

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

LARINE DE PAIVA MENDONÇA

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO E CANELA À *Drosophila*
suzukii (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM LABORATÓRIO**

VIÇOSA - MINAS GERAIS

NOVEMBRO/2016

LARINE DE PAIVA MENDONÇA

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO E CANELA À *Drosophila
suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM LABORATÓRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.

VIÇOSA - MINAS GERAIS

NOVEMBRO/2016

LARINE DE PAIVA MENDONÇA

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO E CANELA À *Drosophila
suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM LABORATÓRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.

APROVADO: 25 de Novembro de 2016

Prof. Eugênio Eduardo Oliveira
(orientador)
(UFV)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Insetos	11
3.2 Químicos	11
3.3 Ensaios	11
3.3.1 Óleo de cravo	12
3.3.2 Óleo de canela	12
3.3.3 Decis 25EC	12
3.4 Análises estatísticas	13
4. RESULTADOS	14
5. DISCUSSÃO	17
6. CONCLUSÃO	19
7. REFERÊNCIAS	20

RESUMO

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae), popularmente conhecida como Drosófila-da-Asa-Manchada (DAM), vem sendo relatada como uma praga emergente nos cultivos de pequenas frutas. Diferentemente das demais espécies de drosofilídeos que possuem preferência por frutos danificados, a DAM possui uma modificação em seu ovipositor que permite posturas em frutos ainda sadios. Desta forma, suas larvas se alimentam dos frutos causando o dano ao cultivo. Devido a recente invasão desta mosca no Brasil nos cultivos de pequenas frutas, principalmente os com elevada utilização na produção orgânica, como o de morango, surge a necessidade da busca por compostos de ação inseticida alternativos aos sintéticos que sejam compatíveis com os diferentes sistemas produtivos. Além disso, os usos desses compostos alternativos, podem ajudar a evitar a resistência aos compostos sintéticos já amplamente utilizados. Entre potenciais compostos, os óleos essenciais que são produzidos naturalmente pela planta que servem tanto de atração como de defesa da planta, vem se mostrando promissores. Desta forma, neste trabalho avaliou-se a toxicidade dos óleos essenciais de cravo e de canela, em comparação com um inseticida convencional (Decis 25 EC i.a. deltametrina) para averiguar o potencial de utilização destes óleos no controle de *D. suzukii*. Para a avaliação da toxicidade (CL₅₀) foram realizados bioensaios de concentração-mortalidade em insetos originalmente coletados no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Utilizou-se concentrações crescentes para cada óleo, com 4 repetições compostas por 25 adultos de 2-3 dias de idade. Após um período de 24 horas avaliou-se a quantidade de insetos mortos em cada frasco, considerando-se morto o inseto que não apresentava movimento. As curvas de concentração-mortalidade geradas a partir dos dados coletados mostraram que os óleos essenciais de cravo e canela apresentam CL₅₀ de 0,383 e 1,924 ml/L, respectivamente. Ambos os óleos estudados apresentam potencial para o uso no controle de *D. suzukii*, sendo o óleo de cravo apresentou a maior toxicidade.

Palavras – chaves: Mosca das asas manchadas, controle alternativo, cultivo orgânico

ABSTRACT

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae), popularly known as Spotted Wing *Drosophila* (SWD), has been reported as an emerging pest in small fruit crops. Unlike the other species of drosophilidae that have a preference for damaged fruits, the SWD has a modification in its ovipositor that allows to throw in fruits still healthy. In this way, their larvae feed on the fruits causing damage to the crop. Due to the recent invasion of this fly in Brazil in small fruit crops, especially those with high utilization in organic production, such as strawberry, the need arises for the search for insecticidal action compounds alternative to synthetic ones that are compatible with the different productive systems. In addition, the uses of alternative compounds may help to avoid resistance to synthetic compounds already widely used. Among potential compounds, the essential oils that are produced naturally by the plant that serve as both attraction and defense of the plant, are showing to be promising. In this way, this work evaluated the toxicity of clove and cinnamon essential oils compared to conventional insecticide (Decis 25 EC i.a. deltamethrin) with the goal of determining the potential use of these oils in the control of *D. suzukii*. For a toxicity assessment (LC50), concentration-mortality bioassays were performed in insects collected in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Increasing concentrations were used for each oil, with 4 replicates composed of 25 adults of 2-3 days of age. After a period of 24 hours, a number of dead insects were evaluated in each flask. LC50 of 0.383 and 1.924 mL/L, respectively. The concentration-mortality curves generated from collected data show that the essential oils of clove and cinnamon. Both oils studied showed potential for control of *D. suzukii*, and clove oil showed higher toxicity.

Keywords: Spotted wings fly, alternative control, organic farming.

1. INTRODUÇÃO

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) é uma mosca de tamanho médio entre 3 a 4 milímetros, olhos com pigmentação vermelha e cor corporal variando entre amarelo a marrom claro. Sua sexagem, assim como sua diferenciação de outras espécies, é um processo simples devido às características específicas que cada sexo possui. Os machos podem ser diferenciados das fêmeas e de machos de outras espécies devido a uma mancha preta na ponta de cada uma de suas asas e pela presença de duas bandas de espinhos pretos em suas pernas dianteiras. Esses espinhos se dispõem na mesma direção, longitudinal, aos tarsos e são em número de 4 a 6. Já as fêmeas possuem um ovipositor distintamente esclerotizado e serrilhado (Kanzawa, 1939; Walsh et. al., 2011). A *D. suzukii* é um holometábolo, sendo que seu período de desenvolvimento ovo-adulto é de aproximadamente 13 dias. Depois de atingida a fase adulta a maturação sexual termina em cerca de 2 dias ficando então pronta para reprodução.

Comumente conhecida como “Cherry fly” (Mosca da cereja) no Japão e como “Spotted Wing Drosophila” (Drosophila das asas manchadas- DAM) nos Estados Unidos, *D. suzukii* é um inseto nativo do leste da Ásia. Desde 2008, quando foi primeiramente detectada como praga na América do Norte na região de Santa Cruz na Califórnia, este inseto vem se destacando como uma praga emergente nos cultivos de pequenas frutas (Walsh et al., 2011; Bolda et al. 2010). No Brasil esta espécie foi relatada pela primeira vez no ano de 2013 no Rio Grande de Sul e Santa Catarina (Deprá et al. 2014) sendo atualmente já encontrado relatos de sua ocorrência no estado de Minas Gerais (Andreazza et al; 2016). É um inseto polífago, possuindo então a possibilidade de utilizar diferentes frutos como fonte de alimento, o que facilitou seu estabelecimento pelo mundo. (Walsh et. al., 2011; Burrack et. al., 2013; Cini et. al., 2012; Depra et. al., 2014). Diferentemente das outras espécies de drosofilídeos a DAM pode atacar frutos sadios devido ao ovipositor da fêmea ser serrilhado, sendo então capaz de penetrar na epiderme de frutos com “casca fina”. Ao ovipositar a *D. suzukii*, provoca pequenas depressões ou cicatrizes na epiderme do fruto, ficando apenas os dois espiráculos de

cada ovo sob a superfície do fruto. A fêmea põe ovos isolados, e possui uma fecundidade média diária de 7-8 ovos, com um total de 380 ovos ao longo de sua vida (Walsh et al., 2011).

Estipular um valor exato para os custos que a *D. suzukii* pode trazer em perdas de produção muitas vezes se torna complexo, principalmente devido à presença de fatores diretos e indiretos que estão envolvidos nessa matemática. Sendo os fatores diretos relacionados ao dano realizado pela própria DAM e os indiretos relacionados a porta de entrada à patógenos que ela deixa nos frutos (Goodhue et al., 2011; Walsh et al., 2011). Em um estudo realizado nos Estados Unidos, em culturas mais afetadas pela *D. suzukii* (morangos, mirtilo, framboesas, amoras e cerejas), mostraram que as perdas podem chegar até 500 milhões de dólares (Bolda et al., 2010). No Brasil, desde sua chegada, essa espécie praga tem causado danos, que são relatados de até 30% de perda na cultura do morango (Santos, 2014). Devido as características biológicas descritas anteriormente, que fazem com que essa espécies tenha uma rápida renovação de novos adultos no campo de produção, *D. suzukii* se torna uma praga muito severa. Logo, essas características associadas aos relatos de grandes perdas causadas por *D. suzukii*, principalmente em nossos sistemas de monocultivo, faz-se necessário pensar em técnicas de controle dessa praga.

Atualmente no Brasil, devido à recente chegada da *D. suzukii* como praga, ainda não há registro de compostos químicos para uso em seu controle. Porém, pesquisas já vêm sendo realizadas para análise da toxicidade de diferentes compostos para o controle da DAM. Dentre eles podemos destacar inseticidas do grupo de organofosforados, piretróides e espionosade (Bruck et al., 2011, Andrezza et al., 2016). Devido ao grande período de carência de muitos desses produtos, tendo então de ser feita a colheita muito tardiamente, esses frutos acabam por possuir um reduzido tempo de prateleira. Além disto, devido o crescente interesse pelo cultivo orgânico e a busca por uma alimentação mais saudável, tem-se iniciado a análise da viabilidade da utilização de óleos essenciais para o controle de pragas. Estudos sobre a efetividade da utilização do óleo de cravo e de canela no controle de outras pragas já vêm sendo feitos. Dentre esses, podemos destacar, por exemplo, a utilização desses óleos para o controle de *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura do feijão (Jumbo et al., 2014).

Portanto, o presente estudo realiza a análise da eficiência toxicológica de dois óleos essenciais (óleo de cravo e de canela) para o controle de *D. suzukii* comparando com o inseticida Decis 25EC (i.a. deltametrina), um produto já conhecido como eficiente para o controle da praga (Cuthbertson et al., 2014).

2. OBJETIVO

O objetivo geral dessa pesquisa foi a caracterização toxicológica da ação de óleos essenciais, pela comparação com o inseticida Decis 25 EC, visando o estabelecimento de novas alternativas de controle de populações brasileiras de *D. sukii*.

Isto permitiu, entre outras coisas, investigar a potencial utilização destas moléculas em programas de manejo integrado desta praga como alternativa para cultivos orgânicos.

2.1 Os objetivos específicos incluem:

- a) Explorar a viabilidade de utilização de óleo de canela no controle de população brasileira de *D. sukii* proveniente do Rio Grande do Sul.
- b) Explorar a viabilidade de utilização do óleo de cravo no controle de população brasileira de *D. sukii* proveniente do Rio Grande do Sul.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Insetos

A colônia de insetos de *D. sukuzii* mantida no Laboratório de Fisiologia e Neurobiologia de Invertebrados na Universidade Federal de Viçosa foi obtida originalmente de uma população proveniente da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas - Rio Grande do Sul. Os insetos foram separados de acordo com seu estágio de desenvolvimento em gaiolas plásticas, com as devidas aberturas vedadas com tecido voal para ajudar a ventilação. Sendo, portanto uma gaiola para os adultos e uma gaiola para os ovos, larvas e pupas. A colônia de insetos foi mantida a base de água destilada e dieta artificial (66,67 g de açúcar cristal, 23,33 g de levedura de cerveja, 41,66 g de farinha de milho, 12 g de ágar bacteriológico, 5,9 ml de ácido propiônico, 11,1 ml de Nipagim™ 10% em álcool e 1.233,0 ml de água destilada). Os insetos foram mantidos em sala com temperatura e umidade monitorada. Adultos de 2 e 3 dias foram utilizados nos experimentos.

3.2 Químicos

Decis 25 EC (i.a. deltametrina), óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum* L.) e de canela (*Cinnamomum zeylanicum* L.) foram utilizados nesses ensaios. Para obtenção dos óleos, cascas de canela e flores secas de cravos foram obtidas em uma loja de especiarias em Viçosa, Minas Gerais. Estes foram levados para laboratório e seus óleos foram extraídos segundo descrito por Jham et al. (2005). Depois de extraídos, os óleos foram mantidos em frascos hermeticamente fechados a -10 °C até à sua utilização. Decis 25EC (Bayer CropScience Ltda., São Paulo - SP), foi comprado no comércio de inseticidas de Viçosa, Minas Gerais.

3.3 Ensaios

Foram realizados bioensaios para a determinação das concentrações letais dos óleos de cravo e canela e Decis 25EC para *D. sukuzii*. Para os óleos, foram realizados pré-testes com concentrações de 0,1; 1; 10 e 100 mL/L para determinação da faixa onde ocorre de 0 a 100% de mortalidade. Para Decis 25EC, os pré testes foram realizados

com as concentrações de 0,00001; 0,0001; 0,001; 0,01 mL/L de produto comercial para determinação das concentrações a serem utilizadas para o bioensaio. Portanto nesse pré-teste foram utilizadas 4 concentrações para cada produto com 4 repetições compostas por 25 insetos adultos de 2 a 3 dias de idade. As caldas foram preparadas com uma solução de água destilada e açúcar (20%), e foram ofertadas às moscas embebendo-se um volume de 1,9 ml da calda em roletes de algodão, dentro de frascos de vidro de 250 ml fechados com esponjas para permitir a ventilação, segundo protocolo número 26 do IRAC. A preparação das caldas foram realizadas da mesma forma, com exceção para os óleos que precisaram de DMSO (sulfóxido de dimetilo) para ajudar na diluição junto a água com açúcar. Após um período de 24 horas avaliou-se a quantidade de insetos mortos em cada frasco, considerando-se morto o inseto que não apresentava nenhum tipo de movimento.

3.3.1 Óleo de cravo

Depois de realizado o pré teste, foi analisado que a faixa de 0,075 a 1 mL/L causava uma mortalidade de intermediária a total em adultos de *D. sukikii*. Dentro desta faixa foram escolhidas as sete concentrações a serem utilizadas no bioensaio toxicológico: 0,075; 0,1; 0,25; 0,45; 0,65; 0,75 e 0,95 mL/L. Os mesmos procedimentos utilizados no pré-teste foram repetidos para este bioensaio.

3.3.2 Óleo de canela

Após o pré-teste com o óleo de canela a faixa que causa mortalidades de intermediária a total em adultos de *D. sukikii*, se encontrou entre 0,5 e 10 mL/L sendo as concentrações utilizadas para o bioensaio: 0,5; 2; 4; 5; 6; 7,5 e 9 mL/L. Se utilizou novamente a mesma metodologia já descrita para os pré-testes.

3.3.3 Deltametrina

Posteriormente a realização dos pré testes, as concentrações definidas foram: 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,0015; 0,002; 0,0025; 0,003; 0,0035; 0,0045 e 0,0055 mL/L de produto comercial (correspondendo em mL de ingrediente ativo à: 0,008; 0,02; 0,04; 0,06;

0,08; 0,1; 0,12; 0,14; 0,18 e 0,22, respectivamente). Novamente, se utilizou mesma metodologia descrita para os pré-testes.

3.4 Análises estatísticas

Os dados dos bioensaios de concentração-mortalidade foram submetidos a uma análise probit (PROC PROBIT, SAS Institute 2010) para estimar as concentrações letais em mL/L de óleo ou de Decis 25EC. A taxa de toxicidade para comparação dos óleos com o inseticida Decis 25EC foi obtida com base na razão de suas toxicidades, pela fórmula segundo Robertson, J. L. et al. (2007). Todos os gráficos foram gerados usando o software Sigmaplot 12.5 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA) e editado em Corel DRAW® X5 (Corel Corporation, Ottawa, Canadá).

4. RESULTADOS

As curvas concentração-resposta do inseticida Decis 25EC e dos óleos essenciais de cravo e canela estão representadas nas figuras 1, 2 e 3 respectivamente. As curvas de concentração-mortalidade geradas a partir dos dados coletados mostraram que os óleos essenciais de cravo e canela apresentam CL_{50} de 0,383 mL/L e 1,924 mL/L e CL_{90} de 2,200 mL/L e 3,777 mL/L respectivamente. Já a curva de Decis 25EC apresentou CL_{50} de 0,086 mL/L e CL_{90} de 0,380 mL/L. A taxa de toxicidade do cravo quando comparado ao inseticida foi de 0,2237, significando que são necessários 4,47 vezes mais óleo para atingir a mesma toxicidade que a Decis 25EC. Já para o óleo de canela sua toxicidade comparada ao inseticida foi de 0,0445, faz-se então necessário 22,47 vezes mais óleo de canela para atingir a mesma toxicidade do inseticida.

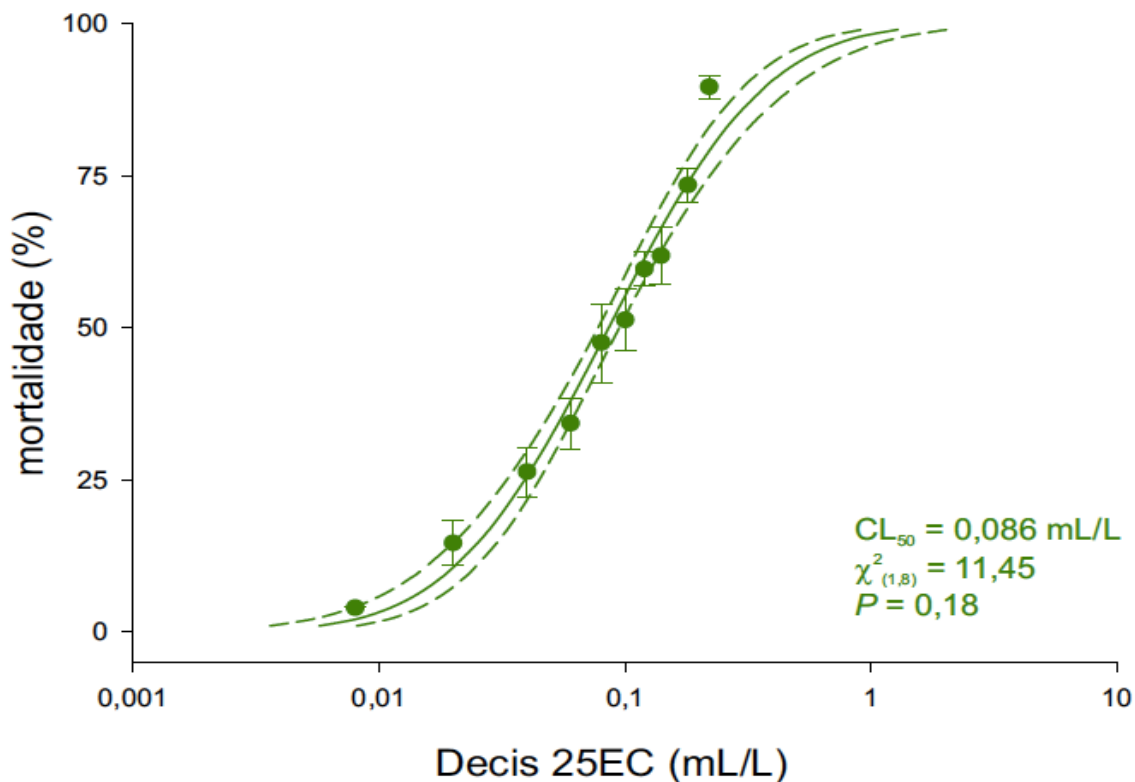


Figura 1: Curva concentração-mortalidade de *Drosophila suzukii* após 24 horas de exposição ao inseticida Decis 25 EC (Deltametrina). Linhas tracejadas denotam intervalos de confiança de 95%.

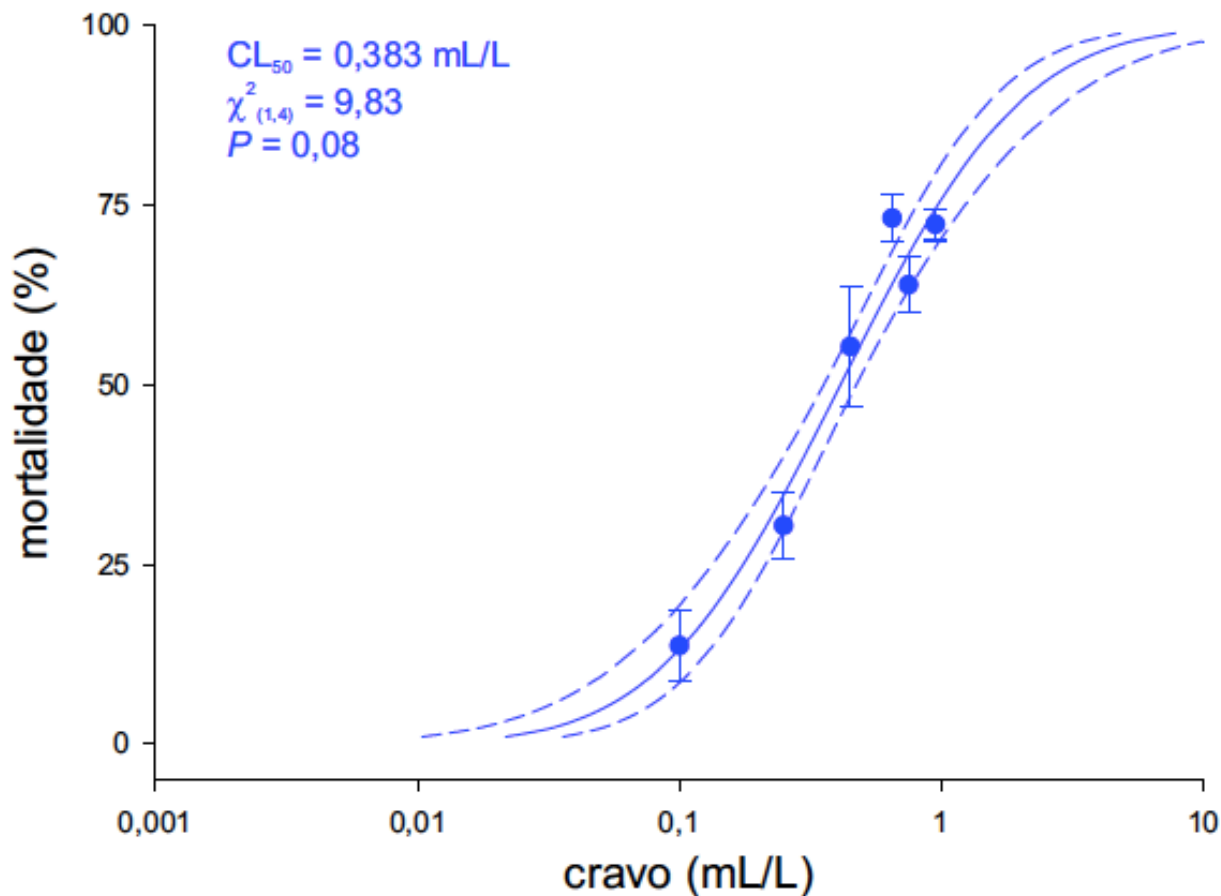


Figura 2: Curva concentração-mortalidade de *Drosophila suzukii* após 24 horas de exposição ao óleo essencial de cravo. Linhas tracejadas denotam intervalos de confiança de 95%.

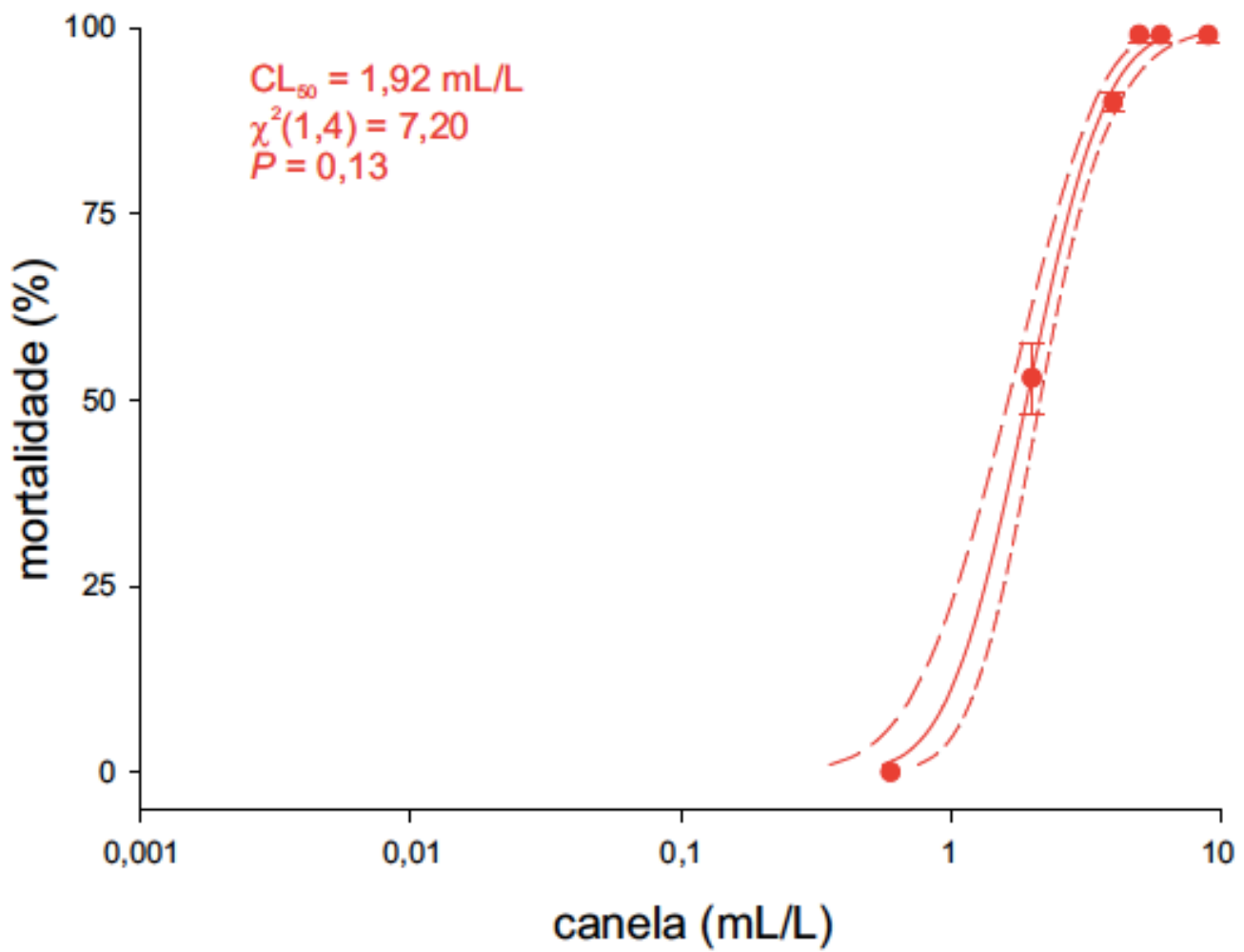


Figura 3: Curva concentração-mortalidade de *Drosophila suzukii* após 24 horas de exposição ao óleo essencial de canela. Linhas tracejadas denotam intervalos de confiança de 95%.

5. DISCUSSÃO

A utilização do cultivo orgânico tem ganhado força nos últimos tempos devido a uma maior preocupação pelo consumo de alimentos mais saudáveis e conseqüentemente com menor quantidade de resíduos de produtos sintéticos. Uma alternativa é a utilização de produtos naturais para o controle de pragas, usados em substituição dos produtos químicos sintéticos. Logo, uma maior utilização e pesquisa sobre novos produtos naturais, como os óleos essenciais, tem surgido. Como exemplo podemos citar o trabalho realizado por Renkema et al., (2016) onde ele estudou o efeito de diferentes óleos essenciais também no controle de *D. suzukii*.

Estudos já demonstraram a efetividade desses óleos como inseticidas no controle de pragas. Como exemplo podemos citar o trabalho de Jumbo et al., (2014) que analisou o efeito dos óleos de cravo e de canela para o controle de *A. obtectus* em feijão armazenado. O óleo de cravo para obtenção de uma DL₅₀ foram necessários 43,6 µL/kg de feijão enquanto para o óleo de canela para DL₅₀ foram necessários 46,8 µL de óleo essencial/kg de feijão. Já estudos realizados por Kim et al., (2003) demonstraram a efetividade de diversos óleos essenciais, dentre eles o de canela, testado em uma população de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) e *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Chrysomelidae). Neste caso foram testados as concentrações de 3,5 e 0,7 mg/cm² dos óleos em estudo.

Uma análise sobre a composição dos óleos utilizados nesse estudo e por Jumbo et al., (2014) indicou que em ambos os óleos a maior proporção é composta por Eugenol (>90%) seguido por β-Caryophyllene (<10%). O composto Eugenol é conhecido por sua ação como um inseticida de contato (Dayan et al., 2009). Este composto age interrompendo a transmissão octopaminérgica no sistema nervoso do inseto (Enan, 2001, 2005a, b; Kostyukovsky et al., 2002). Portanto, o componente de maior proporção em ambos os óleos possui atividade inseticida conhecida, o que reforça sua utilização para controle de pragas.

Outros óleos essenciais demonstram causar perturbações na fisiologia dos insetos (Konstantopoulou et al., 1992; Regnault-Roger and Hamraoui, 1994; Weaver et

al., 1991) causando modificações em seu sistema nervoso, agindo nas transmissões dos receptores GABA (Bloomquist et al., 2008; Priestley et al., 2003; Tong and Coats, 2012) e inibindo a acetilcolinestrerase (Keane and Ryan, 1999; López and Pascual-Villalobos, 2010; Ryan and Byrne, 1988). Já os inseticidas piretroides, como testado no presente estudo, atuam na abertura e fechamento dos canais de sódio neural atuando de forma a prolongar o tempo de entrada de íons Na^+ para o interior do axônio (Dejonckheere, W. et al., 1982, Narahashi, 1996.). Portanto os óleos possuem modo de ação diferente do que o inseticida em estudo, podendo ser uma alternativa para a rotação de modos de ação, evitando assim o desenvolvimento de resistência.

Uma vez determinada a potencialidade do uso dos óleos no controle de *D. suzukii*, alguns pontos devem ser levados em consideração. As matérias primas para a obtenção dos óleos são de fácil aquisição, contudo para a obtenção dos mesmos, se faz necessário que essa matéria prima passe por um processo de extração em laboratório, o que pode dificultar e ser um obstáculo para seu uso por pequenos produtores orgânicos. Os óleos possuem uma rápida perda de atividade devido a degradação de seus compostos ativos. A alta susceptibilidade à degradação se deve a maior proporção de compostos hidrogenados na sua composição (Kim et al., 2003). Faz-se necessário ainda a realização de uma análise da viabilidade econômica da utilização destes óleos, uma vez que em ambos os casos, foi necessário uma quantidade maior do que do produto sintético convencional (Decis 25 EC) para atingir mesma mortalidade. Por fim, os resultados obtidos em laboratório devem ser validados em bioensaios de campo.

6. CONCLUSÃO

Os óleos de cravo e canela apresentaram toxicidade a adultos de *D. sukii* em laboratório, indicando seu potencial para uso no manejo desta praga, mediante novos estudos em condições de campo. O óleo de cravo, em condições de laboratório, possui uma maior toxicidade que o óleo de canela. Ambos os óleos poderão integrar um programa de manejo integrado de *D. sukii*, especialmente em sistemas de produção orgânica.

7.REFERÊNCIAS

- ANDREAZZA, F. et al. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais State, a main strawberry production region in Brazil. *Florida Entomologist*, v. 99, n. 4, p. 1, 2016.
- BLOOMQUIST, J. R. et al. Mode of action of the plant-derived silphinenes on insect and mammalian GABA A receptor/chloride channel complex. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 91, n. 1, p. 17-23, 2008.
- BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; ZALOM, F. G. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural and Resource Economics Update*, v. 13, n. 3, p. 5-8, 2010.
- BRUCK, D. J. et al. Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. *Pest management science*, v. 67, n. 11, p. 1375-1385, 2011.
- BURRACK, H.J. et al., Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. *Pest Management Science*, v. 69, p.1173-1180, 2013.
- CINI, A.; IORIATTI, C.; ANFORA, G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*, v. 65, n. 1, p. 149-160, 2012.
- CUTHBERTSON, A. GS et al. Preliminary screening of potential control products against *Drosophila suzukii*. *Insects*, v. 5, n. 2, p. 488-498, 2014
- DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.
- DEJONCKHEERE, W. et al. Permethrin and deltamethrin residues on lettuce. *Pestic. Sci.*, v.13, p.351-356, 1982.
- DEPRÁ, M. et al., The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. *Journal of Pest Science*, v. 87, p. 379-383, 2014.
- DOS SANTOS, R. S. S. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)(Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morangueiro no Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.18; p. 4005, 2014.
- ENAN, E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 130, n. 3, p. 325-337, 2001.

- ENAN, E. E. Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, v. 59, n. 3, p. 161-171, 2005a.
- ENAN, E. E. Molecular response of *Drosophila melanogaster* tyramine receptor cascade to plant essential oils. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 35, n. 4, p. 309-321, 2005b.
- GOODHUE R. E. et al. Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. *Pest Management Science*, v. 67, n. 11, p. 1396-1402, 2011.
- IRAC, IRAC Susceptibility Test Methods Series, v. 1, n. 26, 2011
- JHAM, G. N. et al. Identification of the major fungitoxic component of cinnamon bark oil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 30, n. 4, p. 404-408, 2005.
- JUMBO, L. O. V. et al. Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. *Industrial Crops and Products*, v. 56, p. 27-34, 2014.
- KANZAWA T. Studies on *Drosophila suzukii* Mats.- Kofu, Yamanashi Agricultural Experiment Station 49 pp. In: *Review of Applied Entomology*, v. 29, p. 622, 1939.
- KEANE, S.; RYAN, M. F. Purification, characterisation, and inhibition by monoterpenes of acetylcholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella* (L.). *Insect biochemistry and molecular biology*, v. 29, n. 12, p. 1097-1104, 1999.
- KIM, S.-Il et al. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, v. 39, n. 3, p. 293-303, 2003.
- KONSTANTOPOULOU, I. et al. Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia*, v. 48, n. 6, p. 616-619, 1992.
- KOSTYUKOVSKY, M. et al. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science*, v. 58, n. 11, p. 1101-1106, 2002.
- LÓPEZ, M. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Industrial Crops and Products*, v. 31, n. 2, p. 284-288, 2010.
- NARAHASHI, T. Neuronal ion channel as the target sites of insecticides. *Pharmacology & toxicology*, v.79, n.1, p.1-14, 1996.

- PRIESTLEY, C. M. et al. Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABAA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. *British journal of pharmacology*, v. 140, n. 8, p. 1363-1372, 2003.
- REGNAULT-ROGER, C.; HAMRAOUI, A. Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a *kidney bean* (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection*, v. 13, n. 8, p. 624-628, 1994.
- RENKEMA, J. M. et al. Plant essential oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Scientific reports*, v. 6, 2016
- ROBERTSON, J. L. et al. *Bioassays with arthropods*. CRC press, 2007.
- RYAN, M. F.; BYRNE, O. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *Journal of chemical ecology*, v. 14, n. 10, p. 1965-1975, 1988.
- TONG, F.; COATS, J. R. Quantitative structure–activity relationships of monoterpenoid binding activities to the housefly GABA receptor. *Pest Management Science*, v. 68, n. 8, p. 1122-1129, 2012.
- WALSH, D. B. et al. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*, v. 2, n. 1, p. G1-G7, 2011.
- WEAVER, D. K. et al. The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. *Journal of Stored Products Research*, v. 27, n. 4, p. 213-220, 1991.