

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 16/08/2022

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until Ago 16, 2022

JÉSSICA EMILIANE RODRIGUES GORRI

DERIVADOS DE ANONÁCEAS NEOTROPICAIS: AÇÃO SOBRE *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE), PERFIL METABOLÔMICO e MISTURA COM INSETICIDAS SINTÉTICOS

Botucatu

2022

JÉSSICA EMILIANE RODRIGUES GORRI

**DERIVADOS DE ANONÁCEAS NEOTROPICAIS: AÇÃO SOBRE *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE),
PERFIL METABOLÔMICO e MISTURA COM INSETICIDAS SINTÉTICOS**

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrônômicas da Unesp
Câmpus de Botucatu, para obtenção
do título de Doutora em Agronomia
(Proteção de Plantas).**

**Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz
Lopes Baldin**

**Botucatu
2022**

G673d	<p>Gorri, Jéssica Emiliane Rodrigues</p> <p>Derivados de anonáceas neotropicais: ação sobre <i>Leucoptera coffeella</i> (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera:Lyonetiidae), perfil metabólico e mistura com inseticidas sintéticos / Jéssica Emiliane Rodrigues Gorri. -- Botucatu, 2022</p> <p>104 p.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Edson Luiz Lopes Baldin</p> <p>1. Bicho-mineiro-do-cafeeiro. 2. <i>Annona</i> spp. 3. Extrato etanólico. 4. Plantas inseticidas. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

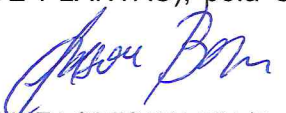
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

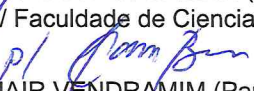
TÍTULO DA TESE: DERIVADOS DE ANONÁCEAS NEOTROPICAIS: AÇÃO SOBRE *Leucoptera coffeella*,
PERFIL METABOLÔMICO E SINERGISMO COM INSETICIDAS SINTÉTICOS

AUTORA: JESSICA EMILIANE RODRIGUES GORRI

ORIENTADOR: EDSON LUIZ LOPES BALDIN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LUIZ LOPES BALDIN (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP


Prof. Dr. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM (Participação Virtual)
Entomologia e Acarologia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz


Profa. Dra. SIMONE POSSELENTE DE LIRA (Participação Virtual)
Universidade de São Paulo, ESALQ


Pesquisador Dr. LEANDRO DO PRADO RIBEIRO (Participação Virtual)
. / Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina


Prof. Dr. GERALDO ANDRADE DE CARVALHO (Participação Virtual)
Depto. Entomologia - Universidade Federal de Lavras

Botucatu, 16 de fevereiro de 2022

Aos meus pais, Cida Gorri e Ermelindo Gorri.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus. Obrigada Senhor por acompanhar os meus passos nesta caminhada e permitir exercer o que amo.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Lopes Baldin, pela oportunidade em ser sua aluna. Agradeço por todos os ensinamentos e apoio. Com toda a certeza, sua orientação foi a minha melhor escolha e guardo no coração todos os aprendizados.

À Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Proteção de Plantas, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional;

Aos Professores da FCA, em especial aos do Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP, pela amizade, apoio e ensinamentos transmitidos ao longo da minha graduação e pós-graduação;

Ao Dr. Leandro do Prado Ribeiro, pelo fornecimento dos extratos vegetais e por toda orientação nos métodos empregados no estudo;

Aos amigos do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos e Plantas Inseticidas (LARESPI), pelo apoio e auxílio durante o desenvolvimento deste trabalho. Vocês tornaram minha caminhada cheia de alegria, de incentivo e de uma amizade que eu vou levar para o resto da vida. **Quanto orgulho em ser LARESPI!**

A Professora Simone Possedente de Lira e a aluna de pós-graduação Naydja Maimone por todo auxílio e ensinamentos.

Ao time FMC estação de pesquisa de Paulínia-SP. Muito obrigada pelo apoio na reta final e compreensão.

Aos meus amigos e familiares de Rio Paranaíba-MG. Muito obrigada pelo amor e vibrações positivas mesmo de longe!

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

A todos que contribuíram para realização deste sonho, muito obrigada!

RESUMO

Com a expansão do mercado de café *Coffea arabica* L. em nível global, se faz necessário minimizar os impasses da produção, tais como os problemas fitossanitários relacionados ao ataque de insetos-praga. Dentre as espécies comuns na lavoura, destaca-se o bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae), praga-chave para a cultura. Seu controle é realizado por aplicações de inseticidas sintéticos, sendo indispensável o estudo de alternativas que auxiliam o controle atual. Derivados botânicos são altamente estudados no controle de insetos-praga, porém, tais derivados possuem características que dificultam sua utilização a campo. Visando contornar características limitantes no emprego de inseticidas sintéticos, bem como de derivados botânicos, o uso associado das duas práticas vem sendo alvo de pesquisas focando a possibilidade de sinergismo. De tal forma, este estudo avaliou, inicialmente, a ação de extratos etanólicos provenientes de sementes de cinco espécies de *Annona* spp. (Annonaceae) sobre *L. coffeella*, para selecionar um extrato promissor. Na sequência, o extrato selecionado foi avaliado em mistura com inseticidas sintéticos em três populações da praga (Rio Paranaíba-MG, Franca-SP e Botucatu-SP) em casa de vegetação e a campo (Botucatu-SP). Extratos etanólicos de sementes de *Annona mucosa* (ESAM) foi o derivado que demonstrou maior eficiência (80% de mortalidade para lagartas de 2° - 3° instares). Em seguida, as cinco espécies foram divididas em partições hexânicas e metanólicas e novamente avaliadas quanto à bioatividade sobre *L. coffeella*. A partir dos resultados, a espécie *A. mucosa* foi selecionada para as análises metabolômicas por apresentar maior mortalidade média de lagartas e menor área foliar consumida. As frações metanólicas indicaram seis glicerofosfolipídeos, incluindo lisolecitina, os alcaloides isoquinolínicos roemerina e reticulina e o alcaloide derivado do ácido cinâmico moupinamida. Em adição, observou-se acetogeninas, divididas em duas famílias moleculares. As frações hexânicas indicaram três classes principais: ácidos graxos, ésteres e fitosteróis. Os efeitos da CL₅₀ do extrato botânico foram avaliados quanto a aspectos biológicos do inseto, revelando ação ovicida, redução de viabilidade das lagartas e redução da área foliar consumida pelo inseto. Nas três populações da praga foi possível observar ação inseticida do ESAM (na CL₅₀ previamente estimada) em mistura com os inseticidas sintéticos, sendo mais evidente nas populações de Franca e Rio Paranaíba com maior número de tratamentos,

principalmente com o inseticida Benevia 100 OD® em mistura com ESAM na CL₅₀. Em condição de campo, os tratamentos isolados e/ou em mistura com ESAM (na CL₅₀) resultaram em eficácia acima de 90% após 7 dias da aplicação (DAA) e 65% após 14 DAA sobre a formação de minas iniciais, no qual o inseticida Altacor® demonstrou elevada eficiência independentemente da combinação com ESAM (CL₅₀). Dessa forma, ESAM é uma fonte promissora de compostos com ação sobre *L. coffeella* e potente composto para uma possível mistura.

Palavras-chave: Bicho-mineiro-do-cafeeiro; *Annona* spp.; extrato etanólico; plantas inseticidas.

ABSTRACT

With the expansion of the coffee *Coffea arabica* L. market at a global level, it is necessary to minimize production impasses, such as phytosanitary problems related to the attack of insect pests. Among the common species in the field, the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville and Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae), is a key pest for the crop. Its control is carried out by applications of synthetic insecticides, being indispensable the study of alternatives that help the current control. Botanical derivatives are highly studied in the control of insect pests, however, such derivatives have characteristics that make their use in the field difficult. In order to circumvent limiting characteristics in the use of synthetic insecticides, as well as botanical derivatives, the associated use of both practices has been the subject of research focusing on the possibility of synergism. Thus, this study initially evaluated the action of ethanol extracts from seeds of five species of *Annona* spp. (Annonaceae) on *L. coffeella*, to select a promising extract. Subsequently, the selected extract was evaluated in a mixture with synthetic insecticides in three populations of the pest (Rio Paranaíba-MG, Franca-SP and Botucatu-SP) in a greenhouse and in the field (Botucatu-SP). Ethanol extracts from seeds of *Annona mucosa* (ESAM) was the derivative that showed the highest efficiency (80% mortality for 2nd - 3rd instar caterpillars). Then, the five species were divided into hexane and methanolic partitions and again evaluated for bioactivity on *L. coffeella*. Based on the results, the species *A. mucosa* was selected for the metabolomic analysis because it presented higher average mortality of caterpillars and lower leaf area consumed. The methanolic fractions indicated six glycerophospholipids, including lysolecithin, the isoquinoline alkaloids roemerine and reticulín, and the cinnamic acid-derived alkaloid moupinamide. In addition, acetogenins were observed, divided into two molecular families. The hexane fractions indicated three main classes: fatty acids, esters and phytosterols. The effects of the LC₅₀ of the botanical extract were evaluated in terms of biological aspects of the insect, revealing ovicidal action, reduction of caterpillar viability and reduction of leaf area consumed by the insect. In the three populations of the pest, it was possible to observe the insecticidal action of ESAM (in the LC₅₀ previously estimated) in mixture with synthetic insecticides, being more evident in the populations of Franca and Rio Paranaíba with the highest number of treatments, mainly with the insecticide Benevia 100 OD® in mix with ESAM in LC₅₀. In field conditions, the treatments alone and/or in

mixture with ESAM (in LC₅₀) resulted in effectiveness above 90% after 7 days of application (DAA) and 65% after 14 DAA on the formation of initial mines, in which the Altacor® insecticide showed high efficiency regardless of the combination with ESAM (LC₅₀). Thus, ESAM is a promising source of compounds with action on *L. coffeella* and a potent compound for a possible mixture.

Keywords: Coffee leaf miner; *Annona* spp.; ethanol extract; insecticidal plants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 - Metabolômica de extratos de Annonaceae e bioatividade sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae)

- Figura 1** - Rede molecular construída a partir de dados obtidos das frações metanólicas de *Annona mucosa*41
- Figura 2** - Famílias moleculares correspondentes a acetogeninas.....42

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - Metabolômica de extratos de Annonaceae e bioatividade sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae)

Tabela 1- Relação de espécies de Annonaceae avaliadas e respectivos dados de coleta.....	30
Tabela 2- Mortalidade média (\pm EP) de lagartas de 2 ^o -3 ^o instar de <i>Leucoptera coffeella</i> em folhas minadas de café após sete dias da aplicação com extratos de <i>Annona spp.</i>	38
Tabela 3- Mortalidade média (\pm EP) de lagartas de 2 ^o -3 ^o instar de <i>Leucoptera coffeella</i> em folhas minadas de café após sete dias da aplicação de extratos etanólicos de sementes de <i>Annona spp.</i> nas frações metanólicas e hexânicas.	39
Tabela 4- Área foliar média consumida (\pm EP) por lagartas de 2 ^o -3 ^o instar de <i>Leucoptera coffeella</i> em minas de folhas de café após sete dias da aplicação de extratos etanólicos de sementes de <i>Annona spp.</i> nas frações metanólicas e hexânicas.	40
Tabela 5- Identificação putativa dos picos mais intensos observados na análise de GC-MS das frações hexânicas de <i>Annona mucosa.</i>	44
Tabela 6- Concentrações letais do extrato etanólico de sementes de <i>Annona mucosa</i> (ESAM) e de Anosom 1 EC [®] sobre lagartas de 2 ^o -3 ^o instar de <i>Leucoptera coffeella</i> em folhas de café.	45
Tabela 7- Médias (\pm EP) de oviposição, minas formadas e viabilidade larval de <i>Leucoptera coffeella</i> em mudas de café após aplicação de diferentes tratamentos em laboratório.....	46
Tabela 8- Médias (\pm EP) de oviposição, eclosão de ovos, área foliar consumida e emergência de <i>Leucoptera coffeella</i> em mudas de café após aplicação de diferentes tratamentos em casa de vegetação.	46

CAPÍTULO 2 - Sinergismo entre extrato etanólico de *Annona mucosa* Jacq. e inseticidas sintéticos sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae)

Tabela 1 - Tratamentos utilizados nos ensaios realizados em casa de vegetação...63	
Tabela 2 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2 ^o -3 ^o instar, instar de <i>Leucoptera coffeella</i> provenientes de Botucatu, SP após sete dias da aplicação dos tratamentos.....	68
Tabela 3 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2 ^o -3 ^o instar, instar de <i>Leucoptera coffeella</i> provenientes de Franca, SP após sete dias da aplicação dos tratamentos.....	69
Tabela 4 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2 ^o -3 ^o instar de <i>Leucoptera coffeella</i> provenientes de Rio Paranaíba, MG após sete dias da aplicação dos tratamentos.....	70
Tabela 5 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2 ^o instar de <i>Leucoptera coffeella</i> provenientes de três regiões após sete dias da aplicação dos tratamentos envolvendo Altacor [®]	71

Tabela 6 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2º instar de <i>Leucoptera coffeella</i> provenientes de três regiões após sete dias da aplicação dos tratamentos envolvendo Benevia 100 OD®.....	72
Tabela 7 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2º instar de <i>Leucoptera coffeella</i> provenientes de três regiões após sete dias da aplicação dos tratamentos envolvendo Cartarys®.....	73
Tabela 8 - Médias de área foliar consumida (\pm EP) por lagartas de 2º - 3º instar de <i>Leucoptera coffeella</i> após sete dias da aplicação dos tratamentos em ensaio de campo em Botucatu, SP.....	76
Tabela 9 - Médias de mortalidade (\pm EP) de lagartas de <i>Leucoptera coffeella</i> após sete dias da aplicação dos tratamentos em ensaio de campo em Botucatu, SP.....	77
Tabela 10 - Médias de minas iniciais (\pm EP) de <i>Leucoptera coffeella</i> sete dias após a aplicação dos tratamentos em ensaio de campo em Botucatu, SP.....	78
Tabela 11 - Médias de minas iniciais (\pm EP) de <i>Leucoptera coffeella</i> 14 dias após a aplicação dos tratamentos em ensaio de campo em Botucatu, SP.....	79
Tabela 12 - Médias de minas (\pm EP) iniciais de <i>Leucoptera coffeella</i> aos sete e 14 dias após a aplicação dos tratamentos envolvendo Altacor® em ensaio decampo em Botucatu, SP.....	80
Tabela 13 - Médias de minas (\pm EP) iniciais de <i>Leucoptera coffeella</i> aos sete e 14 dias após a aplicação dos tratamentos envolvendo Benevia 100 OD® em ensaio decampo em Botucatu, SP.....	81
Tabela 14 - Médias de minas (\pm EP) iniciais de <i>Leucoptera coffeella</i> aos sete e 14 dias após a aplicação dos tratamentos envolvendo Cartarys® em ensaio decampo em Botucatu, SP.....	82

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
CAPÍTULO 1 - METABOLÔMICA DE EXTRATOS DE ANNONACEAE E BIOATIVIDADE SOBRE <i>Leucoptera coffeella</i> (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae)	24
RESUMO	24
1.1 INTRODUÇÃO.....	27
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
1.2.1 Criação-estoque de <i>Leucoptera coffeella</i>	29
1.2.2 Obtenção e manutenção de mudas de café.....	29
1.2.3 Coleta e extração do material vegetal.....	30
1.2.4 Seleção do extrato mais bioativo.....	32
1.2.5 Seleção de frações.....	32
1.2.6 Análise das frações metanólicas de <i>Annona mucosa</i>	33
1.2.7 Processamento dos dados.....	33
1.2.8 Análise das frações hexânicas <i>Annona mucosa</i> em CG-EM-MS.....	35
1.2.9 Estimativas de CL ₅₀ e CL ₉₀ do extrato etanólico de sementes de <i>Annona mucosa</i> (ESAM) sobre lagartas de <i>Leucoptera coffeella</i>	35
1.2.10 Bioatividade do ESAM sobre <i>Leucoptera coffeella</i>	36
1.2.11 Efeitos subletais do ESAM sobre <i>Leucoptera coffeella</i>	36
1.2.12 Análises estatísticas.....	37
1.3 RESULTADOS.....	37
1.3.1 Seleção do extrato mais bioativo e frações.....	37
1.3.2 Análise das frações metanólicas e hexânicas de <i>Annona mucosa</i>	41
1.3.3 Estimativas de CL ₅₀ e CL ₉₀ do extrato etanólico de sementes de <i>Annona mucosa</i> (ESAM) sobre lagartas de <i>Leucoptera coffeella</i>	46
1.3.4 Bioatividade de ESAM sobre <i>Leucoptera coffeella</i>	46
1.3.5 Efeitos subletais de ESAM sobre <i>Leucoptera coffeella</i>	47
1.4 DISCUSSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	52
CAPÍTULO 2 - MISTURA ENTRE EXTRATO ETANÓLICO DE <i>Annona mucosa</i> JACQ. E INSETICIDAS SINTÉTICOS SOBRE <i>Leucoptera coffeella</i> (Guérin-Mèneville e Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae)	58
RESUMO.....	58
2.1 INTRODUÇÃO.....	58
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	62
2.2.1 Preparo do extrato etanólico de sementes de <i>A. mucosa</i> (ESAM).....	62
2.2.2 Obtenção e manutenção de populações de <i>Leucoptera coffeella</i>	63
2.2.3 Ensaios em casa de vegetação.....	64
2.2.4 Ensaio a campo.....	65
2.2.5 Análise estatística.....	66
2.3 RESULTADOS.....	67
2.3.1 Ensaios em casa de vegetação.....	67
2.3.2 Ensaio a campo.....	76
2.4 DISCUSSÃO.....	82
REFERÊNCIAS.....	86

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 97

REFERÊNCIAS.....99

INTRODUÇÃO GERAL

O café (*Coffea arabica* L.) começou a ser cultivado no século XV na Etiópia, difundindo-se posteriormente para outras regiões da África, Europa, América Central e Guiana Francesa. No Brasil, o cultivo de café foi iniciado em 1727, sendo atualmente o país maior produtor e exportador da cultura (OIC, 2021). Além de possuir elevada participação no mercado nacional, o café está diretamente envolvido com a história do Brasil, apresentando, portanto, grande importância sociocultural. A cafeicultura também possui grande expressividade no mercado internacional. Na safra 2019/20, o volume estimado dos principais países produtores localizados na América do Sul, Ásia, Oceania, México, América Central e África somaram mais de 150 milhões de sacas. Esses dados do setor cafeeiro indicam expansão de mercado em nível global, tanto na oferta quanto na sua demanda (OIC, 2021).

Diante deste grande potencial produtivo e da expressiva participação do café no agronegócio de vários países, existe a necessidade de minimizar os fatores responsáveis por perdas nas lavouras, com destaque para os problemas relacionados ao ataque de insetos-praga. No Brasil, o bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville E Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), são considerados pragas-chave para a cultura (MAGALHÃES et al., 2010; INFANTE et al., 2014; PANTOJA-GOMEZ et al., 2019), sendo responsáveis por investimentos significativos em ações de controle e monitoramento (EPA, 2012; REIS et al., 2015; CONAB, 2019).

O bicho-mineiro-do-cafeeiro acompanhou a evolução cafeeira durante sua expansão no Brasil. Áreas plantadas em regiões mais quentes cresceram, como é o caso do bioma do cerrado mineiro, onde existem fatores abióticos favoráveis a um maior número de ciclos de *L. coffeella*. Dessa maneira, o bicho-mineiro-do-cafeeiro é considerado a principal praga, cujos danos indiretos podem reduzir até 50% da produção, sendo as perdas mais acentuadas em países neotropicais como Brasil, Colômbia, México e Porto Rico (SOUZA et al., 2006; CONSTANTINO et al., 2013; NEVES et al., 2016; GIRALDO et al., 2017; PANTOJA-GOMEZ et al. 2019).

Leucoptera coffeella é um microlepidóptero monófago, com alto grau de especialização em se alimentar das folhas do cafeeiro. As fêmeas ovipositam sobre a superfície adaxial das folhas e, após a eclosão, as larvas se alimentam do parênquima

paliçádico. Ao se alimentarem, as lagartas confeccionam minas evidentes, justificando o nome comum da praga. Posteriormente, as lagartas deixam o interior das folhas para iniciar seu estágio pupal. Nessa fase, as lagartas se fixam à face abaxial das folhas, onde tornam-se crisálidas (MICHEREFF et al., 2007).

Quando as lagartas abandonam as folhas de origem para tornarem-se crisálidas, as minas se transformam em áreas necróticas, reduzindo a capacidade fotossintética das folhas (NANTES e PARRA; 1977). Segundo Souza et al. (1998), os danos relacionados ao bicho-mineiro-do-cafeeiro prejudicam a produção, o rendimento do café e, provavelmente, a longevidade do cafeeiro, não apenas pela redução da área fotossintética, mas também pela queda das folhas, fato provocado pelo aumento do nível de etileno.

Embora o conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP) sugira o uso associado e harmônico de métodos capazes de reduzir as populações da praga em patamares inferiores ao nível de controle estabelecido, na prática, o controle do bicho-mineiro-do-cafeeiro é realizado de forma intensiva por meio de pulverizações frequentes de inseticidas sintéticos (MENDONÇA et al, 2006). Como principal consequência do uso indiscriminado do controle químico, há vários relatos de resistência aos inseticidas, como aqueles de ação neurotóxica. Adicionalmente, essa elevada quantidade de inseticidas empregada pode provocar severos danos à saúde humana, além da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, bem como a poluição do ar e impactos sobre organismos não-alvo (BATISTA FILHO et al., 2003; PIGNATI et al., 2014).

Dessa maneira, torna-se fundamental a disponibilização de alternativas de manejo que possibilitem um controle eficiente e mais sustentável nas lavouras de café, dada a relevância da cultura e a vasta área que ocupa mundialmente. Nesse sentido, o interesse por produtos de origem botânica para o controle de pragas vem crescendo constantemente. Assim, substâncias de menor risco ao ambiente e à saúde humana vêm sendo pesquisadas, visando à produção de alimentos mais saudáveis e livres de resíduos de pesticidas.

Os efeitos inseticidas e/ou insetistáticos provenientes de derivados botânicos decorrem da ação de metabólitos secundários, tais como alcaloides, flavonoides, saponinas e terpenoides, os quais são produzidos pelas plantas como estratégia de defesa contra herbívoros (ISMAN, 2006). Esses compostos, denominados aleloquímicos, são capazes de afetar negativamente o desenvolvimento dos insetos

(CHARIANDY et al., 1999), agir como barreiras fagodeterrentes na alimentação (BRUCE e PICKETT, 2011), além de poderem atuar como repelentes a artrópodes-praga (AKHTAR et al., 2012; ANSANTE et al., 2015).

Dentre os derivados botânicos, os extratos aquosos e, principalmente, os orgânicos tem se apresentado como uma opção mais ecológica na comparação com os inseticidas sintéticos, uma vez que são mais facilmente degradáveis (TUREK E STINTZING, 2013; FERNANDEZ-PEREZ et al., 2015); contêm vários metabólitos secundários ou ingredientes ativos diversos (reduzindo a pressão de seleção e, conseqüentemente, o surgimento de populações de pragas resistentes); possuem baixa a moderada toxicidade a mamíferos (ISMAN, 2006; ISMAN e MIRESMALLI, 2011), sendo potencialmente compatíveis aos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (PRAKASH E RAO, 1996; GUEDES E OLIVEIRA, 2002; ZAHID et al., 2016). Diversas espécies de Asteraceae, Annonaceae, Canellaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Piperaceae e Rutaceae têm sido apontadas como promissoras fontes de compostos com propriedades inseticidas (ZABEL et al., 2002; CESPEDES et al., 2004; TAMM, 2004), com destaque para Annonaceae, que possui ampla dispersão em nosso país (KRINSKI et al., 2014).

No Brasil, já foram registradas mais de 300 espécies de anonáceas em 29 gêneros (MAAS et al., 2013), sendo *Annona cherimola* Mill. (cherimoia), *Annona squamosa* L. (pinha ou fruta-do-conde), *A. squamosa* x *Annona cherimola* Mill. (atemoia) e *Annona muricata* L. (graviola) as de maior interesse econômico (NOGUEIRA et al., 2005; PEREIRA et al., 2011; LEMOS, 2014; SÃO JOSÉ et al., 2014). Levantamentos indicam que existem mais de 40 espécies de anonáceas com atividade inseticida, distribuídas em 14 gêneros (*Annona*, *Artabotrys*, *Asimina*, *Cardiopetalum*, *Dennettia*, *Duguetia*, *Guatteria*, *Monodora*, *Mkilua*, *Oxandra*, *Polyathia*, *Rollinia*, *Unonopsis* e *Xylopia*) (KRINSKI et al., 2014).

Os estudos com anonáceas foram intensificados a partir da descoberta de alcaloides benzilisoquinolínicos e das acetogeninas (ACG's), com grande potencial para a medicina e potentes propriedades pesticidas (RATNAYAKE et al., 1993; MCLAUGHLIN et al., 1997; BERMEJO et al., 2005; RAINER, 2007; MATSUMOTO et al., 2010; FERREIRA et al., 2013). Segundo dados da literatura, mais de 400 acetogeninas estruturalmente diversificadas já foram identificadas a partir de derivados do gênero *Annona* (BERMEJO et al., 2005). Em geral, as ACG's atuam inibindo o complexo I (NADH - ubiquinona oxidoreductase) na cadeia transportadora

de elétrons mitocondrial, levando à redução das taxas respiratórias e cardíaca e à morte celular programada ou apoptose (DEGLI ESPOSTI et al., 1994; GALLARDO et al., 2000).

Entre as espécies do gênero *Annona*, *Annona mucosa* Jacq. demonstrou significativa bioatividade sobre importantes artrópodes-praga, como *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Trichoplusia ni* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (RIBEIRO et al. 2013, 2014a, 2014b; TOLOSA et al., 2014; ANSANTE et al., 2015; RIBEIRO et al., 2015, 2016; SOUZA et al., 2017, 2019). Relatos de bioatividade de *A. squamosa* e de *A. muricata* também foram documentados sobre *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (LAETAMIA; ISMAN, 2004a; TRINDADE et al., 2011).

Embora os estudos anteriormente descritos tenham demonstrado o potencial inseticida/insetistático de derivados de anonáceas sobre importantes pragas da agricultura, ainda não existem estudos demonstrando a ação de extratos de *Annona* spp. para o manejo de *L. coffeella* em cafeeiro, motivando a realização deste estudo. Contudo, questões envolvendo período residual, estabilidade de formulações e padronizações diversas, ainda podem limitar a adoção desta prática de manejo.

Na busca de minimizar características indesejáveis envolvendo tanto o emprego de inseticidas sintéticos como de derivados botânicos, o uso associado das duas práticas tem sido crescentemente avaliado (GUEDES E OLIVEIRA, 2002; VISETSON et al., 2003; BAKI et al., 2005; ABBASSY et al., 2009; WAR et al., 2011; ZAHID et al., 2016; ALMEIDA, 2017). O manejo de pragas por meio da combinação entre moléculas sintéticas com ação inseticida já é adotado em diversos sistemas agrícolas e, nesse sentido, a associação com inseticidas/acaricidas botânicos poderia potencializar o efeito dos produtos sintéticos utilizados. Essa combinação pode também permitir a redução do uso de vários ingredientes ativos sintéticos, uma vez que diversos compostos ativos estariam envolvidos, resultando em menor pressão de seleção sobre as espécies-alvo, além da redução dos impactos ambientais provenientes da aplicação de compostos xenobióticos e custos de controle relacionados (CURTIS, 1985; SAHAYARAJ e AMALRAJ, 2005; MORALES-RODRIGUEZ E PECK, 2009)

Diante da atividade biológica promissora dos extratos de anonáceas e da atual necessidade de métodos de controle mais sustentáveis e de menor impacto ao meio ambiente e à saúde humana, os objetivos deste estudo foram: a) avaliar a bioatividade de extratos etanólicos provenientes de sementes de *Annona muricata*, *A. mucosa*, *A. reticulata* L., *A. sylvatica* A. St.-H. e *A. montana* Macf. sobre *L. coffeella*, visando selecionar o derivado botânico mais promissor e realizar seu estudo metabolômico e b) avaliar a ação inseticida a partir da combinação de inseticidas sintéticos comerciais e o extrato promissor, visando a disponibilização de uma tática auxiliar para o controle do bicho-mineiro-do-cafeeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos quanto à atividade inseticida de derivados botânicos sobre insetos-praga de importância econômica são imprescindíveis para a descoberta de novas moléculas e, nesse sentido, faz-se essencial a integração de estudos metabolômicos. A bioatividade de derivados botânicos sobre insetos pragas tem indicado que esses produtos podem se apresentar como valiosas alternativas para o manejo integrado de pragas, bem como para a utilização em sistemas de agricultura orgânica direcionada a pequenos produtores.

Em nosso estudo, extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* foi escolhida como o derivado mais promissor por ocasionar maiores índices de mortalidade larval para *L. coffeella*; contudo, é importante destacar que as demais espécies de Annonaceae avaliadas também demonstraram potencial inseticida. A metabolômica foi utilizada para auxiliar na compreensão da complexidade do derivado botânico etanólico das sementes de *A. mucosa* (ESAM) em frações metanólicas e hexânicas. Foram identificados glicerosfolipídeos, alcaloides, alcaloide derivado do ácido cinâmico, acetogeninas, ácidos graxos, ésteres e fitosteróis.

O comportamento de ESAM sobre populações do bicho-mineiro-do-cafeeiro provenientes de Botucatu, SP; Franca, SP e Rio Paranaíba, MG foi avaliado em casa de vegetação e a campo (Botucatu), constatando-se ação inseticida do derivado em mistura com os inseticidas sintéticos Altacor[®], Benevia 100 OD[®] e Cartarys[®]. Em campo, os tratamentos isolados e/ou em mistura com ESAM atingiram eficiência superior a 90% aos sete dias após a aplicação, reduzindo a eclosão de ovos e a formação de minas iniciais.

Nossa pesquisa é inédita quanto a estudos envolvendo a bioatividade de derivados de *A. mucosa* sobre pragas-chave da cafeicultura, metabolômica e ação sinérgica entre este derivado e produtos recomendados no mercado. Nossos resultados podem contribuir para a disponibilização de novas ferramentas visando ao manejo de *L. coffeella* nos cafezais.

REFERÊNCIAS

- ALALI, F. Q.; LIU, X. X.; MCLAUGHLIN, J. L. Annonaceous acetogenins: recent progress. **Journal of Natural Products**, v. 62, p. 504-540, 1999.
- ALI, S.; ULLAH, M.; ARSHAD, M.; IFTIKHAR, Y.; SAQIB, M.; AFZAL, M. Effect of botanicals and synthetic insecticides on *Pieris brassicae* (L., 1758) (Lepidoptera: Pieridae). **Turkish Journal of Entomology**, v. 41, p. 275-284, 2017.
- ALVES, P. M. P.; J. O. G. LIMA; L. M. OLIVEIRA. Monitoramento da resistência do bicho-mineiro-do-café, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetidae), a inseticidas
- ARON, A. T. et al. Reproducible molecular networking of untargeted mass spectrometry data using GNPS. **Nature Protocols**, v. 15, p. 1954–1991, 2020.
- BABUSHOK, V. I., LINSTROM, P. J., & ZENKEVICH, I. G. Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. **Journal of Physical and Chemical Reference**, v. 40, 04310, 2011.
- BLESSING, L. T.; COLOM, O. A.; POPICH, S.; NESKE, A.; BARDÓN, A. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 307-310, 2010.
- BLESSING, L.T.; BUDEGUER, F.; RAMOS, J.; BARDÓN, A.; DIAZ, S.; BROVETTO, M.; SEOANE, G.; NESKE, A. Structural factors of annonaceous acetogenins and their semisynthetic analogues related with the toxicity on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 4, p. 56-61, 2015.
- CAETANO, L. C.; DADOUN, H. Pallidine and aporphinoid alkaloids from *Rollinia mucosa*. **Journal of Natural Products**, v. 50, p. 330-330, 1987.
- CALOPRISCO, E., FOURNERON, J. D., FAURE, R., & DEMARNE, F. E. Unusual lactones from *Cananga odorata* (Annonaceae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 78-80, 2002.
- CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q.; MENDES, F. Q.; TAVARES, L. F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, p. 1-6, 2020.
- CASIDA, J. E.; DURKIN, K. A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. **Annual review of entomology**, v. 58, p. 99-117, 2013.

CAVÉ, A.; FIGADÉRE, B.; LAURENS, A.; CORTES, D. Acetogenins from Annonaceae. **Progress in the Chemistry of Organic Natural Products**, v.70, p. 81-288, 1997.

CHÁVEZ, D.; MATA, R. Purpuracenin: a new cytotoxic adjacent bis-tetrahydrofuran annonaceous acetogenin from the seeds of *Annona purpurea*. **Phytochemistry**, v. 50, p. 823-828, 1999.

CHEN, Y.-Y.; CHANG, F.-R.; WU, Y.-C. Isoquinoline Alkaloids and Lignans from *Rollinia mucosa*. **Journal of Natural Products**, v. 59, p. 904–906, 1996.

CLOYD, R.A.; CHIASSON, H. Activity of an essential oil derived from *Chenopodium ambrosioides* on greenhouse insect pests. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 459-466, 2007.

COLOM, O.A.; BARRACHIMA, I.; MINGOL, I.A.; MAS, M.C.G.; SANZ, P.M.; NESKE, A.; BARDON, A. Toxic effects of annonaceous acetogenins on *Oncopeltus fasciatus*. **Journal of Pest Science**, v. 81, p. 85-89, 2008.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2020. Acompanhamento da Safra Brasileira-Café; safra 2020, terceiro levantamento. Observatório Agrícola, Companhia Nacional de Abastecimento.

CONSTANTINO L., M., J. C. FLOREZ, P. BENAVIDES.; T. BACCA. Minador de las hojas del cafeto. Una plaga potencial por efectos del cambio climático. **Aconteceres Técnicos Cenicafé**, v. 2, p.1-12, 2011.

COSTA, D. P.; F. L. FERNANDES; F. M. ALVES; E. M. SILVA; L. E. VISÔTTO. 2016. Resistance to neurotoxic insecticides in populations of the coffee leafminer. In Trdan, S. (Ed.), **Insecticide resistance**. IntechOpen, London, United Kingdom, pp. 3–17.

CURTIS, C.F. Theoretical models of the use of insecticide mixtures for management of resistance. **Bulletin of Entomological Research**, v.75, p. 259-265, 1985.

DAVID-RUEDA G. Diagnóstico de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 42, p. 4-11, 2016.

de BRITO, E. F., BALDIN, E. L. L., GONÇALVES, G. L. P., GIMENES, L., FERNANDES, J. B., RIBEIRO, L do P. Growth Inhibition, Residual Contact and Translaminar Toxicity of Annona-based Bioinsecticides on Tomato Leafminer: Laboratory and Greenhouse Assessments. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, p.139-154, 2020.

DESNEUX, N.; FAUVERGUE, X.; DECHAUME-MONCHARMONT, F. X.; KERHOAS, L.; BALLANGER, Y.; KAISER, L. *Diaeretiella rapae* limits *Myzus persicae* populations after applications of deltamethrin in oilseed rape. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 9-17, 2005.

DJOUMBOU FEUNANG, Y. et al. ClassyFire: automated chemical classification with a comprehensive, computable taxonomy. *Journal of Cheminformatics*, v. 8, n. 1, p. 1–20, 2016.

EL ASBAHANI, A. Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, p. 220-243, 2015.

ERNST, M. et al. Molnetenhancer: Enhanced molecular networks by integrating metabolome mining and annotation tools. *Metabolites*, v. 9, 2019.

ESTRADA-REYES, R.; LÓPEZ-RUBALCAVA, C.; ROCHA, L.; HEINZE, G.; MORENO, J.; MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, M. Lignans from leaves of *Rollinia mucosa*. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 57, p. 29-32, 2002.

FARAONE, N.; HILLIER, N.K.; CUTLER, G.C. Plant essential oils synergize and antagonize toxicity of different conventional insecticides against *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Plos One**, v.10, e0127774, 2015.

FIAZ, Muhammad et al. Squamocin induce histological and ultrastructural changes in the midgut cells of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 156, p. 1-8, 2018.

FINNEY, D. J. Probit analysis. Cambridge University Press. Cambridge, UK, p.31, 1971.

FINNEY, D.J. **Probit analysis**. Cambridge University Press, Cambridge, 1971.

FRAGOSO, D. B.; R. N. C. GUEDES; J. A. Ladeira. Seleção na evolução de resistência a organofosfatos em *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 329–334, 2003.

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

GIRALDO, M.; POSTALI, J. R. Aspectos biológicos de *Leucoptera coffeella* Guérin Mèneville 1842 Lepidoptera: Lyonetiidae en coffea arabica en condiciones de laboratorio. **Aconteceres Técnicos Cenicafé**, v. 2, p. 20-27, 2017.

GONRING, A. H. R.; DE ANDRADE SILVA; F. M.; PLATA-RUEDA, R. A.; GORRI, J. E. R.; FERNANDES, F. L. Comparative bioassay methods to determine diamide susceptibility for two coffee pests. **Crop Protection**, v. 121, p. 34-38, 2019.

GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R.; DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I.; CASTRO-MORENO, M.; OROZCO-CASTILLO, J. A.; RILEY-SALDAÑA, C. A. Alkaloids and acetogenins in Annonaceae development: biological considerations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 01-16, 2014.

GRESSEL, J. Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. **Pest management science**, v. 67, p. 253-257, 2011.

GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Resistência a inseticidas. Pragas do cafeeiro: situação e perspectivas. p. 471-497. In: ZAMBOLIM, L., (Ed.) **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Editora UFV, Viçosa, MG, Brasil, 2002. 568 p.

HALL, R. et al. Plant metabolomics: The missing link in functional genomics strategies. **Plant Cell**, v. 14, p. 1437–1440, 2002.

HEIN, L.; GATZWEILER, F. The economic value of coffee (*Coffea arabica*) genetic resources. **Ecological economics**, v. 60, p. 176-185, 2006.

ICO. **International Coffee Organization**. Total production by all exporting countries. 2021. (OIC, 2021) International Coffee Organization - Daily Coffee Prices (ico.org). Trade Statistics Tables. Disponível em: <https://www.ico.org/new_historical.asp>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ISMAN, M. B.; SEFFRIN, R. Natural insecticides from the Annonaceae: A unique example for developing biopesticides, advances in plant biopesticides. In: Singh D. (Eds) **Advances in Plant Biopesticides**. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0_2p., pp. 21- 33, 2014.

GUEDES, R. N. C.; WALSE, S. S.; THRONE, J. E. Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current opinion in insect science**, v. 21, p. 47-53, 2017.

GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Resistência a inseticidas. Pragas do cafeeiro: situação e perspectivas. p. 471-497. In: ZAMBOLIM, L., (Ed.) **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Editora UFV, Viçosa, MG, Brasil, 2002. 568 p.

HEIN, L.; GATZWEILER, F. The economic value of coffee (*Coffea arabica*) genetic resources. **Ecological economics**, v. 60, p. 176-185, 2006.

ICO. **International Coffee Organization**. Total production by all exporting countries. 2021. (OIC, 2021) International Coffee Organization - Daily Coffee Prices (ico.org).

Trade Statistics Tables. Disponível em: <https://www.ico.org/new_historical.asp>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ISMAN, M. B.; SEFFRIN, R. Natural insecticides from the Annonaceae: A unique example for developing biopesticides, advances in plant biopesticides. In: Singh D. (Eds) **Advances in Plant Biopesticides**. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0_2p, pp. 21- 33, 2014.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A. Nymphicidal effect of vegetal extracts of *Annona mucosa* and *Annona crassiflora* (Magnoliales, Annonaceae) against rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 217-224, 2014.

LEBOEUF, M.; CAVÉ, A.; BHAUMIK, P. K.; MUKHERJEE, B.; MUKHERJEE, R. The phytochemistry of the Annonaceae. **Phytochemistry**, v. 2, p. 2783-2813, 1980.

LEITE, S. A.; DOS SANTOS, M. P.; RESENDE-SILVA, G. A.; DA COSTA, D. R.; MOREIRA, A. A.; LEMOS, O. L.; CASTELLANI, M. A. Area-Wide survey of chlorantraniliprole resistance and control failure likelihood of the Neotropical coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of economic entomology**, v.113, p. 1399-1410, 2020.

RIBEIRO, L. P.; AKHTAR, Y.; VENDRAMIM, J. D.; ISMAN, M. B. Comparative bioactivity of selected seed extracts from Brazilian *Annona* species and an acetogenin-based commercial bioinsecticide against *Trichoplusia ni* and *Myzus persicae*. **Crop Protection**, v. 62, p. 100-106, 2014.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; VENDRAMIM, J. D. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v.75, p. 322-330, 2016.

RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D.; BICALHO, K. U.; DOS SANTOS ANDRADE, M.; FERNANDES, J. B.; DE ANDRADE MORAL, R.; & DEMÉTRIO, C. G. B. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): a promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 55: p. 6-14, 2013.

RIBEIRO, L.P.; VENDRAMIM, J.D.; GONÇALVES, G.L.P.; ANSANTE, T.F.; GLORIA, E.M.; LOPES, J.C.; MELLO-SILVA, R.; FERNANDES, J.B. Searching for promising sources of grain protectors in extracts from Neotropical Annonaceae. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y aromáticas**, v.15, p. 215-232, 2016.

RIGHI, C. A., CAMPOE, O. C., BERNARDES, M. S., LUNZ, A. M. P., PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, C. R. Influence of rubber trees on leaf miner damage to coffee plants in an agroforestry system. **Agroforestry System**, v. 87, p. 1351-1362, 2013.

- SANTOS, D. Y. A. C.; SALATINO, M. L. F. Foliar flavonoids of Annonaceae from Brazil: taxonomic significance. **Phytochemistry**, v. 55, p. 567-573, 2000.
- SOARES, M. C. E., BALDIN, E. L. L., DO PRADO RIBEIRO, L., DOS SANTOS, M. C., BATISTA, Y., & VENDRAMIM, J. D. Lethal and sublethal effects of *Annona* spp. derivatives on *Bemisia tabaci* MEAM 1 (Hemiptera: Aleyrodidae) in tomato. **Neotropical Entomology**, v.1, p.1-10, 2021.
- SOARES, M. C. E.; BALDIN, E. L. L.; DOS SANTOS, T. L. B.; DE CARVALHO, S. S.; VENDRAMIM, J. D.; DO PRADO RIBEIRO, L. Comparative bioactivity of annonaceous derivatives and neonicotinoid-based insecticides against the silverleaf whitefly. **Crop Protection**, v.140, 105430, 2021.
- SOARES, M. C. E.; BALDIN, E. L. L.; SANTOS, T. L.B.; CARVALHO, S. S.; VENDRAMIM, J. D.; RIBEIRO, L. P. Comparative bioactivity of annonaceous derivatives and neonicotinoid-based insecticides against the silverleaf whitefly. **Crop Protection**, v.140, 105-130, 2020.
- SOUZA, C.M.; BALDIN, E.L.L.; RIBEIRO, L.P.; SANTOS, T.L.B.; SILVA, I.F.; MORANDO, R.; VENDRAMIM, J.D. Antifeedant and growth inhibitory effects of Annonaceae derivatives on *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Crop Protection**, v.121, p. 45-50, 2019.
- SOUZA, C.M.; BALDIN, E.L.L.; RIBEIRO, L.P.; SILVA, I.F.; MORANDO, R.; BICALHO, K.U.; VENDRAMIM, J.D.; FERNANDES, J.B. Lethal and growth inhibitory activities of Neotropical Annonaceae-derived extracts, commercial formulation, and an isolated acetogenin against *Helicoverpa armigera*. **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 701-709, 2017.
- SUMNER, L. W. et al. Proposed minimum reporting standards for chemical analysis Chemical Analysis Working Group (CAWG) Metabolomics Standards Initiative (MSI). **Metabolomics**, v. 3, p. 211–221, 2007.
- SUN, Y.P.; JOHNSON, E. R. Analysis of joint action of insecticides against house flies. **Journal of Economic Entomology**, v. 53, p. 887-892, 1960.
- WAGNER, H.; ULRICH-MERZENICH, G. Synergy research: Approaching a new generation of phytopharmaceuticals. **Phytomedicine** v.16, p. 97-110, 2009.
- ZAFRA-POLO, M. C., GONZÁLEZ, M. C., ESTORNELL, E., SAHPAZ, S., CORTES, D. Acetogenins from Annonaceae, inhibitors of mitochondrial complex I. **Phytochemistry**, v. 42, p. 253-271, 1996.
- ZAHID, S.M.A.; ARSHAD, M.; MURTAZA, G.; ALI, S.; AAQIB, M.; YOUSAF, R.W.; HUSSAIN, S. 2016. Synergetic effect of plant extracts with synthetic insecticides against citrus mealybug *Planococcus citri* (Pseudococcidae: Homoptera). **Journal of Agricultural and Social Studies**, v.1, p.1-7, 2016.