

GABRIEL MARTINS PANTOJA

**ARTRÓPODES PREDADORES DA BROCA-DO-CAFÉ ASSOCIADOS AO INGÁ**

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

P198a Pantoja, Gabriel Martins, 1991-  
2018 Artrópodes predadores da broca-do-café associados ao ingá  
/ Gabriel Martins Pantoja. – Viçosa, MG, 2018.  
viii, 57f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Madelaine Venzon.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Broca-do-café - Controle biológico. 2. *Hypothenemus hampei*. 3. Phlaeothripidae. 4. Ingá (Botânica). 5. Café - Doenças e pragas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Entomologia.  
II. Título.

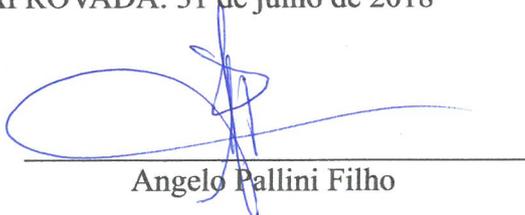
CDD 22. ed. 595.768

GABRIEL MARTINS PANTOJA

**ARTRÓPODES PREDADORES DA BROCA-DO-CAFÉ ASSOCIADOS AO INGÁ**

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: 31 de julho de 2018



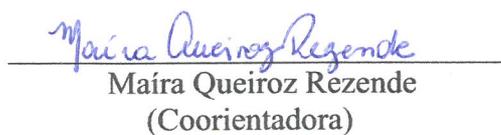
---

Angelo Pallini Filho



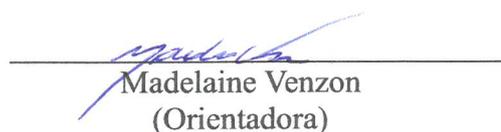
---

André Lage Perez



---

Máira Queiroz Rezende  
(Coorientadora)



---

Madelaine Venzon  
(Orientadora)

Às famílias Martins e Pantoja

OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realizar este estudo.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG/SUDESTE, pela estrutura oferecida para a realização deste trabalho.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto.

À minha orientadora Madelaine Venzon, pela orientação para a realização deste trabalho, pelos ensinamentos e pela compreensão quando mais precisei. Obrigado!

À minha coorientadora, Maíra Queiroz Rezende, pela ajuda e orientação.

Às secretárias do programa de pós-graduação em entomologia, Eliane e Cheyene, pela orientação e paciência.

Ao professor Sebastião Filho, pela ajuda nas análises estatísticas.

Ao Miguel, técnico da EPAMIG/SUDESTE, por toda a ajuda na parte de campo.

Ao Laboratório de Toxicologia de Inseticidas, representado pelos doutores Mateus Chediak e Khalid, por disponibilizar o equipamento de raio-x e pela orientação no uso do mesmo.

À Dra Juliana Martinez e aos bolsistas Gabriel Pio e Thaiane, pela ajuda nas identificações.

A todos que me ajudaram nas coletas de campo, Álvaro, Elem, Gabriel Pio, Jéssica, José, Mayara e Thaiane.

Ao Sr Jésus e família, por sempre abrirem as portas para a realização deste trabalho.

Ao mestre Aurino Florencio de Lima, por me mostrar que entomologistas não são formados apenas por títulos, mas, principalmente, pela sabedoria e pelo caráter.

Aos servidores da EPAMIG, Canuto, Geraldo, Rita e Irene, por sempre nos receber com “bom dia” e por estarem sempre dispostos a ajudar.

Aos colegas de laboratório, Álvaro, André, Fernanda, Gabriel Pio, Elem, Jéssica, Jéssyli, José, Juliana Martinez, Juliana Maria, Katinka, Marlene, Mayara, Thaiane, Thaís.

Aos amigos que me receberam no laboratório, André, Elem e Juliana Martinez, pela receptividade e por me deixarem mais tranquilo.

Aos amigos de turma, Fernanda, Marylyn e Willian, pelos momentos alegres e pela companhia.

Aos amigos de república, Bruno, Franklin, Renan e Talita, pela amizade que construímos e por toda a ajuda.

Aos meus pais, Sandra Helena e Hodmar, por serem minha inspiração e meu porto seguro todos os dias, mesmo estando longe. À minha irmã, Ana Clara, por todos os momentos felizes, por me abraçar e por se preocupar comigo. Aos meus avós, Augusto, Deolinda, Avanete e Mário, por todo o amor e carinho. Amo vocês!

A Deus, por me dar forças todos os dias.

“O mundo bajula o elefante e pisa na formiga”

Provérbio Hindu

## **BIOGRAFIA**

Gabriel Martins Pantoja, filho de Hodmar Filgueira Pantoja e Sandra Helena Pinto Martins. Formado em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no ano de 2016. Em agosto de 2016 iniciou o Mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação da doutora Madelaine Venzon, cuja dissertação é aqui apresentada.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	5
CAPÍTULO 1 .....	11
Influência do ingá <i>Inga edulis</i> Mart. na diversidade e na abundância de artrópodes predadores de <i>Hypothenemus hampei</i> em cultivo de café .....	11
INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS .....	14
RESULTADOS .....	18
DISCUSSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
CAPÍTULO 2 .....	30
Eficiência do tripes <i>Trybomia</i> sp no controle da broca-do-café <i>Hypothenemus hampei</i> ... 30	30
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS .....	34
RESULTADOS .....	40
DISCUSSÃO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56

## RESUMO

PANTOJA, Gabriel Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Artrópodes predadores da broca-do-café associados ao ingá.** Orientadora: Madelaine Venzon. Coorientadora: Maíra Queiroz Rezende.

Plantas associadas podem incrementar a comunidade de inimigos naturais no ecossistema através da disponibilidade do néctar extrafloral. Neste trabalho estudou-se a influência do ingá na comunidade de artrópodes predadores de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytinae) em cultivo de café e a capacidade predatória do tripses *Trybomia* sp. (Karny) (Thysanoptera: Phlaeothripidae em controlar a broca-do-café (Ferrari) (*Hypothenemus hampei*). O trabalho foi dividido em dois capítulos. No capítulo 1, foram avaliadas a diversidade e abundância de assembleias de formigas e do tripses Phlaeothripidae em cultivos de café com e sem o ingá. No capítulo 2, avaliou-se a capacidade do tripses *Trybomia* sp. de acessar e preda a broca-do-café no interior dos frutos. Não houve diferença na abundância e na diversidade das assembleias de formigas e tripses entre café em monocultivo e consorciado. No entanto, nas áreas com consórcio, encontramos maior abundância do total de insetos predadores. Tripses predadores do gênero *Trybomia* não foram eficientes em acessar e preda a broca-do-café. Através de equipamento de raio-x, foi possível identificar um comportamento de defesa da broca que pode ter impedido a entrada desses tripses. O tripses *Trybomia* sp. não se mostrou um predador eficiente de *H. hampei* no interior dos frutos. Nós concluímos que a presença do ingá pode aumentar a incidência de artrópodes predadores em cultivos de café. No entanto, são necessários estudos futuros para avaliara abundância e diversidade dos artrópodes em diferentes distâncias do ingá para certificar a adequada associação dessa planta com os cultivos.

## ABSTRACT

PANTOJA, Gabriel Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018  
**Arthropods predators of the coffee berry borer associated with ingá** Adviser: Madelaine Venzon. Co-adviser: Maíra Queiroz Rezende.

Companion plants may increase natural enemies in ecosystem through extrafloral nectaries availability. We study Inga tree effects in a coffee berry borer's arthropod predators community and the ingá guest capability *Trybomia* sp. (Karny) (Thysanoptera: Phlaeothripidae) in controlling coffee berry borer (Ferrari) (*Hypothenemus hampei*). This work was divided into two chapters. In the first chapter was evaluated diversity and abundance from coffee berry borer's predators in coffee plantation with and without inga trees. In the second chapter was evaluated *Trybomia* sp capability in access and prey coffee berry borer inside the fruits. There is no difference in abundance and diversity of ants and thrips assemblage between coffee monocultures and consortium coffee. However, we founded a higher predator's community abundance in consorted areas. Thrips omnivorous belonging to this family, from the genus *Trybomia*, were not efficient accessing and preying the coffee berry borer. Using an X-ray equipment, it was possible to identify a defensive behavior from the coffee berry borer which may have prevented thrips from entering. Even though it was not efficient in *H. hampei* predation inside the fruits, thrips from genus *Trybomia* can join the natural enemies group which perform natural control of coffee berry borer. We concluded that the incidence of arthropods predators in coffee cultivation can be higher by the inga presence. However, future studies are needed to assess the abundance and diversity of arthropods at different distances from the ingá to ensure the right association of this plant in crops.

## INTRODUÇÃO GERAL

*Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) conhecida popularmente como broca-do-café, é considerada a praga mais importante da cafeicultura (Damon, 2000; Vega et al., 2003; Vega et al., 2009). A broca é uma praga especialista, originária na África Central e é encontrada em todos os países produtores de café (Le Pelley, 1968; Vega et al., 2006; Hernández-Fuentes et al., 2017). As fêmeas copuladas, chamadas de colonizadoras, atacam frutos desde a oitava semana após a floração até a época da colheita, causando danos econômicos à mais de 20 milhões de cafeicultores no mundo (Baker, 1999; Vega et al., 2015).

As fêmeas colonizadoras da broca constroem galerias nos frutos sadios, onde ovipositam de modo que pequenos grupos de ovos sejam formados (Jaramillo et al., 2006; Barrera, 2008). Após a eclosão, as larvas se alimentam do endosperma até atingirem a fase adulta (Vega et al., 2006). A cópula da broca é realizada no interior dos frutos entre adultos da mesma geração (Baker et al., 1992a). Após a cópula, os machos permanecem nas galerias e as fêmeas emergem em busca de frutos sadios para ovipositar, estimuladas por temperatura e umidade relativa elevadas (Baker et al., 1992b; Bustillo et al., 1998).

A broca é difícil de ser controlada devido à natureza perene do café, à ampla distribuição e ao hábito críptico do inseto (Jaramillo et al., 2006; Hernández-Fuentes et al., 2017). Estratégias do manejo integrado de pragas são necessárias para reduzir o ataque de *H. hampei* no campo (Hernández-Fuentes et al., 2017; Infante, 2017). O manejo integrado é baseado no controle cultural, no controle biológico e no uso racional de inseticidas apenas quando a densidade da broca for igual ou superior ao nível de controle (Bustillo et al., 1998; Chaves & Riley, 2001).

O controle químico é recomendado apenas quando a densidade da broca atingir ou ultrapassar 5% de frutos broqueados por planta (amostragem de 50 plantas/talhão) (Bustillo et

al., 1998). No entanto, a aplicação de inseticidas para o controle da broca possui baixa eficiência devido à resistência da broca aos ingredientes ativos e ao hábito críptico da praga (Brun et al., 1990; Vega et al., 2009). A broca é exposta aos inseticidas de contato somente quando as fêmeas colonizadoras deixam os frutos (Damon, 2000). Além disso, o uso do controle químico tem sido reduzido devido ao impacto negativo causado ao ambiente e à saúde humana (Dufour & Frérot, 2008).

O controle cultural da broca consiste na remoção de frutos deixados no campo após a colheita, os quais funcionam como fontes para novas infestações (Bustillo et al., 1998; Aristizábal et al., 2011). Apesar de ser eficaz e não afetar o meio ambiente, esse tipo de controle pode aumentar os custos de produção devido à contratação de mão-de-obra (Baker, 1999).

O controle biológico clássico utilizado com parasitoides não reduziu os danos causados pela broca (Baker, 1999; Damon, 2000; Galindo et al., 2002; Jaramillo et al., 2006). A baixa eficiência desses inimigos naturais foi relacionada aos fatores abióticos, como precipitação e temperatura, e à restrição de alimentos e hospedeiros alternativos (Abraham et al., 1990; Benavides et al., 2003).

O hábito críptico da broca dificulta o acesso de predadores e parasitoides, o que reduz a eficiência do controle biológico realizado por inimigos naturais (Damon, 2000; Vega et al., 2017). Como exemplo, até o início deste século as formigas eram o único artrópode relatado como predador da broca (Jaramillo et al., 2006). As formigas são predadoras eficientes, pois possuem pequenas mandíbulas com numerosos dentes, posicionadas de forma prognata, que permitem a manipulação da broca no interior do fruto (Cerdá & Dejean, 2011). Algumas espécies de formigas conseguem entrar nos frutos de café broqueados e predação estágios imaturos e adultos da broca (Larsen & Philpott, 2010; Morris & Perfecto, 2016). E até mesmo

a presença das formigas em plantas de café pode afugentar as fêmeas colonizadoras, reduzindo o broqueamento de frutos sadios (Gonthier et al., 2013).

Além das formigas, tripes foram reportados como predadores da broca (Jaramillo et al., 2010; Rezende et al., 2014). A partir de diagnose molecular, Jaramillo et al. (2010) identificaram sequências de DNA da broca-do-café no trato digestivo de *Karnyothripes flavipes* (Thysanoptera: Phlaeothripidae). Rezende et al. (2014) observaram o tripe *Trybomia* sp. (Thysanoptera: Phlaeothripidae) em nectários extraflorais de ingá em agroflorestas de café e dentro de frutos brocados.

Dentre os benefícios dos alimentos alternativos aos inimigos naturais, aqueles proporcionados pelo néctar são um dos mais estudados (Patt & Rohrig, 2017; Staab et al., 2017; Zhu et al., 2018). O néctar é produzido por glândulas denominadas nectários que são classificados como florais e extraflorais de acordo com a localização na planta (Fahn, 2000; Pacini et al., 2007). Os nectários florais (NFs) são encontrados apenas nos órgãos reprodutivos e os nectários extraflorais (NEFs) podem estar localizados em qualquer estrutura vegetativa (Bernardello, 2007; Pacini & Nepi, 2007).

Os nectários extraflorais são glândulas de substância açucarada, encontrados em angiospermas, e que estão associados à proteção indireta da planta contra herbívoros (Pacini & Nicolson, 2007; Aljbory & Chen, 2018). O néctar extrafloral é uma fonte rica de carboidratos simples de fácil assimilação e essenciais aos inimigos naturais (Heil, 2015; Lahiri et al., 2016). Com isso, predadores e parasitoides são encontrados em maior riqueza e abundância próximos aos NEFs (Jamont et al., 2014; Staab et al., 2017).

Plantas com NEFs são introduzidas em lavouras como estratégia de manejo ecológico de pragas por atraírem e manterem inimigos naturais no ecossistema (Jones & Koptur, 2015; Heil, 2015). Em sistemas agroflorestais de café, por exemplo, o aumento da diversidade da paisagem tem sido realizado com a introdução de plantas com NEFs, e uma das mais

utilizadas é o ingá *Inga* sp.(Leguminosae) (Soto-Pinto et al., 2007, Souza et al., 2010; Venzon et al., 2018).

Através dos NEFs situados entre cada par de folíolos, os ingás atraem predadores e parasitoides visitantes que podem potencializar o manejo das principais pragas do café (Coley et al., 2018; Venzon et al 2018). Rezende et al (2014) observaram uma correlação negativa entre o número de artrópodes visitantes em NEFs de ingás (*Inga subnuda* subsp. *luschnathiana*) e os danos causados pelo bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e pela broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytinae) em sistema agroflorestal de café.

Em ecossistemas complexos, a presença do ingá pode otimizar serviços ecológicos, como a redução do ataque de fitófagos (Cardoso et al., 2001; Rezende et al., 2014). No entanto, ainda não se conhece a influência do ingá diretamente na comunidade de inimigos naturais. Com isso, objetivou-se com este trabalho identificar a influência do ingá na diversidade de artrópodes predadores da broca-do-café, avaliando-se a riqueza e a abundância de formigas e tripes em sistema agroflorestal de café. Bem como a eficiência do tripes *Trybomia* sp., que foi observado se alimentado em NEFs do ingá (Rezende et al., 2014), em acessar e preda a broca-do-café no interior dos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, Y.J.; MOORE, D.; GODWIN, G. Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 80, p. 121-128, 1990.
- ALJBORY, Z.; CHEN, M.C. **Indirect plant defense against insect herbivores: a review**, v. 25, p. 2-23, 2018.
- ARISTIZÁBAL, L.F.; JIMÉNEZ, M.; BUSTILLO, A.E.; ARTHURS, S.P. Monitoring cultural practices for coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) management in a small coffee farm in Colombia. **Florida Entomologist**, v. 94, p. 685-687, 2011.
- BAKER, P.S.; BARRERA, J.F.; RIVAS, A. Life-History Studies of the Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on Coffee Trees in Southern Mexico. **Journal of Applied Ecology**, v. 29, p. 656-662, 1992a.
- BAKER, P. S.; LEY, C.; BALBUENA, R.; BARRERA, J. F. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. **Bulletin of Entomological Research**, v. 82, p. 145-150, 1992b.
- BAKER, P.S. **The coffee berry borer in Colombia: final report of the DFID-Cenicafé-CABI Bioscience IPM for coffee Project**. Chinchiná: DFID-CENICAFE, 1999.
- BARRERA, J.F. Coffee pests and their management. In: CAPINERA, J.L. **Encyclopedia of Entomology**. Dordrecht: Springer, 2008, p. 961-998.
- BENAVIDES, P.; BUSTILLO, A.E.; PORTILLA, M.; OROZCO, J. Classical biological control of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in

Colombia with African parasitoids. In: Symposium on Biological Control of Arthropods. In: **Proceedings, First International Symposium on Biological Control of Arthropods**, p. 430-434, 2003.

BERNARDELLO, G. A systematic survey of floral nectaries. In: NICOLSON, S.W.; NEPI, M.; PACINI, E. **Nectaries and Nectar**, Dordrecht: Springer, 2007. p. 19-128.

BRUN, L.O.; MARCILLAUD, C.; GAUDICHON, V.; SUCKLING, D. M. Monitoring of endosulfan and lindane resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Bulletin of Entomological Research**, v. 80, n. 02, p. 129-135, 1990.

BUSTILLO, A.E.; CARDENAS, R.; VILLALBA, D.; BENAVIDES, P.; OROZCO, J.; POSADA, F.J.; (1998) **Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia**. Chinchiná: DFID-CENICAFE, 1998. 134 p.

CERDÁ X.; DEJEAN A. Predation by ants on arthropods and other animals. In POLIDORI C. (ed.): **Predation in the Hymenoptera: An Evolutionary Perspective**. Kerala: Transworld Research Network, 2011. p. 39–78.

CHAVES, B.; RILEY, J. Determination of factors influencing integrated pest management adoption in coffee berry borer in Colombian farms. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 87, p. 159-177, 2001.

COLEY, P.D.; ENDARA, M.J.; KURSAR, T.A. Consequences of interspecific variation in defenses and herbivore host choice for the ecology and evolution of Inga, a speciose rainforest tree. **Oecologia**, v. 187, p. 361-376, 2018.

DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.

- DUFOUR, B.P.; FRÉROT, B. Optimization of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col., Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture. **Journal of Applied Entomology**, v. 132, p. 591-600, 2008.
- FAHN, A. Structure and function of secretory cells. **Advances in Botanical Research**, v. 31, p. 37–75, 2000.
- GALINDO, V.H.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; BARRERA, J. F.; PINSON, E.; GONZÁLEZ, G.; ESPINOZA, J.C. Establecimiento preliminar del parasitoide *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) en Chiapas. **Memorias del XXV Congreso Nacional de Control Biológico**, p. 44-46, 2002.
- GONTHIER, D.J.; ENNIS, K.K.; PHILPOTT, S.M.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. Ants defend coffee from berry borer colonization. **BioControl**, v. 58, n. 6, p. 815-820, 2013.
- HEIL, M. Extrafloral nectar at the plant-insect interface: a spotlight on chemical ecology, phenotypic plasticity, and food webs. **Annual Review of Entomology**, v. 60, p. 213-232, 2015.
- HERNÁNDEZ-FUENTES, L.M.; VILDOZOLA, A.C.; URÍAS-LÓPEZ, M.A. Weevil Borers in Tropical Fruit Crops: Importance, Biology and Management. In: SHIELDS, V.D.C. **Insect Physiology and Ecology**. Londres: IntechOpen, 2017. p. 37-54.
- INFANTE, F.; ORTÍZ, J.A.; SOLIS-MONTERO, L.; MOUND, L.A.; VEGA, F.E. Thrips (Thysanoptera) of coffee flowers. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 110, n. 3, p. 329-336, 2017.
- JAMONT, M.; DUBOIS-POT, C.; JALOUX, B. Nectar provisioning close to host patches increases parasitoid recruitment, retention, and host parasitism. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, p. 151-160, 2014.

- JARAMILLO, J.; BORGEMEISTER, C.; BAKER, P. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. **Bulletin of Entomological Research**, v. 96, p. 223-233, 2006.
- JARAMILLO, J.; CHAPMAN, E.G.; VEGA, F.E.; HARWOOD, J.D. Molecular diagnosis of a previously unreported predator-prey association in coffee: Karnyothrips flavipes Jones (Thysanoptera: Phlaeothripidae) predation on the coffee berry borer. **Naturwissenschaften**, v. 97, n. 3, p. 291-298, 2010.
- JONES, I.; KOPTUR, S.; VON WETTBERG, E.J. The use of extrafloral nectar in pest management: Overcoming context dependence. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, p. 489-499, 2017.
- LAHIRI, S.; ORR, D.; CARDOZA, Y.J.; SORENSON, C. Longevity and fecundity of the egg parasitoid *Telenomus podisi* provided with diferente carbohydrate diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 162, p. 178-187, 2016.
- LARSEN, A.; PHILPOTT, S.M. Twig-nesting ants: The hidden predators of the coffee berry borer in Chiapas, Mexico. **Biotropica**, v. 42, n. 3, p. 342-347, 2010.
- LE PELLEY, R.H. **Las plagas del cafeto**. Barcelona: Editorial Labor, 1968. 693 p.
- MORRIS, J.R.; PERFECTO, I. Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life sages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 224-228, 2016.
- MURPHY, S.T.; MOORE, D. (1990) Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, (Ferrari) (Coleoptera: Scolytida): previous programmes and possibilities for the future. **Biocontrol News and Information**, v. 11, p. 107-117, 1990.

- NAVE, A.; GONÇALVES, F.; NUNES, F.M.; CAMPOS, M.; TORRES, L. Evaluating potential sugar food sources from the olive grove agroecosystems for *Prays oleae* parasitoid *Chelonus elaeaphilus*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, p. 686-695, 2017.
- PACINI, E. & NICOLSON, S.W. Introduction. In: NICOLSON, S.W.; NEPI, M.; PACINI, E. **Nectaries and nectar**. Dordrecht: Springer, 2007, p. 1-18.
- PATT, J. M.; ROHRIG, E. Laboratory evaluations of the foraging success of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on flowers and extrafloral nectaries: potential use of nectar plants for conservation biological control of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist**, v. 100, p. 149-156, 2017.
- REZENDE, M.Q.; VENZON, M.; PEREZ, A.L.; CARDOSO, I.M.; JANSSEN, A. Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 188, p. 198-203, 2014.
- SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CABALLERO-NIETO, J. Shade over coffee: Its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, México. **Agroforestry**, v. 55, p. 37-45, 2002.
- SOUZA, H.N.; CARDOSO, I.M.; FERNANDES, J.M.; GARCIA, F.C.P.; BONFIM, V.R.; SANTOS, A.C.; CARVALHO, A.F.; MENDONÇA, E.S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, v. 80, p. 1-16, 2010.
- STAAB, M.; METHORST, J.; PETERS, J.; BLUTHGEN, N.; KLEIN, A.M. Tree diversity and nectar composition affect arthropod visitors on extrafloral nectaries in a diversity experimente. **Journal of Plant Ecology**, v. 10, p. 201-212, 2017.
- VAN RIJN, P.C.J.; WÄCKERS, F.L. Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 925-933, 2016.

VEGA, F.E.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; JARAMILLO, J. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v. 2, n. 2, p. 129-147, 2009.

VEGA, F.E.; INFANTE, I.; JOHNSON, A.J. The Genus *Hypothenemus*, with Emphasis on *H. hampei*, the Coffee Berry Borer. In: VEGA, F.E.; HOFSTETTER, R.W. **Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species**. Cambridge: Academic press, 2015. p. 427-494.

VEGA, F.E.; ROSENQUIST, E.; COLLINS, W. Global projected needed to tackle coffee crisis. **Nature**, v. 425, n. 6956, p. 343-343, 2003.

VENZON, M.; TOGNI, P.H.B.; AMARAL, D.S.S.L.; REZENDE, M.Q.; BATISTA, M.C.; CHIGUACHI, J.A.M.; MARTINS, E.F.; PEREZ, A.L. Mobilização de mecanismos de regulação natural de pragas via plantas com múltiplos serviços ecossistêmicos. **Innovations Agronomiques**, v. 64, p. 83-95, 2018.

ZHU, P.; ZHENG, X.; ZHANG, F.; XU, H.; YANG, Y.; CHEN, G.; LU, Z.; JOHNSON, A.C.; GURR, G.M. Quantifying the respective and additive effects of nectar plant crop borders and withholding insecticides on biological control of pests in subtropical rice. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 575-584, 2018.

## CAPÍTULO 1

### **Influência do ingá *Inga edulis* Mart. na diversidade e na abundância de artrópodes predadores de *Hypothenemus hampei* em cultivo de café**

Plantas com nectários extraflorais são utilizadas como estratégia do manejo ecológico de pragas por fornecer alimento alternativo aos inimigos naturais. Esse serviço ecológico pode ser exercido pelo ingá, uma planta com numerosos nectários extraflorais que são encontrados em cada par de folíolos. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do ingá na abundância de artrópodes predadores da broca-do-café em cafezal orgânico. Para isso, foram realizadas amostragens de formigas e tripes predadoras em uma lavoura de café localizada em Paula Cândido, Minas Gerais. As amostragens foram feitas através de armadilhas Moerick em quatro parcelas com ingá associado ao café e em quatro parcelas com monocultivos de café, entre março de 2013 e fevereiro de 2014. As formigas foram identificadas em nível de gênero e os tripes em nível de família. A presença do ingá não influenciou a abundância e riqueza de assembleias de formigas predadoras e dos tripes. Em nível de comunidade, a presença do ingá influenciou positivamente a abundância dos insetos predadores. Os efeitos dos NEFs puderam ser detectados quando houve avaliação do total de insetos coletados. A partir da influência positiva do ingá na comunidade de insetos predadores, é possível sugerir que essa árvore pode ser utilizada como estratégia de proteção contra herbívoros em cultivos agrícolas. Estudos que investiguem a área de alcance da influência do NEFs na comunidade de artrópodes se fazem necessários.

Palavras-chave: broca-do-café, formigas, tripes, agroecossistemas.

## INTRODUÇÃO

Os nectários extraflorais (NEFs) são tecidos secretores de substância açucarada, encontrados mais comumente na base da folha e na parte superior do pecíolo e estão associados ao sistema de proteção indireta da planta (Pacini & Nepi, 2007). O néctar extrafloral é secretado constantemente, em pequenas quantidades, e possui níveis altos de sacarídeos e concentrações menores de aminoácidos, enzimas e lipídeos (Pacini & Nepi, 2007; Heil, 2015). Essa composição atende nutricionalmente os inimigos naturais, que possuem maiores fecundidade e tempo de vida quando expostos às dietas com néctar (Van Rijn & Wackers, 2016; Lahiri et al., 2016). Com isso, predadores e parasitoides são encontrados em maior riqueza e abundância próximos aos NEFs (Jamont et al., 2014; Staab et al., 2017).

Os inimigos naturais mais comumente encontrados se alimentando do néctar extrafloral são as formigas (Koptur, 1992). O forrageamento de formigas onívoras em NEFs confere proteção anti-herbívoria às plantas (Koptur, 1979). A alta atividade das formigas, que patrulham os NEFs, faz com que essas predadoras encontrem os herbívoros com maior facilidade, o que estabelece o mutualismo de proteção entre plantas e formigas (Bentley, 1977). Espécies de formigas que se alimentam de néctar extrafloral foram encontradas invadindo frutos de café infestados pela broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytinae) e carregando estágios imaturos da praga para os ninhos (Bustillo et al., 2002; Roper & Armbricht, 2005). A presença de formigas predadoras nas plantas de café também pode reduzir o broqueamento de frutos sadios (Gonthier et al., 2013).

Além das formigas, tripes da família Phlaeothripidae (Thysanoptera), que se alimentam de néctar extrafloral, foram observados em laboratório se alimentando de ovos, larvas e pupas da broca-do-café (Jaramillo et al., 2010; Rezende, 2014). Em campo, Rezende et al (2014) identificaram tripes do gênero *Trybomia* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) no interior de frutos

de café broqueados e se alimentando do néctar extrafloral do ingá *Inga subnuda* (Benth) T.D. Penn.

O ingá é uma das árvores mais utilizadas como estratégia de controle biológico conservativo em sistemas agroflorestais de café (Soto-Pinto et al., 2007; Venzon et al 2018). Através dos NEFs situados entre cada par de folíolos, os ingás atraem predadores e parasitoides visitantes que podem potencializar o manejo das principais pragas do café (Rezende et al., 2014). Rezende et al (2014) observaram uma correlação negativa entre o número de artrópodes visitantes em NEFs de ingás (*Inga subnuda* subsp. *luschnathiana*) e os danos causados pela broca-do-café em sistema agroflorestral de café.

A introdução do ingá pode reduzir a herbivoria em sistemas complexos de cultivo (Rezende et al., 2014; Coley et al., 2018). No entanto, ainda não se conhece a influência dessa árvore diretamente na comunidade de inimigos naturais em um agroecossistema. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial do ingá em influenciar positivamente a diversidade de artrópodes predadores da broca-do-café, avaliando-se a riqueza e a abundância de formigas e tripes *Trybomia* em sistema agroflorestral de café.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma lavoura de café no município de Paula Cândido, Minas Gerais, Brasil (42°58'49"W, 20°52'27"S). O café é cultivado a pleno sol e durante o experimento não foram aplicados agrotóxicos. As amostragens foram feitas em duas áreas de café *Coffea arabica* L., var. "Oeiras", no período de março de 2013 à fevereiro de 2014. O experimento teve dois tratamentos: café em monocultivo (controle) e café consorciado com ingá. Oito parcelas foram selecionadas, com 400 m<sup>2</sup> cada e com espaçamento de 20 m entre elas. Em novembro de 2012, foram transplantadas 49 mudas de *Inga edulis* Mart. (Leguminosa) por parcela, com 60 cm de altura, espaçadas 2,5 m entre si nas entrelinhas do café em quatro parcelas (Figura 1).



**Figura 1.** Imagem da área experimental. Os quadrados amarelos delimitam as parcelas (400 m<sup>2</sup> cada parcela). Os pontos vermelhos representam as árvores de ingá, plantadas em 4 parcelas (Imagem editada: Rezende, M.Q.).

A comunidade de artrópodes predadores foi amostrada mensalmente no período entre março de 2013 e fevereiro de 2014, em metodologia realizada por Rezende (2014). As armadilhas utilizadas foram do tipo Moericke, feitas com pratos amarelos preenchidos com 150 mL de solução de água e detergente (Moericke, 1953). A cada amostragem uma armadilha foi colocada por parcela, na área útil de 225m<sup>2</sup>, excluindo as bordas das parcelas. Após 48 horas da montagem das armadilhas, os artrópodes capturados foram transferidos para uma solução de álcool setenta por cento (Figura 2) e levados para o laboratório de controle biológico da EPAMIG Sudeste. Tripes predadores do gênero *Trybomia* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) foram identificados e separados e as formigas foram identificadas em nível de gênero com o auxílio do estereomicroscópio binocular Discovery V8 Zeiss® (Figura 2).



**Figura 2:** Recipientes com artrópodes coletados no campo (Foto: Pantoja, G.M.)  
(a). Estereomicroscópio utilizado na identificação dos artrópodes (Foto: Martins, E.F.) (b).

Os dados de formigas predadoras generalistas, formigas predadoras da broca e Phlaeothripidae coletados em cada data nos dois tratamentos foram separadamente submetidos à comparação de médias pelo test t, com nível de significância de cinco por cento. Posteriormente, o total da incidência dos insetos coletados foi submetido à análise multivariada de variáveis canônicas, com nível de significância de cinco por cento.

## RESULTADOS

Entre os predadores da broca, foram coletados vinte e sete indivíduos do gênero *Trybomia* e cinquenta e sete indivíduos de três gêneros de formigas (Tabela 1). Foram coletados também noventa e um indivíduos de quatro gêneros de formigas predadoras generalistas (Tabela 2) em áreas de café arábica em Paula Cândido, Minas Gerais, no período de março de 2013 a fevereiro de 2014. Também foram encontrados em grande número indivíduos do gênero *Labidus* Jurine, 1807 que são formigas que forrageiam em grandes grupos. Esse gênero não foi utilizado nas análises, pois apresentava um número discrepante de indivíduos coletados em comparação aos outros gêneros.

**Tabela 1.** Formigas predadoras da broca coletadas em Paula Cândido, Minas Gerais, entre março de 2013 e fevereiro de 2014.

Gênero	Controle	Ingá
<i>Ectatomma</i>	7	18
<i>Pheidole</i>	3	8
<i>Solenopsis</i>	2	19
Abundância acumulada	12	45

**Tabela 2.** Formigas predadoras generalistas coletadas em Paula Cândido, Minas Gerais, entre março de 2013 e fevereiro de 2014.

Gênero	Control	Ingá
<i>Camponotus</i>	12	65
<i>Hypoponera</i>	0	4
<i>Odontomachus</i>	3	1
<i>Pachycondyla</i>	2	4
Abundância acumulada	17	74

É possível observar pelas tabelas de comparação de médias que a presença de Ingá não se diferenciou estatisticamente ( $p>0,05$ ) do tratamento controle para incidências de formigas predadoras da broca (Tabela 3), formigas predadoras generalistas (Tabela 4) e tripes *Trybomia* (Tabela 5) nas diferentes datas de avaliação.

**Tabela 3.** Comparação de médias para a incidência de formigas predadoras da broca em área com presença de Ingá e ausência (controle).

Data	Ingá	Controle	P-valor
19.iii.2013	0,25 a	0,00 a	0,39
18.iv.2013	1,00 a	0,00 a	0,25
14.v.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
13.vi.2013	0,25 a	0,25 a	1,00
11.vii.2013	0,25 a	0,00 a	0,39
8.viii.2013	0,25 a	0,00 a	0,39
5.ix.2013	2,75 a	0,00 a	0,22
1.x.2013	0,00 a	0,25 a	0,39
29.x.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
26.xi.2013	1,50 a	1,50 a	1,00
6.xii.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
18.xii.2013	1,50 a	0,50 a	0,47
21.i.2014	1,50 a	0,50 a	0,21
Total	9,25 a	3,00 a	0,17

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Comparação de médias para a incidência de formigas predadoras generalistas em área com presença de Ingá e ausência (controle).

Data	Ingá	Controle	P-valor
19.iii.2013	1,00 a	0,75 a	0,78
18.iv.2013	0,75 a	0,25 a	0,39
14.v.2013	0,75 a	3,75 a	0,50
13.vi.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
11.vii.2013	0,25 a	0,00 a	0,39
8.viii.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
5.ix.2013	2,50 a	0,50	0,48
1.x.2013	1,25 a	0,50 a	0,32
29.x.2013	0,75 a	0,50 a	0,73
26.xi.2013	2,75 a	4,50 a	0,66
6.xii.2013	0,25 a	0,25 a	1,00
18.xii.2013	8,50 a	0,75 a	0,34
21.i.2014	3,75 a	0,00 a	0,22
Total	22,50 a	11,25 a	0,14

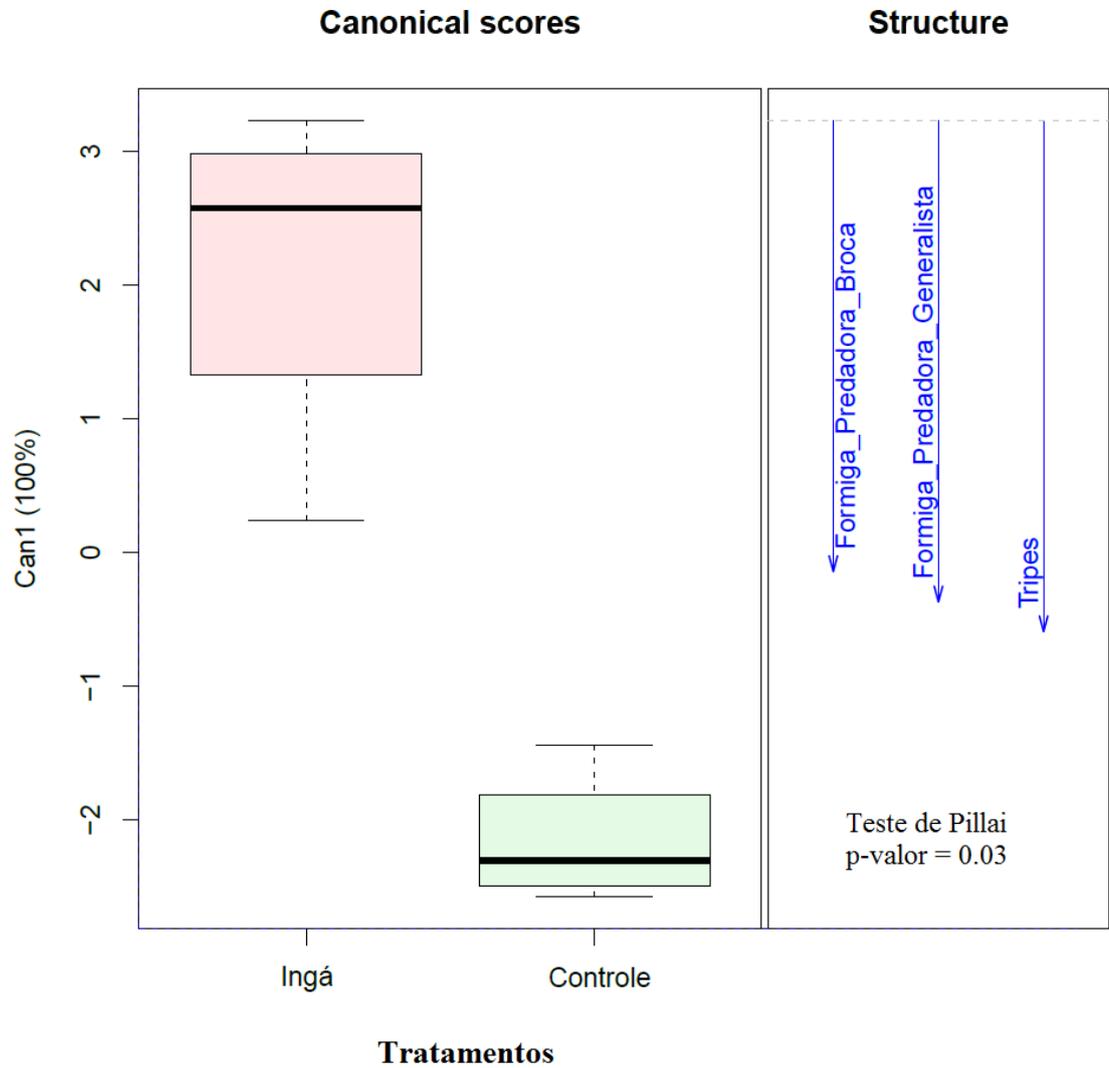
Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Comparação de médias para a incidência de Phlaeothripidae (Thysanoptera) em área com presença de Ingá e ausência (controle).

Data	Ingá	Controle	P-valor
19.iii.2013	0,50 a	0,25 a	0,54
18.iv.2013	1,75 a	0,50 a	0,25
14.v.2013	0,25 a	0,00 a	0,39
13.vi.2013	1,00 a	0,25 a	0,36
11.vii.2013	0,25 a	0,00 a	0,39
8.viii.2013	0,00 a	0,25 a	0,39
5.ix.2013	0,00 a	0,00 a	0,00 a
1.x.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
29.x.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
26.xi.2013	0,50 a	0,25 a	0,54
6.xii.2013	0,00 a	0,00 a	1,00
18.xii.2013	0,00 a	0,25 a	0,39
21.i.2014	0,00 a	0,25 a	0,39
Total	4,50 a	2,00 a	0,11

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

A análise multivariada de variáveis canônicas (Figura 3) com o total de incidência dos artrópodes predadores identificou diferença significativa (p-valor= 0.03) entre os tratamentos.



**Figura 3.** Análise de variáveis canônicas sobre os totais de incidência de formigas predadoras da broca, formigas predadoras generalistas e tripes Phlaeothripidae em área com presença de Ingá e ausência (controle).

## DISCUSSÃO

Os gêneros de formigas encontrados estão comumente presentes em estudos sobre mirmecofauna em cultivos de café. Espécies de *Ectatomma* Smith, 1858; de *Odontomachus* Latreille, 1804; de *Pachycondyla* Smith, 1858 e de *Hypoponera* Santschi, 1938 são encontradas em plantações de café na Colômbia (Zabala et al., 2013; García-Cárdenas et al., 2018). Esses gêneros fazem parte do grupo de formigas poneromorfas, composto por espécies consideradas como predadoras de excelência, que ingerem apenas alimentos líquidos oriundos da hemolinfa de suas presas ou de nectários (Delabie et al., 2015). Indivíduos de *Ectatomma* sp. Smith, 1858 são observados coletando secreções de NEFs e predando a broca em frutos de café expostos ao sol para secagem (Vélez et al., 2006; Baccaro et al., 2015). Os gêneros *Pheidole* Westwood, 1939 e *Solenopsis* Westwood, 1840 também são citados em trabalhos sobre formigas em cultivos de café (Varón et al., 2004; Sinisterra et al. 2016). Espécies desses gêneros são muito utilizadas em avaliações de predação da broca-do-café e são consideradas predadoras eficientes de *H. hampei* (Jiménez-Soto et al., 2013; Morris & Perfecto, 2016). A atividade de formigas predadoras generalistas no campo pode contribuir para o controle biológico da broca-do-café (Vélez et al., 2006; Baccaro et al., 2015). A presença dessas formigas predadoras pode ter colaborado para a redução de populações de pragas na plantação de café.

Os tripes da família Phlaeothripidae são reportados como predadores da broca-do-café (Jaramillo et al., 2010; Rezende et al., 2014). Tripes do gênero *Trybomia* Karny, 1911 foram observados se alimentando em NEFs de ingá e dentro de frutos de café predando a broca (Rezende et al., 2014). Esses tripes foram encontrados apenas em árvores de ingá em SAFs de café na zona da Mata Mineira, Minas Gerais, Brasil (Capítulo II), e sua presença pode colaborar com o controle biológico de *H. hampei*.

A presença de plantas com NEFs na paisagem pode resultar no aumento da incidência de inimigos naturais (Langelloto & Denno, 2004). Os ingás possuem NEFs que conferem autoproteção e proteção associada às plantas vizinhas, como o café, atraindo artrópodes predadores (Koptur, 1984; Rezende et al., 2014). No entanto, não foi detectado um aumento na abundância das assembleias de formigas e de tripes predadoras no cultivo de café associado com ingá em Paula Cândido, Minas Gerais. Em estudo sobre os efeitos dos NEFs no controle biológico conservativo de pragas do café, Rezende et al (2014) argumentaram que a proximidade das árvores pode ter limitado a possibilidade de observar a influência do ingá no parasitismo do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* Guérin-Méneville, 1842. Possivelmente, a distância entre os tratamentos utilizada neste estudo foi insuficiente para detecção da influência do ingá na abundância dos insetos. As formigas poneromorfas são consideradas predadoras por excelência e alcançam grandes distâncias durante o forrageamento (Delabie et al., 2015). Indivíduos adultos da família Phlaeothripidae foram observados a cem metros das plantas hospedeiras, o que demonstra a grande capacidade de dispersão dos tripes (Garcia, 1977). Outra suposição é que durante as amostragens dos insetos, as plantas de ingá estavam em estágio de desenvolvimento inicial, com poucos NEFs e, conseqüentemente, não atraíram e mantiveram inimigos naturais de maneira eficiente no campo. Rezende et al (2014) observaram maior abundância de insetos visitantes de NEFs em árvores de *Inga subnuda* Salzm. com desenvolvimento intermediário (circunferência do caule entre 31.6cm – 70.00cm). No entanto, essa suposição não explica a maior incidência, em nível de comunidade, de insetos predadores nas áreas com ingá.

Em nível de comunidade, a presença do ingá influenciou positivamente a abundância dos insetos predadores. Os efeitos dos NEFs puderam ser detectados quando houve avaliação do total de insetos coletados. Os autores que atribuíram a inexistência de relações entre insetos e o néctar ao tamanho da área utilizada, amostraram a atividade na escala de

população de insetos (Lee & Heimpel, 2005; Brown et al., 2010). Em áreas pequenas, é possível que a influência dos NEFs nos artrópodes seja perceptível apenas com amostragem em nível ecológico mais abrangente, como as comunidades.

Como os efeitos dos NEFs nos artrópodes foram avaliados a partir de taxas de parasitismo e amostragens na própria planta até então (Mathews et al., 2009; Rezende et al., 2014; Staab et al., 2017), este trabalho teve como objetivo investigar a influência do néctar extrafloral em assembleias de artrópodes em escala espacial mais ampla. No entanto, a hipótese que a presença do ingá aumentaria a incidência de formigas e tripes predadores na paisagem não pôde ser confirmada. Os insetos avaliados possuem grande mobilidade durante o forrageamento (Garcia, 1977; Delabie et al., 2015) e o desenho experimental utilizado pode não ter permitido a observação de diferenças entre os tratamentos. Trabalhos que avaliem a diversidade de insetos em diferentes distâncias das plantas com NEFs são indicados para que se conheça a amplitude da influência do néctar na paisagem e, assim, indicar o manejo das árvores em cultivos de forma que aumente a eficiência do controle biológico de pragas. A partir da intermediação entre o ingá e a redução dos danos causados por herbívoros (Koptur, 1984; Koptur, 1985; Rezende et al., 2014) e a influência positiva do ingá na comunidade de insetos predadores, é possível sugerir que essa árvore pode ser utilizada como estratégia de proteção contra herbívoros em cultivos agrícolas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCARO, F.B.; FEITOSA, R.M.; FERNDEZ, F.; FERNANDES, I.O.; IZZO, T.J.; DE SOUZA, J.L.P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.
- BENTLEY, B.L. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 407-427, 1977.
- BROWN M.W., MATHEWS C.R., KRAWCZYK G. Extrafloral nectar in an apple ecosystem to enhance biological control. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, p. 1657-1664, 2010.
- BUSTILLO, A.E.; CÁRDENAS, R.; POSADA, F.J. Natural Enemies and Competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 635-639, 2002.
- COLEY, P.D.; ENDARA, M.J.; KURSAR, T.A. Consequences of interspecific variation in defenses and herbivore host choice for the ecology and evolution of Inga, a speciose rainforest tree. **Oecologia**, v. 187, p. 361-376, 2018.
- DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.
- DELABIE, J.H.C.; FEITOSA, R.M.; SERRÃO, J.E.; MARIANO, C.S.F.; MAJER, J.D. **As formigas poneromorfas do Brasil**. Ilhéus: Editus, 2015. 477p.
- FAHN, A. Structure and function of secretory cells. **Advances in Botanical Research**, v. 31, p. 37-75, 2000.
- GARCIA, C.A. **Biologia e aspectos da ecologia e do comportamento defensivo comparado de *Liothrips ichini* Hood, 1949 (Thysanoptera: Tubulifera)**. 1977. 111 p. (Magister Scientiae). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- GARCÍA-CÁRDENAS, R.; MONTOYA-LERMA, J.; ARMBRECHT, I. Ant diversity under three coverages in a Neotropical coffee landscape. **Revista de Biología Tropical**, v. 66, p. 1373-1389, 2018.

- GONTHIER, D.J.; ENNIS, K.K.; PHILPOTT, S.M.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.  
Ants defend coffee from berry borer colonization. **BioControl**, v. 58, n. 6, p. 815-820, 2013.
- HEIL, M. Extrafloral nectar at the plant-insect interface: a spotlight on chemical ecology, phenotypic plasticity, and food webs. **Annual Review of Entomology**, v. 60, p. 213-232, 2015.
- HEIL, M.; MCKEY, D. Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 425-453, 2003.
- JAMONT, M.; DUBOIS-POT, C.; JALOUX, B. Nectar provisioning close to host patches increases parasitoid recruitment, retention, and host parasitism. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, p. 151-160, 2014.
- JIMÉNEZ-SOTO, E.; CRUZ-RODRÍGUEZ, J.A.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.  
*Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) and its interactions with *Azteca instabilis* and *Pheidole synanthropica* (Hymenoptera: Formicidae) in a shade coffee agroecosystem. **Environmental Entomology**, v. 42, p. 915-924, 2013.
- JONES, I.; KOPTUR, S.; VON WETTBERG, E.J. The use of extrafloral nectar in pest management: Overcoming context dependence. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, p. 489-499, 2017.
- KOPTUR, S. Alternative defenses against herbivores in *Inga* (Fabaceae: Mimosoideae) over an elevational gradient. **Ecology**, v. 66, p. 1639-1650, 1985.
- KOPTUR, S. Experimental evidence for defense of *Inga* (Mimosoideae) saplings by ants. **Ecology**, v. 65, p. 1787-1793, 1984.
- KOPTUR, S. Facultative mutualism between weedy vetches bearing extrafloral nectaries and weedy ants in California. **American Journal of Botany**, v. 66, 1016-1020, 1979.
- LAHIRI, S.; ORR, D.; CARDOZA, Y.J.; SORENSON, C. Longevity and fecundity of the egg parasitoid *Telenomus podisi* provided with different carbohydrate diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 162, p. 178-187, 2016.

- LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 175-201, 2000.
- LANGELLOTO, G.A.; DENNO, R.F. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. **Oecologia**, v. 139, p. 1-10, 2004.
- LEE, J.C.; HEIMPEL, G.E. Impact of flowering buckwheat on Lepidopteran cabbage pests and their parasitoids at two spatial scales. **Biological Control**, v.34, p. 290-301, 2005.
- MATHEWS, C.R.; BOTTREL, D.G.; BROWN, M.W. Extrafloral nectaries alter arthropod community structure and mediate peach (*Prunus persica*) plant defense. **Ecological Application**, v. 19, p. 722-730, 2009.
- MICHAUD, J.P. Challenges to conservation biological control on the high plans: 150 years of evolutionary rescue. **Biological Control**, v. 125, p. 65-73, 2018.
- MOERICKE, V. Wie finden geflügelte Blattläuse ihre Wirtspflanze? **Mitt Biol Reichsanst**, v. 75, p. 90-97, 1953.
- MORRIS, J.R.; PERFECTO, I. Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life stages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 224-228, 2016.
- NAVE, A.; GONÇALVES, F.; NUNES, F.M.; CAMPOS, M.; TORRES, L. Evaluating potential sugar food sources from the olive grove agroecosystems for Prays oleae parasitoid *Chelonus elaeaphilus*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, p. 686-695, 2017.
- PACINI, E.; NEPI, M. Nectar production and presentation. In: NICOLSON, S.W.; NEPI, M.; PACINI, E. **Nectaries and Nectar**, Dordrecht: Springer, 2007. p. 19-128.
- PATT, J. M.; ROHRIG, E. Laboratory evaluations of the foraging success of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on flowers and extrafloral nectaries: potential use of nectar plants for conservation biological control of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist**, v. 100, p. 149-156, 2017.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org/>.

- REZENDE, M.Q. **Extrafloral nectary-bearing trees enhance pest control and increase fruit weight in associated coffee plants**. 2014. 93 p. (Doctor Scientiae). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- REZENDE, M.Q.; VENZON, M.; PEREZ, A.L.; CARDOSO, I.M.; JANSSEN, A. Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 188, p. 198-203, 2014.
- ROPERO, M.C.G.; ARMBRECHT, I. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) em cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 76, p. 32-40, 2005.
- SINISTERRA, R.M.; GALLEGO-ROPERO, M.C.; ARMBRECHT, I. Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de *Inga* em cafetales de Cauca, Colombia. **Ambiente, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos**, v. 65, p. 9-15, 2015.
- SOTO-PINTO, L.; VILLAVALZO-LÓPEZ, V.; JIMÉNEZ-FERRER, G.; MONTOYA, G.; SINCLAIR, F.L. The role of local Knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 419-436, 2007.
- STAAB, M.; METHORST, J.; PETERS, J.; BLUTHGEN, N.; KLEIN, A.M. Tree diversity and nectar composition affect arthropod visitors on extrafloral nectaries in a diversity experimente. **Journal of Plant Ecology**, v. 10, p. 201-212, 2017.
- VAN RIJN, P.C.J.; WÄCKERS, F.L. Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 925-933, 2016.
- VARÓN, E.H.; HANSON, P.; BORBÓN, O.; CARBALLO, M.; HILJE, L. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) em Costa Rica. **Manejo integrado de Plagas y agroecología**, n.73, p. 42-50, 2004.
- VEGA, F.E.; POSADA, F.; INFANTE, F. Coffee Insects: Ecology and Control. **Encyclopedia of Pest Managemen**, v. 2, p. 1-4, 2006.
- VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A.E.; POSADA, F.J. Depredación de *Hypothenemus hampei* por hormigas durante el secado solar del café. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, n.77, p. 62-69, 2006.

VENZON, M.; TOGNI, P.H.B.; AMARAL, D.S.S.L.; REZENDE, M.Q.; BATISTA, M.C.; CHIGUACHI, J.A.M.; MARTINS, E.F.; PEREZ, A.L. Mobilização de mecanismos de regulação natural de pragas via plantas com múltiplos serviços ecossistêmicos. **Innovations Agronomiques**, v. 64, p. 83-95, 2018.

WÄCKERS, F.; ZUBER, D.; WUNDERLIN, R.; KELLER, F. The effect of herbivory on temporal and spatial dynamics of foliar nectar production in cotton and castor. **Annals of Botany**, v. 87, p. 365-370, 2001.

ZABALA, G.A.; ARANGO, L.M.; ULLOA, P.C. Ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity in a coffee landscape of Risaralda, Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 39, p. 141-149, 2013.

## CAPÍTULO 2

### **Eficiência do tripes *Trybomia* sp no controle da broca-do-café *Hypothenemus hampei***

O controle da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) é dificultado pelo seu hábito críptico. Tripes onívoros *Trybomia* sp. (Karny) (Thysanoptera: Phlaeothripidae) foram observados dentro de frutos de café broqueados e predando ovos e larvas da broca fora dos frutos em laboratório. No entanto, a eficiência do tripes de controlar a população de *H. hampei* não é conhecida. O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade do tripes de predação a broca-do-café no interior dos frutos. Para isso foram realizados testes de eficiência de entrada dos tripes nos frutos e de predação da broca. A avaliação da predação foi realizada com base em imagens dos frutos capturadas pelo equipamento de raio-x Faxitron® LX-60, antes e após a exposição dos frutos broqueados aos tripes. Dois ovos da broca-do-café foram predados pelo tripes em frutos diferentes, os quais estavam em galerias acessíveis aos tripes. Em 18 dos 24 frutos do tratamento, a entrada da galeria estava bloqueada por um adulto da broca. O exoesqueleto rígido é uma resistência física dos adultos da broca e é utilizado pela praga contra a entrada de inimigos naturais nas galerias. Além disso, o aparelho bucal de tripes é opistognata, o que dificulta a retirada dos adultos de *H. hampei* dos frutos pelo *Trybomia* sp.. Os adultos da broca expressam o comportamento de bloquear a entrada da galeria que impossibilita o acesso pelos tripes *Trybomia* sp., protegendo as formas imaturas de *H. hampei* no interior dos frutos. Pode-se observar que o tripes *Trybomia* sp. possui hábito de predador oportunista, predando a broca quando há a disponibilidade desta presa.

Palavras-chave: inimigo natural, controle biológico, café.

## INTRODUÇÃO

A praga mais importante da cafeicultura é a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) (Vega et al., 2002; Vega et al., 2003; Barrera, 2008; Vega et al., 2017). Os adultos e as larvas da broca se alimentam do endosperma do café, reduzindo a qualidade e o peso dos frutos (Barrera, 2008; Infante, 2018). Além disso, as lesões causadas pela broca são entradas para bactérias e fungos fitopatogênicos (Damon, 2000). Os danos causados por *H. hampei* causam perdas de 500 milhões de dólares aos cafeicultores no mundo (Vega et al., 2017).

A broca-do-café é uma praga especialista, originária da África Central e é encontrada em todos os países produtores de café (Le Pelley, 1968; Murphy & Moore, 1990; Vega et al., 2006; Hernández-Fuentes et al., 2017). As brocas infestam frutos desde a oitava semana após a floração até a época da colheita (Baker, 1999b; Damon, 2000). A infestação se inicia com fêmeas copuladas que perfuram e colonizam frutos (Damon, 2000; Vega et al., 2015). As fêmeas ovipositam nas galerias de modo que pequenos grupos de ovos são formados, com média de 2 ovos por dia (Bergamin, 1943; Jaramillo et al., 2006; Barrera, 2008). Após a eclosão, as larvas se alimentam do endosperma até atingirem a fase adulta (Damon, 2000; Vega et al., 2006; Barrera, 2008; Oliveira et al., 2018). A cópula da broca é realizada no interior dos frutos entre adultos da mesma geração (Baker et al., 1992a; Vega et al., 2009). Após a cópula, os machos permanecem nas galerias e as fêmeas emergem em busca de frutos saudáveis para ovipositar, estimuladas por temperatura e umidade relativa elevadas (Baker et al., 1992b; Bustillo et al., 1998; Damon, 2000).

Devido à natureza perene do café, à ampla distribuição e ao hábito críptico do inseto, o controle eficiente de *H. hampei* requer a adoção de estratégias do manejo integrado (Hernández-Fuentes et al., 2017; Infante, 2018). O uso de inseticidas é indicado apenas quando a densidade da broca for igual ou superior ao nível de controle (Picanço et al., 2010).

A densidade da broca é obtida pela porcentagem dos frutos broqueados em relação aos frutos sadios, sendo amostrados 100 frutos por planta (50 plantas/talhão) (Souza & Reis, 1997). No entanto, o controle químico possui baixa eficiência devido à maior parte do ciclo da broca ocorrer dentro do fruto e à resistência metabólica da praga aos ingredientes ativos dos inseticidas (Brun et al., 1990; Vega et al., 2009). Além disso, a aplicação de inseticidas em cafezais tem sido reduzida devido aos impactos causados ao meio ambiente (Dufour & Frérot, 2008).

O controle biológico da broca é realizado por inimigos naturais, como nematoides, fungos e artrópodes (Bustillo et al., 2002; Poinar et al., 2004; Monzon et al., 2008; Morris & Perfecto, 2016). Por ser um inseto críptico e, além disso, possuir comportamento de defesa obstruindo a entrada das galerias, a broca é um dos insetos com menor complexo de parasitoides e predadores (Damon, 2000; Vega et al., 2017).

Entre os anos 80 e 90 foram introduzidas duas espécies de parasitoides originários da África, *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) e *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), em países das américas centrais e do sul, como estratégia do controle biológico clássico (Barrera et al., 1990). No entanto, as liberações dos parasitoides não afetaram de forma eficiente a população de *Hypothenemus hampei* no campo (Damon, 2000). A baixa eficiência dessa estratégia é relacionada às condições climáticas instáveis e às dificuldades na produção dos parasitoides (Benavides et al., 2003).

Os predadores da broca relatados são formigas e tripes (Jiménez-Soto et al., 2003; Ropero & Armbrrecht, 2005; Jaramillo et al., 2010; Larsen & Philpott, 2010; Gonthier, 2013; Rezende et al., 2014; Morris et al., 2015). As formigas (Hymenoptera: Formicidae) predam brocas no interior de grãos infestados e a sua presença reduz o broqueamento de frutos sadios (Ropero & Armbrrecht, 2005; Perfecto & Vandermeer, 2006; Larsen & Philpott, 2010; Pardee & Philpott, 2011; Philpott et al., 2012; Gonthier, 2013; Jiménez-Soto et al., 2013; Morris et al.,

2015; Morris & Perfecto, 2016). Além das formigas, o tripes *Karnyotrhips flavipes* (Jones) (Thysanoptera: Phlaeothripidae) foi observado predando *H. hampei* em laboratório (Jaramillo et al., 2010). Espécies predadoras de tripes possuem dieta ampla e são consideradas potenciais agentes de controle biológico (Arakaki & Okajima, 1998; Mound, 2005; Kakimoto et al., 2006).

Recentemente, tripes do gênero *Trybomia* foram observados em nectários extraflorais de ingá e dentro de frutos broqueados em sistemas agroflorestais de café em Minas Gerais, Brasil (Rezende et al., 2014). *Trybomia* sp. também foi observado predando ovos, larvas e pupas fora do fruto em laboratório (Rezende, 2014). Ainda nesse experimento, Rezende (2014) comparou o número de brocas dentro de frutos de café cereja coletado em campo com e sem exposição ao tripes. No entanto, não houve diferença do número de brocas dentro dos frutos em diferentes tratamentos (Rezende, 2014). A autora cita alguns fatores que possam ter afetado a predação pelo *Trybomia* sp., como a possibilidade do tripes ter preferência ou conseguir entrar em frutos de estágio de maturação diferente do utilizado. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar a capacidade do tripes em acessar e preda a broca no interior de frutos de café.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Teste de entrada dos tripes

Para o experimento, frutos de café broqueados de diferentes estágios (verde, cereja e seco) foram coletados em sistema agroflorestal (SAF) de café no município de Araponga, Minas Gerais (42°31'15"W, 20°40'00"S) (Figura 1). O manejo do SAF era feito com base em princípios agroecológicos (Cardoso, 2001). No mesmo agroecossistema, foram coletados tripes *Trybomia* sp. em ingá *Inga subnuda* Salzm., um dia antes do experimento. Os frutos e os tripes coletados foram levados para o laboratório de controle biológico da EPAMIG Sudeste. Em laboratório, arenas foram montadas usando placas de Petri com 1 cm de altura e 3,5 cm de diâmetro com três frutos de café brocados, 1 verde, 1 cereja e 1 seco (Figura 1). Em seguida, foi liberado em cada arena um tripe *Trybomia* sp. de segundo ínstar (n = 45). Antes da liberação, o tripe foi mantido na própria folha de ingá onde foi coletado, em recipiente plástico com abertura vedada com *voile*. Após a liberação, o tripe foi observado por 15 minutos para avaliar se o estágio de maturação do fruto influenciava a entrada dos tripes.



**Figura 4.** Árvore de ingá entre linhas de café em SAF em Araçuaia, Minas Gerais (a) (Foto: Martins, E.F.). Posicionamento dos frutos de café cereja, seco e verde no teste de entrada dos tripses (b) (Foto: Pantoja, G.M.).

### **Teste de sobrevivência**

O teste de sobrevivência foi realizado para avaliar se os feixes de raio-x emitidos pelo gabinete Faxitron® LX-60, do Laboratório de Toxicologia de Inseticidas da UFV, afetavam as formas imaturas e os adultos da broca, o que poderia influenciar os resultados do experimento. Os frutos broqueados foram coletados na área experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais. Foram expostos 18 frutos por 20 segundos ao raio-x com voltagem de 36 Kv (Kilovoltagem). Após as exposições, os frutos foram abertos com o auxílio de lâmina e pinça e as brocas foram avaliadas em vivas ou mortas com estereomicroscópio binocular Discovery V8 Zeiss®.

### **Criação da broca-do-café**

Frutos com níveis homogêneos de infestação da broca podem ser obtidos através do controle de umidade e temperatura a partir do ataque inicial das fêmeas (Baker et al., 1992). Para que tivéssemos fêmeas colonizadoras da broca e, com isso, ter controle da umidade, temperatura e tempo da infestação, foi realizada a criação da broca-do-café conforme metodologia de Hirose & Neves (2012). Frutos broqueados foram coletados no campo experimental da UFV e estes passaram por processo de assepsia para eliminar qualquer tipo de microrganismo que pudesse afetar o desenvolvimento da broca. O processo de assepsia constava da imersão dos frutos em solução de hipoclorito de sódio (5%) por um minuto e retirada da solução com água corrente. Os frutos foram secos a sombra por 48 horas. Depois de secos, os grãos brocados foram colocados em tubos de PVC (10 cm de diâmetro, por 25 cm de comprimento) vedados com malha de náilon e tampas de conexão (Figura 5). A malha de náilon tem a função de reter os frutos e permitir a passagem dos adultos da broca.

A continuidade da criação foi realizada através da infestação de frutos sadios coletados na área experimental da UFV. Os frutos coletados foram mergulhados em hipoclorito de sódio

a 5%, lavados com água corrente e secos a sombra por 48 horas para eliminar qualquer microrganismo entomopatogênicos que pudesse inviabilizar o desenvolvimento da broca. Para realizar a infestação dos frutos sadios, as fêmeas adultas eram separadas através da malha de náilon agitando os tubos manualmente. A infestação foi realizada em gaiolas de acrílico (30cm x 30cm) com um dos lados fechados com organza para permitir a aspersão de água quando os frutos estivessem secos e, assim, controlar a umidade; um dos fatores principais na colonização da broca (Vega et al., 2006). Para cada fruto eram colocadas duas fêmeas. Uma semana após a infestação, os frutos broqueados foram transferidos para tubos de PVC e mantidos em sala climatizada ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $70\pm\% \text{UR}$ ) até o início da emergência dos adultos, 35 dias após a infestação.



**Figura 5.** Tubos de PVC da criação da broca-do-café (Pantoja, G.M.).

### **Coleta de tripes**

Tripes do gênero *Trybomia* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) foram coletados um dia antes do início do experimento em plantas de ingá *Inga subnuda* Salzm. em sistema agroflorestal de café no município de Araponga, Minas Gerais (42°31'15''W, 20°40'00''S). O manejo do SAF era feito com base em princípios agroecológicos (Cardoso, 2001). A região de Araponga possui precipitação média anual de 1200 a 1800 mm e 18 °C de temperatura média, com altitude de 800 a 1070 m (Golfari, 1975). Os tripes foram coletados com pincel nº 1, armazenados em recipientes plásticos com tampa revestida por organza e levados para o laboratório de controle biológico da EPAMIG Sudeste. Além do ingá, foram amostrados nos sistemas agroflorestais, abacateiro *Persea* sp. Mill., goiabeira *Psidium* sp. Kuntze. cajueiro *Anacardium* sp. L.. No entanto, os tripes do gênero *Trybomia* sp. foram encontrados apenas nas árvores de ingá. A presença de nectários extraflorais no ingá pode explicar a atuação como hospedeiro ótimo dessa planta ao tripes.

### **Infestação de frutos para experimento**

Frutos sadios foram coletados no campo experimental da UFV e depois infestados em gaiola de acrílico com 2 fêmeas da broca por fruto. As fêmeas foram obtidas da criação de broca-do-café do laboratório de controle biológico da EPAMIG Sudeste. Os frutos eram aspergidos com água quando estivessem secos. As gaiolas com os frutos broqueados foram mantidas em sala climatizada (25±2°C, 70±%UR e 12L:12D) por 12 dias, tempo médio para a eclosão das larvas após a colonização das fêmeas (Baker et al., 1992), afim de obter todos os estágios da broca para o experimento.

### **Teste de predação**

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Foram utilizadas arenas constituídas por tubos de

plástico de 3 cm de diâmetro e 7 cm de altura. No tratamento com o tripes (n = 24), cada fruto de café broqueado foi individualizado e exposto a um tripes de segundo instar de *Trybomia* sp. por 4 dias. No controle (n = 24), os frutos broqueados não foram expostos aos tripes.

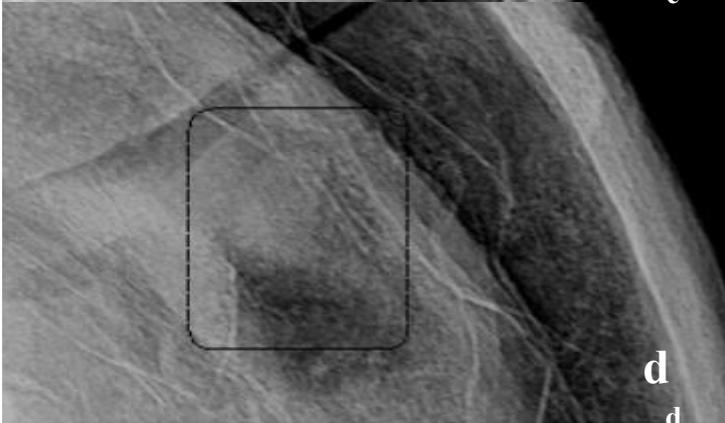
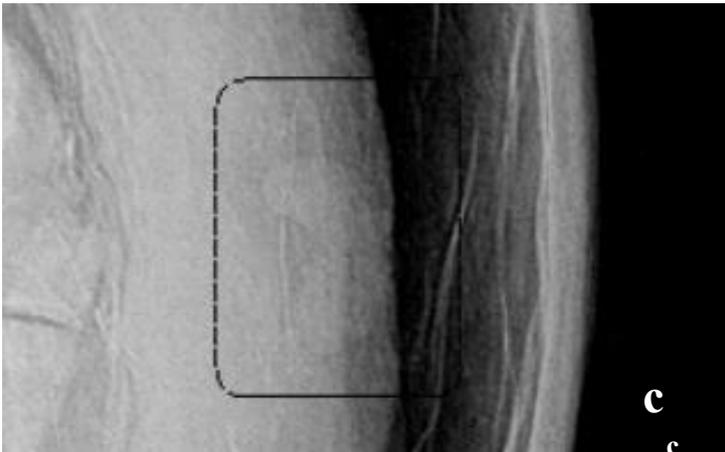
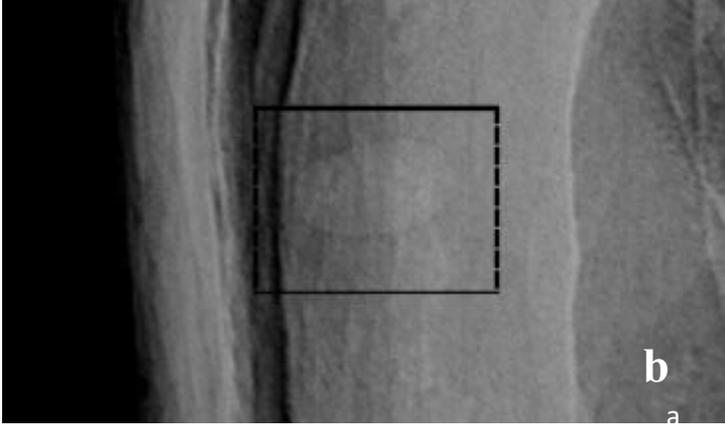
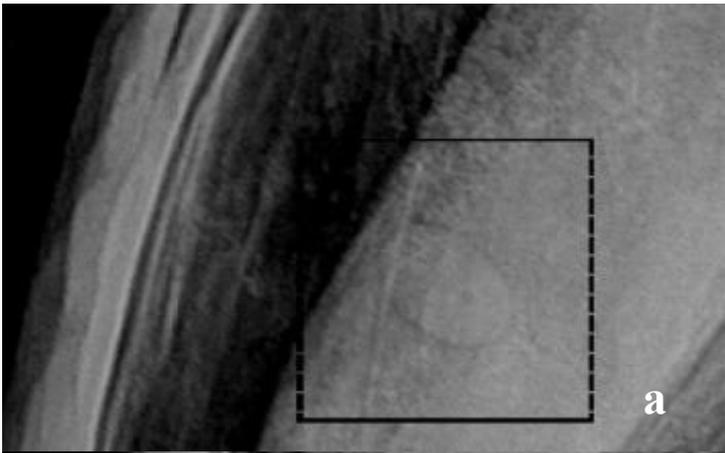
A quantificação de ovos, larvas e adultos da broca no interior dos frutos com e sem a exposição ao tripes foi realizada com o auxílio de imagens obtidas através do sistema de raio-x do gabinete Faxitron® LX-60 do Laboratório de Ecotoxicologia de Inseticidas, localizado no Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. O aparelho foi programado para realizar cada imagem por 20 segundos, com voltagem de 36 Kv. As imagens do interior dos frutos foram capturadas um dia antes do início e um dia após o término dos testes. Os frutos foram mantidos em temperatura de 10 °C desde a captura das imagens de raio-x até o início dos testes de predação, totalizando 24 horas. Com isso, objetivou-se evitar o canibalismo de ovos e larvas através da redução da atividade da broca (Sponagel, 1994; Vega et al., 2017).

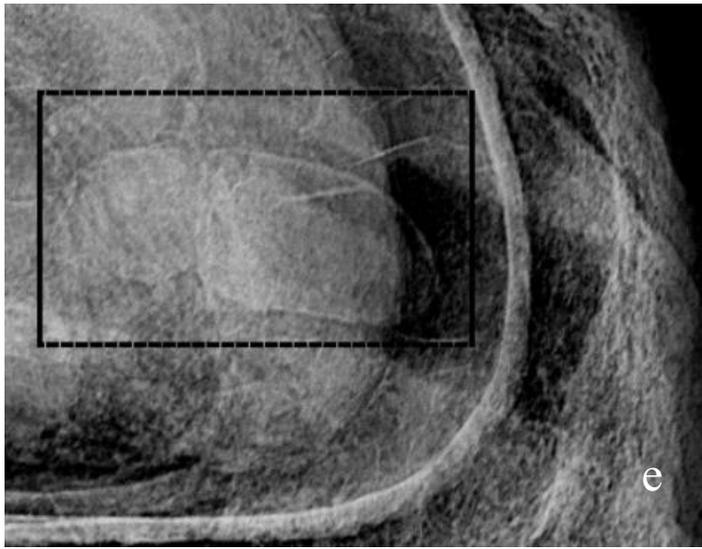
## **RESULTADOS**

No teste de entrada, apenas dois tripes entraram no fruto cereja, um no fruto verde e um no fruto seco. Foi observado também que alguns tripes inseriam o corpo, até a parte terminal do tórax, nas galerias e depois saiam.

Ovos, larvas e adultos da broca não foram mortos e tampouco tiveram a conformação afetada após serem submetidos aos feixes de raio-x.

As imagens de raio-x foram avaliadas e as galerias, os ovos, as larvas e os adultos da broca foram encontrados (Figura 2). Em 18 dos 24 frutos expostos aos tripes, os adultos da broca se posicionaram na entrada da galeria com o abdômen voltado para o lado externo do fruto (Figura 3). Não foram encontrados tripes no interior dos frutos e nem larvas e adultos predados. Dois ovos da broca foram predados em frutos diferentes (Figura 4), representando 8% de predação.



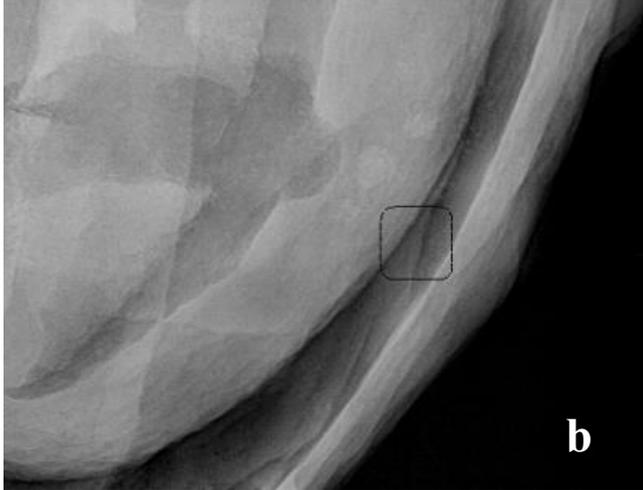


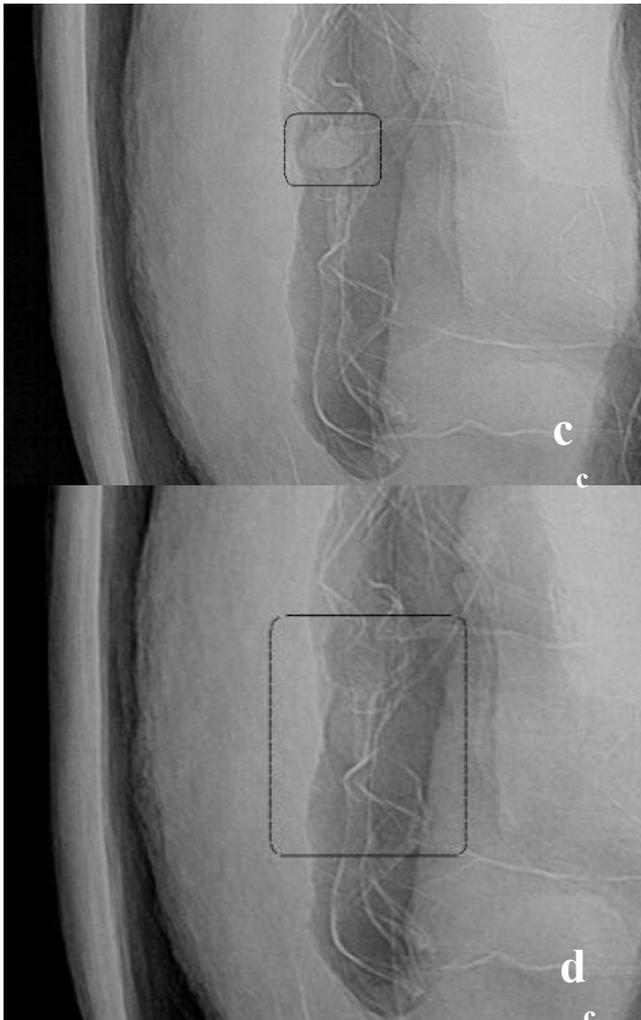


**Figura 5.** Ovos (a,b), larvas (c,d), adultos (e,f) e galerias com adulto (g) e ovos (h) de *Hypothenemus hampei* em frutos de café cereja.



**Figura 6.** Posicionamento do adulto da broca na entrada da galeria (a-f).





**Figura 7.** Interior do endosperma com ovos antes da exposição aos tripes (a,c) e sem ovos após a exposição aos tripes (b,d).

## DISCUSSÃO

O tripes predador *Trybomia* sp. não foi eficiente em predação de ovos, larvas e adultos de *H. hampei* no interior dos frutos. Os tripes não conseguiram acessar as galerias da broca com eficiência. Alguns fatores podem ter afetado a entrada do *Trybomia* sp., já que o tripes foi observado dentro de frutos broqueados no campo (Rezende et al., 2014). O tamanho corpóreo dificulta o acesso de predadores às galerias de coleópteros fitófagos (Castiñeira, 1989; Varón et al., 2004). No entanto, esse fator não parece provável, pois as galerias da broca são mais largas ( $0,6\pm 0,2$  milímetros) do que indivíduos de segundo ínstar da família do *Trybomia* sp. (Phlaeothripidae) ( $0,25\pm 0,02$  milímetros) (Varón et al., 2004; Zamar & Neder de Roman, 2006). Outro fator é o estágio de infestação da broca. Frutos de café verdes com matéria seca menor que 20% são abandonados pela broca após a perfuração inicial (Alonzo, 1984). Frutos secos são reservatórios de predadores e parasitoides que podem afugentar invasores (Jaramillo et al., 2009; Morris & Perfecto, 2016). Rezende (2014) utilizou frutos de café cereja broqueados na exposição ao tripes *Trybomia* sp., mas o predador não foi eficiente na redução de *H. hampei*. Recentemente, Vega et al. (2017) observou comportamento de proteção da broca-do-café, no qual as fêmeas colonizadoras bloqueavam a entrada das galerias. Isso pode ter acontecido com os frutos maduros neste experimento, já que foi observado o comportamento de proteção das fêmeas da broca nos testes de predação com o auxílio do raio-x.

A utilização do equipamento de raio-x Faxitron LX-60 permitiu a observação da broca sem abrir os frutos e afetar os indivíduos. Essa técnica pode contornar a inviabilidade de acompanhar o desenvolvimento da broca dentro dos frutos (Vega et al., 2015). Com as imagens de raio-x, observamos ovos, larvas e adultos da broca no interior dos grãos. Os ovos e as larvas estavam presentes no endosperma, assim como descrito na literatura (Damon, 2000; Vega et al., 2006; Vega et al., 2015; Vega et al., 2017). Observou-se os adultos da broca

posicionados com a parte terminal do abdômen voltada para o lado externo dos frutos na entrada das galerias após o fruto ser colonizado. Vega et al. (2017) recentemente relataram esse comportamento, descrito como subsocial, em brocas colonizando dieta artificial. Alba-Tercedor et al. (2018) capturaram imagens do interior de frutos de café broqueados com o uso de microtomografia computadorizada e não observaram o comportamento de proteção da broca. Este é o primeiro trabalho, utilizando condições naturais, em que o comportamento da broca em bloquear as galerias é observado.

As fêmeas da broca não bloqueavam as galerias nos dois frutos onde ocorreu a predação. Os adultos de *H. hampei* são menos vulneráveis à predação devido à forte esclerotização do exoesqueleto e podem utilizar essa estratégia para defesa de ovos e larvas, bloqueando as galerias (Follett et al., 2016; Vega et al., 2017). Formigas conseguem retirar os adultos da broca do interior dos frutos (Roper & Armbricht, 2005; Larsen & Philpott, 2010; Morris et al., 2015). Para isso, as formigas possuem pequenas mandíbulas com numerosos dentes, posicionadas de forma prognata, que permitem a manipulação das presas (Cerdá & Dejean, 2011). Já as espécies do gênero *Trybomia* possuem aparelho bucal opistognata, com os estiletos maxilares voltados para dentro da cápsula cefálica (Retana-Salazar, 2015). Isso pode ter impossibilitado a retirada dos adultos e, conseqüentemente, a entrada nas galerias pelo *Trybomia* sp..

No presente estudo, observamos através de imagens de raio-x que os tripes não conseguiram entrar em frutos broqueados e apenas predaram ovos da broca quando as galerias não estavam bloqueadas pelas fêmeas. O *Trybomia* sp. pode alcançar e preda as brocas em frutos nos quais as fêmeas colonizadoras tenham ovipositado e abandonado após o ataque inicial (Waterhouse & Norris, 1989). A broca-do-café, quando perturbada, possui o comportamento de sair do fruto. A manutenção dos frutos infestados em baixa temperatura pode ter afetado o comportamento de fuga da broca, o que pode ter influenciado a predação

dos ovos e larvas pelo tripes. O *Trybomia* sp. pode ser considerado um predador oportunista pela sua alimentação estar relacionada com a disponibilidade da presa no ambiente (Mound, 2005).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA-TERCEDOR, J.; ALBA-ALEJANDRE, I; VEGA, F.E. Micro-CT unveils the secret life of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*; Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) inside coffee berries. In: Bruker Micro-CT User Meeting, 2018, Ghent. **Abstract Book 2018**. Ghent: Aula Academica, 2018. p. 165-173.
- ALONZO, P.F. **El problema de la broca (*Hypothenemus hampei* (Ferr.)) (Col: Scolytidae) y la caficultura. Aspectos relacionados con importancia daño, identificación, biología, ecología y control**. Guatemala: IICA-PROMECAFE, 1984. 242 p.
- ARAKAKI, N.; OKAJIMA, S. Notes on the biology and morphology of a predatory thrips, *Franklinothrips vespiformis* (Crawford)(Thysanoptera: Aeolothripidae): first record from Japan. **Entomological Science**, v. 1, p. 359-363, 1998.
- BAKER, P.S.; BARRERA, J.F.; RIVAS, A. Life-History Studies of the Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on Coffee Trees in Southern Mexico. **Journal of Applied Ecology**, v. 29, p. 656-662, 1992a.
- BAKER, P. S.; LEY, C.; BALBUENA, R.; BARRERA, J. F. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. **Bulletin of Entomological Research**, v. 82, p. 145-150, 1992b.
- BARRERA, J.F.; BAKER, P.S.; VALENZUELA, J.E.; SCHARWZ, A. Introduccion de dos especies de parasitoide Africanos a Mexico para el control biologico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Folia Entomologica Mexicana**, v. 79, p. 245-247, 1990.
- BARRERA, J.F. Coffee pests and their management. In: CAPINERA, J.L. **Encyclopedia of Entomology**. Dordrecht: Springer, 2008, p. 961-998.
- BENAVIDES, P.; BUSTILLO, A.E.; PORTILLA, M.; OROZCO, J. Classical biological control of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia with African parasitoids. In: Symposium on Biological Control of Arthropods. In: **Proceedings, First International Symposium on Biological Control of Arthropods**, p. 430-434, 2003.
- BERGAMIN, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 14, p. 31-72, 1943.

- BRUN, L.O.; MARCILLAUD, C.; GAUDICHON, V.; SUCKLING, D. M. Monitoring of endosulfan and lindane resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Bulletin of Entomological Research**, v. 80, n. 02, p. 129-135, 1990.
- BUSTILLO, A.E.; CARDENAS, R.; POSADA, F.J. Natural Enemies and Competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 635-639, 2002.
- BUSTILLO, A.E.; CARDENAS, R.; VILLALBA, D.; BENAVIDES, P.; OROZCO, J.; POSADA, F.J.; (1998) **Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia**. Chinchiná: DFID-CENICAFE, 1998. 134 p.
- CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.; FRANCO, F.S.; CARVALHO, A.F.; FERREIRA-NETO, P.S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 69, p. 235-257, 2001.
- CASTIÑEIRAS, A.. Relaciones de *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae) con *Cylas formicarius elegantulus* (Coleoptera; Curculionidae) en el cultivo del boniato: *Ipomoea batatas*. **Ciencia y tecnología Agrícola**, v. 1, p. 15-19, 1989.
- CERDÁ X.; DEJEAN A. Predation by ants on arthropods and other animals. In POLIDORI C. (ed.): **Predation in the Hymenoptera: An Evolutionary Perspective**. Kerala: Transworld Research Network, 2011. p. 39–78.
- CHAVES, B.; RILEY, J. Determination of factors influencing integrated pest management adoption in coffee berry borer in Colombian farms. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 87, p. 159-177, 2001.
- DA CUNHA, H.F.; BRANDÃO, D. Invertebrates associated with the neotropical termite *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae). **Sociobiology**, v. 37, p. 593-599, 2000.
- DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.
- DUFOUR, B.P.; FRÉROT, B. Optimization of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col., Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture. **Journal of Applied Entomology**, v. 132, p. 591-600, 2008.

- FOLLETT, P.A.; KAWABATA, A.; NELSON, R. ASMUS, G.; BURT, J.; GOSCHKE, K.; EWING, C.; GAERTNER, J.; BRILL, E.; GEIB, S. Predation by flat bark beetles (Coleoptera: Silvanidae and Laemophloeidae) on coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae) in Hawaii coffee. **Biological Control**, v. 101, p. 152-158, 2016.
- GALINDO, V.H.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; BARRERA, J. F.; PINSON, E.; GONZÁLEZ, G.; ESPINOZA, J.C. Establecimiento preliminar del parasitoide *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) en Chiapas. **Memorias del XXV Congreso Nacional de Control Biológico**, p. 44-46, 2002.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: CPFRC, 1975.
- GONTHIER, D.J.; ENNIS, K.K.; PHILPOTT, S.M.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. Ants defend coffee from berry borer colonization. **BioControl**, v. 58, n. 6, p. 815-820, 2013.
- HERNÁNDEZ-FUENTES, L.M.; VILDOZOLA, A.C.; URÍAS-LÓPEZ, M.A. Weevil Borers in Tropical Fruit Crops: Importance, Biology and Management. In: SHIELDS, V.D.C. **Insect Physiology and Ecology**. Londres: IntechOpen, 2017. p. 37-54.
- HIROSE, E.; NEVES, P.M.O.J. Técnica para criação e manutenção da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), em laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 1, p. 161-164, 2002.
- ICO (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION). Historical Data on the Global Coffee Trade. [http://www.ico.org/new\\_historical.asp](http://www.ico.org/new_historical.asp) Acesso em: 29 jul. 2018, 12:34.
- INFANTE, F. Pest Management Strategies Against the Coffee Berry Borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 66, n. 22, p. 5275-5280, 2018.
- JARAMILLO, J.; BORGEMEISTER, C.; BAKER, P. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. **Bulletin of Entomological Research**, v. 96, p. 223-233, 2006.
- JARAMILLO, J.; CHABI-OLAYE, A.; BORGEMEISTER, C.; KAMONJO, C.; POEHLING, H.M.; VEGA, F.E. Where to sample? Ecological implications of sampling strata in determining abundance and impact natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. **Biological Control**, v. 49, p. 245-253, 2009.

- JARAMILLO, J.; CHAPMAN, E.G.; VEGA, F.E.; HARWOOD, J.D. Molecular diagnosis of a previously unreported predator–prey association in coffee: Karnyothrips flavipes Jones (Thysanoptera: Phlaeothripidae) predation on the coffee berry borer. **Naturwissenschaften**, v. 97, n. 3, p. 291-298, 2010.
- JIMÉNEZ-SOTO, E.; CRUZ-RODRÍGUEZ, J.A.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) and its interactions with *Azteca instabilis* and *Pheidole synanthropica* (Hymenoptera: Formicidae) in a shade coffee agroecosystem. **Environmental Entomology**, v. 42, n. 5, p. 915-924, 2013.
- KAKIMOTO, K.; INOUE, H.; HINOMOTO, N.; NODA, T.; HIRANO, K.; KASHIO, T.; KUSIGEMATI, K.; OKAJIMA, S. Potential of *Haplothrips brevitubus* (Karny) (Thysanoptera: Phlaeothripidae) as a predator of mulberry thrips *Pseudodendrothrips mori* (Niwa) (Thysanoptera: Thripidae). **Biological Control**, v. 37, p. 314-319, 2006.
- LARSEN, A.; PHILPOTT, S.M. Twig-nesting ants: The hidden predators of the coffee berry borer in Chiapas, Mexico. **Biotropica**, v. 42, n. 3, p. 342-347, 2010.
- LE PELLEY, R.H. **Las plagas del cafeto**. Barcelona: Editorial Labor, 1968. 693 p.
- MONZON, A.J.; GUHARAY, F.; KLINGEN, I. Natural occurrence of *Beauveria bassiana* in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) populations in unsprayed coffee fields. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 97, p. 134-141, 2008.
- MORRIS, J.R.; PERFECTO, I. Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life stages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 224-228, 2016.
- MORRIS, J.R.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. A keystone ant species provides robust biological control of the coffee berry borer under varying pest densities. **PlosOne**, v. 10, n. 11, p. 1-15, 2015.
- MOUND, L.A. Thysanoptera: diversity and interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 247-249, 2005.
- MURPHY, S.T.; MOORE, D. (1990) Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, (Ferrari) (Coleoptera: Scolytida): previous programmes and possibilities for the future. **Biocontrol News and Information**, v. 11, p. 107-117, 1990.

- OLIVEIRA, C.M.; SANTOS, M.J.; AMABILE, R.F.; FRIZZAS, M.R.; BARTHOLO, J.F. Coffee berry borer in conilon coffee in the Brazilian Cerrado: an ancient pest in a new environment. **Bulletin of Entomological Research**, v. 108, p. 101-107, 2018.
- PARDEE, G. L.; PHILPOTT, S. M. Cascading indirect effects in a coffee agroecosystem: effects of parasitic phorid flies on ants and the coffee berry borer in a high-shade and low-shade habitat. *Environmental Entomology*, v. 40, p. 581-588. 2011.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. The effect of an ant-hemipteran mutualism on the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 117, p. 218-221, 2006.
- PICANÇO, M.C.; GALDINO, T.V.S. ; SILVA, R.S. ; BENEVENUTE, J.S. ; BACCI, L. ; PEREIRA, R.R. ; MOREIRA, M.D. Manejo Integrado de Pragas. In: LAÉRCIO, A.A.S.L.; PICANÇO, M.C. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 389-436.
- POINAR, G.; VEGA, F.E.; CASTILLO, A.; CHAVEZ, I.; INFANTE, F. *Metaparasitylenchus hypothenemi* n. Sp. (Nematoda: Allantonematidae), a parasite of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae). **The Journal of Parasitology**, v. 90, n. 223-235, 2004.
- RETANA-SALAZAR, A.P. El género *Trybomia* Karny 1911 en América Central (Insecta: Thysanoptera). **Revista gaditana de Entomología**, v. 1, p. 31-44, 2015.
- REZENDE, M.Q. **Extrafloral nectary-bearing trees enhance pest control and increase fruit weight in associated coffee plants**. 2014. (Doutorado) Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- REZENDE, M.Q.; VENZON, M.; PEREZ, A.L.; CARDOSO, I.M.; JANSSEN, A. Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 188, p. 198-203, 2014.
- ROPERO, G.; ARMBRECHT, I. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) em cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. **Manejo integrado de plagas y agroecología**, v. 76, p. 32-40, 2005.
- SPONAGEL, K.W. **La broca del café *Hypothenemus hampei* en plantaciones de café robusta en la Amazonía Ecuatoriana**. Giessen: Wissenschaftlicher Fachverlag, 1994. 185 p.

- VARÓN, E.H.; HANSON, P.; BORBÓN, P.; CARBALLO, M.; HILJE, L. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 73, p. 42-50, 2004.
- VEGA, F.E.; FRANQUI, R.A.; BENAVIDES, P.B. The presence of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Puerto Rico: fact or fiction? **Journal of Insect Science**, v. 2, p. 1-3, 2002.
- VEGA, F.E.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; JARAMILLO, J. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v. 2, n. 2, p. 129-147, 2009.
- VEGA, F.E.; INFANTE, I.; JOHNSON, A.J. The Genus *Hypothenemus*, with Emphasis on *H. hampei*, the Coffee Berry Borer. In: VEGA, F.E.; HOFSTETTER, R.W. **Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species**. Cambridge: Academic press, 2015. p. 427-494.
- VEGA, F.E.; POSADA, F.; INFANTE, F. Coffee Insects: Ecology and Control. **Encyclopedia of Pest Management**, v. 2, p. 1-4, 2006.
- VEGA, F. E.; ROSENQUIST, E.; COLLINS, W. Global project needed to tackle coffee crisis. **Nature**, v. 425, p. 343, 2003.
- VEGA, F.E.; SIMPKINS, A.; RODRÍGUEZ-SOTO, M.M.; INFANTE, F. BIEDERMANN, P.H.W. Artificial diet sandwich reveals subsocial behaviour in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Journal of Applied Entomology**, v. 141, p. 470-476, 2017.
- WATERHOUSE, D.F.; NORRIS, K.R. **Biological Control: Pacific Prospects – Supplement 1**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1989. 125 p.
- ZAMAR, M.; NEDER DE ROMAN, L.E. Primera cita de *Scopaeothrips bicolor* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) para América del Sur, con las descripciones de una nueva forma áptera y de la larva II. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 65, p. 101-106, 2006.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As árvores de ingá têm comprovada eficiência na atração de inimigos naturais através dos nectários extraflorais. Mesmo a presença do ingá não afetando positivamente as assembleias dos insetos predadores, a influência no total desses insetos representa o potencial da planta em intensificar o controle biológico conservativo de pragas. O tripes hospedeiro do ingá, da família Phlaeothripidae, não demonstrou alta eficiência em predação *Hypothenemus hampei* dentro do fruto, provavelmente devido às ações de proteção exercidas pela fêmea da broca-do-café. A presença do tripes no campo pode contribuir com a redução da população da broca.