do substrato, isto é, do fruto de café e poderia ser considerado antixenose (Maxwell 1972).

Por outro lado, os acessos não mantiveram a resistência estável ao longo das quatro gerações da broca do café avaliadas, indicando adaptação do inseto. Inicialmente os valores da taxa instantânea de crescimento (r_i) exibiram diferenças para as populações F_1 da broca, criadas nos grãos dos diferentes genótipos e descendentes de fêmeas fundadoras oriundas de grãos da variedade Catuaí Vermelho. Já nas três posteriores gerações da broca avaliadas (F_2 , F_3 e F_4) os valores de r_i não variaram. Esses resultados sugerem um efeito antibiótico dos acessos MG0004, MG0175, MG0205 e MG0230 sobre as fêmeas fundadoras como consequência de sua menor adaptação e a menor oviposição que realizaram nesses acessos. Ao passo

que indicam que não foi afetado o desempenho biológico das fêmeas F₁ e nem de seus descendentes nas três gerações seguintes da broca registradas.

Em suma, neste trabalho foi observado variação nos níveis de infestação pela broca do café nos genótipos do banco de germoplasma de café da EPAMIG, porém a menor infestação observada a campo não se correlacionou com indicadores de antibiose em condições controladas de laboratório. Esta aparente ausência de resistência por antibiose não exclui a possibilidade de efeitos antixenóticos que afetem a infestação pela broca do café. Assim, é conveniente que pesquisas futuras na busca por fontes de resistência a *H. hampei* continuem com o estudo destes e outros acessos de café do banco de germoplasma de *Coffea*. Deve-se também procurar determinar e compreender os mecanismos de resistência envolvidos (antibiose e/ou antixenose) nos genótipos promissores reportados neste estudo, visando esclarecer hipóteses explicativas das diferenças nas infestações e no desempenho de *H. hampei* observados.

5. CONCLUSÕES

- Esse trabalho mostrou existência de variabilidade na porcentagem de frutos infestados por *H. hampei* entre os acessos de *Coffea arabica* do banco de germoplasma de café da EPAMIG avaliados. Isso evidencia a importância da avaliação dos genótipos e o potencial dos acessos com baixa infestação aqui reportados para ações futuras dentro do programa de melhoramento do cafeeiro.
- Os acessos que se destacaram a campo não diferiram da variedade controle Catuaí Vermelho quando avaliados para resistência em condições controladas, o que vai contra a hipótese de efeitos adversos no desempenho biótico da broca (antibiose) e sugere um possível efeito antixenótico dos frutos desses acessos, que deve ser avaliado futuramente.
- Não se observou diferenças de interesse no ciclo de vida de ovo até adulto, tempo de oviposição e razão sexual da broca do café entre os genótipos avaliados, que incluiu o controle; assim, esse esforço parece não ser vantajoso para ser utilizado em futuras pesquisas na busca por resistência à broca do café.
- Os acessos que se destacaram nas avaliações de laboratório por apresentar menor número de ovos e larvas e menor r_i : MG0004 (Bourbon Vermelho), MG0175 (Caturra x H.T. IAC 2012), MG0205 (Guatenano) e MG0230 (Catuaí Erecta), devem ser considerados como objeto de estudo em futuras pesquisas a fim de determinar os mecanismos de resistência envolvidos e estabelecer como se traduzem esses resultados para o campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adkinsson P. L., Dyck V. A. (1984). Variedades resistentes en los sistemas de manejo de plagas. In: Maxwell F.G. & Jennings P.R. Manejo de plantas resistentes a insectos. Primera edición. México. Editorial Limusa. 1984. p. 253-271.

Álvarez S. J. H., Cortina G. H. A., Villegas M. J. F. (2001). Métodos para evaluar antibiosis a *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en café, bajo condiciones controladas. *Cenicafé* 52(3):205-214.

Baker P.S. (1999). La broca del café en Colombia; informe final del proyecto MIP para el café DFID-CENICAFE-CABI BioScience. Chinchiná, Colombia, CENICAFE-CABI, 146 p.

Benavides P., Bustillo A. E., Montoya E. C., Cárdenas R., Mejía G. (2002). Evaluación de los métodos de control cultural, químico y biológico en el manejo integrado de la broca del café. *Revista Colombiana de Entomología*, v. 28, p. 247-253.

Benassi, V. L. R. M. (1995). Levantamento dos inimigos naturais da Broca-do-Café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae) no Norte do Espírito Santo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 24, p. 635-638.

Bergamin, J. (1943). Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). *Arq. Inst. Biol., São Paulo* 14, 31-72, *Rev. Appl. Entomol., Ser. A*, 1945, 33, 203-204.

Berthaud J., Charrier A. (1988). Genetic resources of *Coffea*. In: Clarke R. e Macrae R., Eds. *Coffee. Agronomy*. London. Elsevier Applied Science, p. 1-42.

Bertrand B., Guyot B., Anthony F., Lashermes P. (2003). Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 107, p. 387-394.

Borbón O. M. (2007). Eficacia de las trampas de vasos para el monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) en Costa Rica y Nicaragua. In: Hohmann, C. L. (Org.). *Manejo da broca-do-café: workshop internacional*. Londrina: IAPAR, p. 113-135.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. (1992). *Regras para análise de sementes. SNDA/DNPV/CLAV*. 365 p.

Brun L. O. (1995). Functional haplodiploidy: a mechanism for the spread of insecticide resistance in an important international insect pest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 92, p. 9861-9865.

Bustillo P. A. (2002). Manejo Integrado de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*. Proyecto MAG-FAO TCP/RLA/01(T). Ferr. San José, Costa Rica, 30 p.

Bustillo A. E., Villalba D. A. (2007). Efecto del clima y condiciones de cultivo del café en la biología y comportamiento de la broca del café, *Hypothenemus hampei*

(Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). In Proceedings, Manejo da Broca-do-Café. Workshop Internacional; Londrina, Brasil. p. 37–50.

Cantor F., Benassi V. L. R. M., Fanton C. J. (2001). Broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). In: Vilela E.F., Zucchi R.A., Cantor F. (Eds.). Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, p. 99-103.

Cárdenas M., R. (1993). Biología hábitos y control cultural de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), In: Sociedad Colombiana De Entomología, Memorias XX Congreso. p. 111-124.

Cardona M. C. (1996). Resistencia varietal a insectos: resumen general. In: SEMINARIO Internacional sobre Mecanismos de Resistencia de Plantas al Ataque de Insectos y Patógenos. Memorias. Manizales, Julio 10-12, 1996. Chinchiná, Colombia, CENICAFE, Universidad de Caldas, SOCOLEN, p. 1-6.

CENICAFÉ. (1994). Recomendaciones para el manejo integrado de la broca del café. Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé, 4 p. Brocarta - Boletín Informativo sobre la Broca del Café, n. 18.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). (2017). Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2017, primeiro levantamento, janeiro/2015. v.1, n.3, Brasília: Conab, 98 p.

Davis A.P., Govaerts R., Bridson D.M., Stoffelen P. (2006). An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rub.). Bot. J. Linn. Soc. 152, 465-512.

Decazy B. (1990). Descripción, biología, ecología y control de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferrari). In: 50 Años de Cenicafé 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Caldas, Colombia. p. 133-139.

DiRienzo, J. C., Robledo, W., Casanoves, F., Balzarini, M .G., González, Z. L. A., Guzmán, A. W. & Tablada, E. M. (2002). Infostat. Versión Beta. Estadística y Biometría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Duque O. H. (2000). Economics of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Colombia. In: Workshop, Coffee Berry Borer: New 480 Bark Beetles Approaches to Integrated Pest Management". Mississippi State University, Starkville, Mississippi, May 1–5, 2000, 14 p.

Duque O. H., Baker P.S. (2003). Devouring Profit. The Socio-Economics of Coffee Berry Borer IPM. The Commodities Press-Cabi-Cenicafe, Chinchiná, 106 p.

FAOSTAT. (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Available online at: <http://faostat.fao.org/>.

Friederichs K. (1924). In hoever bestaan er verschillen in de vatbaarheid der koffiesoorten voor den Koffiebessenboeboek? Mededeelingen Koffiebessenboeboek-Fonds 11, 315–358, (Rev. Appl. Entomol., Ser. A, 1925, 13, 12).

Gole T.W., Denich M., Teketay D., Vlek P.L.G. (2002). Human impacts on the *Coffea arabica* gene pool in Ethiopia and the need for its in situ conservation. In:

Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D., Jackson, M.T. (Eds.), *Managing Plant Genetic Diversity*. CABI Publishing, Oxon, p. 237-247.

Hirose E., Neves P. M. O. J. (2002). Técnica para Criação e Manutenção da Broca-do-Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), em Laboratório. *Neotropical Entomology* 31(1): 161-164.

Jaramillo J., Borgemeister C., Baker P. (2006). Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bulletin of Entomological Research*, v. 96, p. 1-12.

Lara F. M. (1991). *Princípios de resistência de plantas a insetos*. 2. ed. São Paulo, Brasil, Icone, 336 p.

Lara J. M. R. A., Rezende J. C., Carvalho G. R., Pereira A. A., Carvalho J. P. F., Guerreiro-Filho O. (2014). Caracterização de formas botânicas diversas do Banco Ativo de Germoplasma de cafeeiros do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Melhoramento Genético Vegetal, Bragantia, Campinas*, v. 73, n. 4, p.383-389.

Lewin B., Giovannucci D., Varangis P. (2004). *Coffee Markets: New Paradigms in Global Supply and Demand*. The International Bank for Reconstruction and Development, Agriculture and Rural Development Discussion Paper 3, 150.

Mackenzie D. R. (1984). El problema de la variedad de plagas. In: Maxwell F. G. e Jennings P. R. *Manejo de plantas resistentes a insectos*. Primera edición. México. Editorial Limusa. p. 203-232.

Maxwell F. G. (1972). Host plant resistance to insects-nutritional and pest management relationships. In: Rodriguez J.G. *Insect and mite nutrition. Significance and implications in ecology and pest management*. North Holland publishing company. Netherland. p. 599-609.

Mendesil E., Jembere B., Seyoum E., Abebe M. (2004). The biology and feeding behavior of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) and its economic importance in Southwestern Ethiopia. *Proceedings of the 20th International Scientific Colloquium on Coffee, Association Scientifique Internationale du Café (ASIC), Bali, Indonesia*, p. 1209-1215.

Montoya, E. C. (1999). Caracterización de la infestación del café por la broca y efecto del daño en la calidad de la bebida. *Cenicafé, Colombia*, v. 50, p. 245-258.

Nation. J. L. (2001). *Insect physiology and biochemistry*. CRC Press. 485 p.

Oliveira C. M., Auad A. M., Mendes S. M., Frizzas M. R. (2013). Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *Journal of Applied Entomology, Berlin*, v. 137, n. 1-2, p. 1-15.

Osorio N. (2002). *The global coffee crisis: a threat to sustainable development*. International Coffee Organization, London. Available online: <http://dev.ico.org/documents/globalcrisis.pdf>. Last accessed: April 10, 2014.

Romero J. V., Cortina-Guerrero H. (2004a). Evaluación de germoplasma de café por antixenosis a *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en condiciones controladas. *Cenicafé* 55(4): 341-346.

Romero J. V., Cortina-Guerrero H. (2004b). Fecundidad y ciclo de vida de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en introducciones silvestres de café. *Cenicafé* 55(3): 221-231.

Romero J. V., Cortina-Guerrero H. (2007). Tablas de vida de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) sobre tres introducciones de café. *Revista Colombiana de Entomología* 33 (1): 10-16.

Ruiz S. L., Bustillo P. A. E., Posada F. F. J., González G. M. T. (1996). Ciclo de vida de *Hypothenemus hampei* en dos dietas meridicas. *Cenicafé* 47(2): 77-84.

SAS Institute. 2002. SAS user's manual, version 9.1. Cary, NC: SAS Institute.

Sera G. H., Sera T., Ito D. S., Azevedo J. A., Ribeiro Filho C., Mata J. S., Cotarelli V. M., Saori D. (2007). Resistência à broca em espécies e variedades de café. In *Proceedings, Manejo da Broca-do-Café. Workshop Internacional*. Londrina, Brasil. p. 263-272.

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

Vega F. E., Franqui R. A., Benavides P. (2002). The presence of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Puerto Rico: fact or fiction? *Journal of Insect Science*, v. 2, n. 13, p. 1-3.

Vega F.E., Rosenquist E., Collins W. (2003). Global project needed to tackle coffee crisis. *Nature* 435, 343.

Vega F.E. (2008). The rise of coffee. *Am. Sci.* 96, 138–145.

Vega F. E., Simpkins A., Bauchan G., Infante F., Kramer M., Land M. F. (2014). On the eyes of male coffee berry borers as rudimentary organs. *PLoS One* 9 (1), e85860.

Vega F. E., Infante F., Johnson A. J. (2015). The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. In: Vega F.E., Hofstetter R.W. (Eds.). *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. San Diego: Academic Press. p. 427-494.

Villagran G. W. (1991). Atractividad relativa y susceptibilidad de varias especies y cultivares de café *Coffea* spp. a la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr. en condiciones de laboratorio. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis: Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, 43 p.

Vuillet, J., 1925. Degre´ de sensibilit´e des differents Cafe´iers au *Stephanoderes coffeae*. *Revue de Botanique Applique´e et d'Agriculture Coloniale* 481, 601–604.

Walthall W. K., Stark J. D. (1997). Comparison of two population-level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (r_m) and instantaneous (ri) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16, 1068–1073.