

Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Rafaela Karin LIMA¹, Maria Graças CARDOSO², Jair Campos MORAES³, Bruno Almeida MELO⁴, Vanessa Gregório RODRIGUES⁵, Paula Lasmar GUIMARÃES⁶

RESUMO

Os objetivos desta pesquisa foram a obtenção e caracterização do óleo essencial de folhas de pimenta longa *Piper hispidinervum*, e avaliação de seu efeito no comportamento e/ou mortalidade da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda*. O óleo essencial foi obtido pela técnica “arraste a vapor d’água”, utilizando-se de um aparelho de Clevenger modificado, e posteriormente submetido, à análise por CG-EM e CG. Foram realizados testes de ingestão e contato tópico em lagartas de 1° e 3° ínstar. Os resultados constataram que o óleo essencial de pimenta-longa possui atividade inseticida sobre *S. frugiperda*, causando redução alimentar e mortalidade, sendo o safrol (82%) seu constituinte majoritário. Verificou-se mortalidade no teste de ingestão em lagartas de 1° ínstar com $CL_{50} = 16,2$ mg/mL e para lagartas de 3° ínstar a $CL_{50} = 9,4$ mg/mL com redução alimentar $CD_{50} = 0,72$ mg/mL; e de toxicidade aguda no teste de contato tópico com $DL_{50} = 277,91$ µg/lagarta, após o intervalo de tempo de 96 horas, sendo também observados sintomas de neurotoxicidade, como o efeito knock-down.

PALAVRAS-CHAVE: Lagarta-do-cartucho, Safrol, Manejo integrado de pragas.

Insecticidal Activity of Long-pepper essential oil (*Piper hispidinervum* C. DC.) on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT

The objectives of this research were to evaluate the chemical composition and bioactivity of the essential oil from the long-pepper leaves (*Piper hispidinervum*) and its effect on the compartment and/or mortality of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). The essential oil was obtained by steam stream distillation, using the modified Clevenger apparatus, the chemical composition was analyzed by GC-MS and GC. Tests of ingestion and topical application in fall armyworm of 1 st and 3 rd instar were made. The results showed that the long-pepper essential oil has insecticide activity on *S. frugiperda*, causing mortality and food reduction, and safrole (82%) as its majority constituent. Mortality was found in the ingestion test in larvae of 1 st instar $LC_{50} = 16.2$ mg/mL for larvae of 3 rd instar $LC_{50} = 9.4$ mg/mL, with reduced food $CD_{50} = 0.72$ mg/mL; and acute toxicity test of the contact topic with $LD_{50} = 277.91$ µg/larvae, after an interval of 96 hours, neurotoxicity symptoms were also observed, as knock-down effect.

KEY WORDS: Fall armyworm, Safrole, Integrated pest management.

¹ Doutoranda/Agroquímica - Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, CP 3037, CEP 37200 000, Lavras - MG, e-mail: rafakarin@yahoo.com.br

² Professor/Departamento de Química-UFLA, Campus Universitário, CP 3037, Lavras-MG, 37200 000, e-mail: mcardoso@ufla.br

³ Professor/Departamento de Entomologia-UFLA, Campus Universitário, CP 3037, Lavras-MG, 37200 000, email: jcmoraes@ufla.br

⁴ Graduando/Departamento de Entomologia-UFLA, Campus Universitário, CP 3037, Lavras-MG, 37200 000, email: bruno.uffa@hotmail.com

⁵ Graduanda/Departamento de Química-UFLA, Campus Universitário, CP 3037, Lavras-MG, 37200 000, email: vanessagrod@ig.com.br

⁶ Departamento de Ciência dos Alimentos-UFLA, Campus Universitário, CP 3037, Lavras-MG, 37200 000, email: paula_lasmargui@hotmail.com

INTRODUÇÃO

No Brasil a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é considerada a principal praga da cultura de milho, atacando plantas jovens e reduzindo em até 34% a produção; dependendo da idade da planta ataca também a cultura da cana-de-açúcar, o arroz e o algodoeiro (Valicente & Cruz, 1991). O cultivo do milho no período “safrinha” oferece boas condições para o desenvolvimento dessa praga, sendo a resistência e o alto custo dos defensivos utilizados, os principais problemas encontrados para o seu controle (Yu *et al.*, 2003; Lima *et al.*, 2006).

Em razão de vários fatores, vem se verificando uma crescente procura por defensivos alternativos para o efetivo controle de insetos-praga. Uma das classes de compostos derivados de plantas, que vem se destacando no controle de insetos, são os óleos essenciais, que já fazem parte de formulações de pesticidas, capazes de matar e repelir insetos (Isman, 2000).

Alguns óleos essenciais já foram avaliados para lagarta *S. frugiperda*. O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* J.), rico em citronelal e citronelol, demonstrou ação inseticida e repelente (Labinas *et al.*, 2002). Castro *et al.* (2006) verificaram a não-preferência de óleos essenciais de mil-folhas (*Achillea millefolium*), e de tomilho (*Thymus vulgaris*), os quais apresentaram como compostos majoritários o germancreno-D e timol respectivamente. No mesmo ano, Lima (2006), evidenciou o efeito repelente/deterrente para o óleo essencial de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), composto principalmente de 1,8-cineol e o α -terpineol.

Plantas da família *Piperaceae* constituem uma fonte de isobutilamidas insaturadas de cadeia longa, com propriedades inseticidas, como a piperina encontrada na *Piper nigrum* L. (pimenta-do-reino) (Strunz & Finlay, 1994). Estrela *et al.* (2005) pesquisaram as amidas análogas a piperina, com os grupos *N*-hexil, *N*-isopropil e *N*-isopentil ligados ao isopentil (3,4-metilenodioxifenil) amida. Observaram que estas amidas causaram alta toxicidade sobre a lagarta *S. frugiperda*, provocando mortalidade e deformidades envolvidas em suas atividades vitais. Por outro lado, plantas desta família são ricas nos fenilpropanóides safrol, dilapiol e sarisan, compostos presentes nos óleos essenciais de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*) e pimenta-macaco (*Piper aduncum*). Essas espécies são largamente encontradas na região Amazônica, e se destacam devido as suas propriedades antimicrobiana e inseticida (Bergo *et al.*, 2005; Silva & Bastos, 2007). Nesta região, o óleo essencial de *Piper hispidinervum* é constituído de mais de 90% de safrol, o qual é utilizado como matéria-prima para a síntese de substâncias de interesse farmacêutico, como análogos de prostaglandinas, tromboxanas e agentes antiinflamatórios e na indústria de perfumes como fixadores de aroma (Barreiro & Fraga, 1999). Todavia este possui

propriedades carcinogênicas e de genotoxicidade que devem ser consideradas (Munerato *et al.*, 2005).

Diante disso e da importância do pressuposto inseto-praga avaliado, o presente trabalho objetivou avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de *P. hispidinervum* sobre *S. frugiperda* por ingestão e contato tóxico.

MATERIAL E MÉTODOS

EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O material vegetal foi adquirido no Horto de Plantas Medicinais da Universidade Federal de Lavras (MG), a uma latitude 21° 14' 43" sul e longitude 44° 59' 59" oeste, com altitude de 919 metros. As folhas frescas de *P. hispidinervum* foram coletadas no período da manhã em torno de 8 horas, entre os meses de abril e maio de 2007. O material vegetal foi identificado no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, e sua exsicata encontra-se depositada no Herbário da UFLA (registro 23.013).

O processo de extração do óleo essencial de foi realizado logo após a coleta, no Laboratório de Química Orgânica da Universidade Federal de Lavras (MG), pela técnica de “arraste a vapor d’água”, utilizando-se um aparelho de Clevenger modificado com duração de 2,5 horas. Recolheu-se o hidrolato, separando-se as fases aquosa e orgânica por centrifugação, em centrífuga de cruzeta horizontal a 965,36 g por 5 minutos. O óleo foi coletado com o auxílio de uma micropipeta, pesado e colocado em um frasco de vidro âmbar, devidamente limpo e envolto com papel alumínio (Castro *et al.*, 2006).

IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS CONSTITUINTES

O óleo essencial foi submetido à cromatografia em fase gasosa acoplada ao espectrômetro de massas, em equipamento Shimadzu, modelo CG-17A, com detector seletivo de massa, modelo QP 5000. O equipamento foi operado nas seguintes condições: a coluna cromatográfica utilizada foi do tipo capilar de sílica fundida com fase ligada DB5, de 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, utilizando hélio como gás carreador (1 mL/min). As temperaturas foram de 220°C no injetor e 240°C no detector. A temperatura do forno foi programada de 40 a 240°C, com acréscimo de 3°C a cada minuto. A identificação dos compostos foi feita por comparações dos espectros de massas, com os espectros existentes na biblioteca (Wiley 229) e pelo índice de Kovat’s (Adams, 1995). A quantificação dos constituintes foi realizada utilizando um cromatógrafo gasoso Shimadzu, modelo 17A, equipado com detector de ionização de chama de hidrogênio e coluna capilar DB5, de 30 cm de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio (2,2 mL/min); a taxa split 1:10 e volume injetado de 1 μ L.

A temperatura inicial da coluna foi de 45 até 240°C sendo programada para ter acréscimos de 3°C a cada min, até atingir a temperatura máxima de 240°C. As temperaturas do injetor e do detector foram fixadas em 220 e 240°C, respectivamente, com a pressão da coluna de 115 KPa. Foram realizadas três injeções do óleo essencial, obtendo-se a concentração média e o desvio padrão para cada constituinte, sendo a quantificação obtida por meio da normalização de área (%).

TESTE DE BIOATIVIDADE

A criação de insetos e os bioensaios foram realizados no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas no Departamento de Entomologia, UFLA.

Foram realizados testes preliminares, para se obter uma faixa de mortalidade para as lagartas que variasse desde próximo de 0 até 100 %. O óleo essencial foi diluído em acetona, minutos antes da montagem dos experimentos, nas concentrações estabelecidas por ensaios preliminares, armazenados em balão volumétrico e envolto em papel alumínio à 4°C (Traboulsi *et al.*, 2002).

CRIAÇÃO DO INSETO LAGARTA-DO-CARTUCHO DO MILHO (S. FRUGIPERDA)

A criação de lagartas foi realizada utilizando a dieta artificial conforme Kasten-Junior (1978). Mantidas em câmara climatizada regulada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ com fotofase de 12 horas.

Foram utilizadas lagartas de 1º ínstar com 48 horas de vida e lagartas de 3º ínstar com 10 dias (peso médio 78,15 mg).

Para a realização dos testes foram utilizadas folhas de milho cultivadas em estufa que após terem sido tratadas, serviram de alimento para as lagartas.

BIOENSAIOS COM LAGARTAS DE 3º E DE 1º ÍNSTAR

TESTE POR INGESTÃO

Para os testes com lagartas de 3º ínstar, os tratamentos foram preparados diluindo-se o óleo essencial em acetona nas concentrações de 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 e 50,0 mg/mL e a testemunha com acetona, somando no total de oito tratamentos. As seções foliares de milho, cultivadas em estufa com aproximadamente trinta dias, foram cortadas em pedaços de 10 cm² e mergulhadas por dois segundos nos respectivos tratamentos. Após a total evaporação do solvente, estas foram transferidas uma a uma para tubos de ensaios de 15 cm de altura por 3 cm de diâmetro e vedadas com algodão, que receberam uma lagarta. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, com seis lagartas individualizadas (Borgoni & Vendramim, 2005). As seções foliares foram pesadas e trocadas por novas folhas de 12 em 12 horas até o final do experimento, a fim de calcular o consumo alimentar. O cálculo da porcentagem de redução alimentar (%RA) foi

realizado utilizando a fórmula $RA = [1 - (\text{consumo das lagartas em folhas tratadas} / \text{consumo das lagartas na testemunha}) \times 100]$ de acordo com Reina *et al.* (2001). Avaliaram-se a mortalidade e a deterrência alimentar das lagartas às 24, 48 e 96 horas após a realização do experimento.

Para lagartas de 1º ínstar, os tratamentos foram preparados diluindo-se o óleo essencial em acetona nas concentrações de 0,25; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 10,5; 20,0 e 30,0 mg/mL e uma testemunha com acetona, somando no total dez de tratamentos. Este teste foi semelhante ao realizado para lagartas do 3º ínstar, sendo avaliado apenas a mortalidade dos indivíduos.

TESTE POR CONTATO TÓPICO

O teste por contato tópico foi realizado apenas com lagartas de 3º ínstar. Os tratamentos consistiram na diluição do óleo essencial em acetona, obtendo-se as concentrações 625, 500, 375, 250, 125, 50 e 25 mg/mL e uma testemunha com acetona. O bioensaio consistiu na aplicação 1,0 µL de cada tratamento na parte protorácica do inseto. As lagartas foram separadas em grupos de três indivíduos em copos plásticos de 50 mL contendo a mesma dieta artificial da criação de manutenção. Foram realizadas dez repetições para cada tratamento, sendo três lagartas por repetição. Avaliou-se a toxicidade aguda do óleo essencial, pela contagem de lagartas mortas após 24, 48 e 96 horas (Hummelburnner & Isman, 2001).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de mortalidade dos bioensaios, contabilizados às 24, 48 e 96 horas, foram submetidos à análise estatística (regressão não linear), sendo empregado o modelo Logístico disponível no pacote drc (Analysis of Dose-Response Curves) (Ritz & Streibig, 2005), compilada pelo software R® (2008). A escolha foi baseada nas análises de resíduo, estimando-se os valores das concentrações letais (CL₅₀), concentrações de deterrência alimentar (CD₅₀) e doses letais (DL₅₀) com intervalo de confiança (95%) pelo teste qui quadrado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

De acordo com a análise cromatográfica, verificou-se que o óleo essencial de pimenta-longa apresentou como composto majoritário o safrol (82,0 %) e em baixas concentrações o α-pineno (0,6%), δ-3-careno (1,4%) e α-terpinoleno (13,5%).

BIOENSAIOS COM LAGARTAS

Pelos dados descritos na Tabela 1, pode-se observar os valores das concentrações letais encontrados para o óleo essencial de pimenta-longa sobre *S. frugiperda* de 1º ínstar

com $CL_{50} = 18,2$ mg/mL no intervalo de tempo de 24 horas e de 16,2 mg/mL após as 96 horas, com intervalo de confiança de 95%.

Durante o experimento, no intervalo de tempo de 24 horas, não foi observado mortalidade nas testemunhas e nas concentrações de 0,25 a 2,5 mg/mL, as lagartas não se alimentaram das folhas, ocorrendo apenas a mordida de prova.

Para lagartas de 3º ínstar, observou-se mortalidade com valores superiores das concentrações letais no intervalo de tempo de 24 horas em relação às lagartas de 1º ínstar, provavelmente este fato ocorreu devido a menor sensibilidade das lagartas neste ínstar larval. Contudo, na última avaliação, após 48 horas, a CL_{50} foi de 17,0 mg/mL foi próxima aos encontrados para as lagartas de 1º ínstar como pode se observar pelos dados descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentração Letal (CL_{50}) às 24, 48 e 96 horas e intervalos de confiança ($IC_{95\%}$), graus de liberdade (GL) e qui quadrado (χ^2), para o teste de ingestão (lagartas de 1º e 3º ínstar) com folhas de milho tratadas com óleo essencial de *P. hispidinervum*

	Horário de avaliação	CL_{50} ($IC_{95\%}$) (mg/mL)	GL	χ^2
Lagartas de 1º ínstar	24h	18,2 (16,8 - 19,7)	47	41,475
	48h	17,9 (15,9 - 20,2)	47	34,153
	96h	16,2 (14,4 - 18,4)	47	36,091
Lagartas de 3º ínstar	24h	28,3 (24,3 - 32,9)	37	41,408
	48h	17,0 (13,7 - 21,1)	33	24,762
	96h	9,4 (7,9 - 11,1)	33	26,847

O óleo essencial de pimenta-longa também ocasionou redução no consumo alimentar das lagartas, os valores apresentados na tabela 2, mostram as concentrações que causaram redução de 50% na alimentação. Na primeira avaliação às 24 horas a CD_{50} foi de 8,1 mg/mL, enquanto que as 48 aumentou para 13,9 mg/mL, mostrando que após as primeiras 24 horas as lagartas consumiram mais tentando superar o efeito deterrente apresentado pelo óleo essencial aderido na folha de milho, contudo após as 96 horas houve novamente uma diminuição, apresentando uma CD_{50} de 7,2 mg/mL.

Resultados semelhantes na literatura relataram à atividade deterrente dos fenilpropanóides safrol e isosafrol, sendo o primeiro composto encontrado no óleo essencial de pimenta-longa, os quais também se mostraram efetivos no ensaio de contacto e alimentar causando mortalidade em pragas de grãos armazenados, *Sithophilus zeamais* (Mots.) e *Tribolium castaneum* (Herbst.) por Huang *et al.* (1999). Posteriormente, estudos realizados por Harmatha & Nawrot (2002) avaliando vários compostos dentre fenilpropanóides e lignanas,

Tabela 2 - Concentração de deterrência alimentar (CD_{50}) às 24, 48 e 96 horas e intervalos de confiança ($IC_{95\%}$), graus de liberdade (GL) e qui quadrado (χ^2), para o teste de ingestão (lagartas de 3º ínstar) com folhas de milho tratadas com óleo essencial de *P. hispidinervum*

Horário de avaliação	CD_{50} ($IC_{95\%}$) (mg/mL)	GL	χ^2
24h	0,81 (0,46 - 1,41)	266	272,0
48h	1,39 (1,15 - 1,68)	273	280,0
96h	0,72 (0,52 - 0,98)	145	150,0

mostraram que o safrol e outros compostos constituídos de grupos substituintes não polares (metilenodioxí) causaram alta atividade deterrente alimentar para os insetos *S. granarius* (L.), *T. confusum* (Duv.) e *Trogoderma granarium* (Ev.).

Os dados da Tabela 3 mostram toxicidade aguda do óleo essencial de pimenta-longa, observados no teste de contato tópico para a lagarta-do-cartucho com $DL_{50} = 277,91$ µg/lagarta, com intervalo de confiança de 95%, após 96 horas.

Durante o desenvolvimento do bioensaio, foi observado que logo após o contato tópico do óleo essencial nas concentrações 375, 250, 125 mg/mL as lagartas (3º ínstar) apresentaram agitação e convulsões. Algum tempo depois, foi observado o efeito *knock-down*, em que as lagartas ficaram imóveis por aproximadamente oito horas e em seguida voltaram a sua atividade normal. Estes sintomas são semelhantes aos apresentados por insetos com intoxicação neurotóxica. De acordo com Ennan *et al.* (1998), alguns compostos presentes em óleos essenciais (terpenóides e fenilpropanóides) podem bloquear a octopamina, um neurotransmissor de insetos que possui funções similares da adrenalina em vertebrados. O efeito *knock-down*, bem como a toxicidade e repelência do safrol, isosafrol e de outros fenilpropanóides e diferentes terpenos foram relatadas por Ngho *et al.* (1998), os quais evidenciaram que o safrol foi o composto que apresentou maior repelência, além de alta toxicidade por fumigação e contacto sobre *Periplaneta americana* (L.). Infere-se, portanto, que o safrol presente no óleo essencial de pimenta-longa, possa estar agindo da mesma maneira bloqueando a octopamina acarretando o efeito *knock-down* observado.

Pesquisas realizadas por Hummelburnner & Isman (2001), avaliando a toxicidade aguda de vários compostos presentes em óleos essenciais em larvas de *Spodoptera litura* (Fab.), encontraram valores para DL_{50} de 25,4; 42,7 e 311,4 µg/lagarta, para os fenilpropanóides timol, carvacrol e álcool

Tabela 3 - Dose letal (DL_{50}) às 24, 48 e 96 horas e intervalos de confiança ($IC_{95\%}$), graus de liberdade (GL) e qui quadrado (χ^2), para o teste de contacto tópico (lagartas de 3º ínstar) com óleo essencial de *P. hispidinervum*

Horário de avaliação	DL_{50} ($IC_{95\%}$) (µg/lagarta)	GL	χ^2
24h	361,38 (320,22 - 407,83)	68	50,315
48h	264,54 (267,46 - 324,36)	68	60,054
96h	277,91 (251,73 - 305,80)	68	53,217

cinâmico respectivamente, com avaliação após 24 horas. Observa-se que estes valores foram próximos ao encontrado neste estudo ($DL_{50} = 361,38 \mu\text{g/lagarta}$), para o mesmo intervalo de tempo.

Os óleos essenciais podem atuar em enzimas digestivas e neurológicas bem como interagir com o tegumento do inseto (Isman, 2006). Kim *et al.* (2003) demonstraram a importância da relação entre a estrutura química e atividade biológica dos compostos; quanto maior a lipofilicidade, maior a penetração no tegumento do inseto. Compostos como o (E)-nerolidol e (E)-anetol presentes óleo essencial de *Tagetes minuta* (Asteraceae) se mostraram tóxicos e capazes de provocar um desarranjo nos filamentos de actina e miosina em de piolhos *Pediculus humanus capitis* (Cestari *et al.*, 2004). Simas *et al.* (2004), avaliando a susceptibilidade de alguns compostos em larvas de *Aedes aegypti* (L.) de terceiro ínstar encontraram CL_{50} de 49,0 ppm para o safrol, 44,5 ppm para o eugenol e de 24,4 ppm para o aldeído cinâmico. Aparentemente um sistema menos nucleofílico como o do aldeído cinâmico provavelmente contribua mais para a atividade larvicida observada.

Estrela *et al.* (2006) e Fazolin *et al.* (2007), avaliando o óleo essencial de pimenta-longa por aplicação tópica, encontraram $DL_{50} = 0,04 \mu\text{L/mg}$ e $0,00025 \mu\text{L/mg}$ para adultos de *S. zeamais* e larvas de *Tenebrio molitor* (L.) respectivamente, no intervalo de tempo de 48 horas. Considerando a que a densidade deste óleo é de $1,096 \text{ g/mL}$ e o peso médio deste do inseto em estudo de 78,15 mg, a $DL_{50} = 264,54 \mu\text{g/lagarta}$, deveria ser de $3,385 \mu\text{L/mg}$, ou seja, a lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* necessita de doses mais elevadas do óleo essencial de pimenta-longa para apresentar os mesmos valores de mortalidade de *S. zeamais* e *T. molitor*.

CONCLUSÃO

A análise cromatográfica revelou como constituinte majoritário do óleo essencial de pimenta-longa o safrol (82%). Os bioensaios demonstraram sua atividade inseticida para *S. frugiperda*, causando mortalidade e redução alimentar pelo teste de ingestão e toxicidade aguda pelo teste de aplicação tópica, sendo também observados sintomas de neurotoxicidade, como agitação, hiperatividade e o efeito *knock-down*.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Adams, R.P. 1995. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*, Allured Publishing Corporation, Illinois. 469pp.

Barreiro, E.J.; Fraga, C.A.M. 1999. *A utilização do safrol, principal componente químico do óleo de sassafrás, na síntese de substâncias bioativas na cascata do ácido araquidônico: anti-inflamatórios, analgésicos e anti-trombóticos*. *Química Nova*, 22(5): 744-759.

Bergo, C.L.; Mendonça, H.A.; Silva, M.R. 2005. *Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (Piper hispidinervum C. DC.) no rendimento de óleo essencial*. *Acta Amazonica*, 35(2): 111-117.

Borgoni, P.C.; Vendramim, J.D. 2005. Efeito Subletal de Extratos Aquosos de *Trichilia* spp. Sobre o Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Milho. *Neotropical Entomology*, 34(2): 311-317.

Castro, D.P.; Cardoso, M.G.; Moraes, J.C.; Santos, N.M.; Baliza, D.P. 2006. Não preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 8(4): 27-32.

Cestari, I.M.; Sarti, S.J.; Waid, C.M.; Branco-Junior, A.C. 2004. Evaluation on the potential insecticide activity of *Tagetes minuta* (Asteraceae) essential oil against the head lice *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). *Neotropical Entomology*, 33(6): 805-807.

Ennan, E.; Beigler, M.; Kende, A. 1998. *Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effects on octopamine receptors*. In: *International Symposium on Plant Protection*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. Gent, Belgium.

Estrela, J.L.V.; Guedes, R.N.C. Maltha, C.R.A.; Magalhães, L.C.; Fazolin, M. 2005. Toxicidade de amidas análogas à piperina para *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Magistra*, 17(2): 69-75.

Estrela, J.L.V.; Fazolin, M.; Catani, V.; Alécio, M.R.; Lima, M.S. 2006. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(2): 217-222.

Harmatha, J.; Nawrot, J. 2002. Insect feeding deterrent activity of lignans and related phenylpropanoids with a methylenedioxyphenyl (piperonyl) structure moiety. *Journal Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104(1): 51-60.

Huang, Y.; Ho, S.H.; Kini, M. 1999. Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 92(3): 676-683.

Hummelbrunner, L.A.; Isman, M.B. 2001. Acute, Sublethal, Antifeedant, and Synergistic Effects of Monoterpenoid Essential Oil Compounds on the Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal Agricultural Food Chemistry*, 49(2): 715-720.

Isman, M.B. 2000. Plant essential oil for pest and disease management. *Crop protection*, 19: 603-608.

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

Kasten-Junior, P.; Precetti, A.A.C.M.; Parra, J.R.P. 1978. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em duas dietas artificiais e substrato natural. *Revista de Agricultura*, 53(12): 68-78.

- Kim, E.H.; Kim, H.K.; Choi, D.H.; Ahn, Y.J. 2003. A acaricidal activity of clove bud oil compounds against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari:Acariidae). *Applied Entomology and Zoology*, 38(2): 261-266.
- Labinas, M.A.; Crocomo, W.B. 2002. Effect of java grass (*Cymbopogon winteranus*) essential oil on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae). *Acta Scientiarum*, 24(5): 1401-1405.
- Lima, F.W.N.; Ohashi, O.S.; Souza, F.R.S.; Gomes, F.S. 2006. Avaliação de acessos de milho para resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. *Acta Amazonica*, 36(2): 147-150.
- Lima, R.K. 2006. Caracterização química e bioatividades do óleo essencial de folhas de goiabeira sobre a lagarta-do-cartucho do milho. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. 56pp.
- Price, D.N.; Berry, M.S. 2006. Comparison of effects of octopamine and insecticidal essential oils on activity in the nerve cord, foregut, and dorsal unpaired median neurons of cockroaches. *Journal of Insect Physiology*, 52: 309-319.
- Munerato, M.C.; Sinigaglia, M.; Reguly, M.L.; Andrade, H.H.R. 2005. Genotoxic effects of eugenol, isoeugenol and safrole in the wing spot test of *Drosophila melanogaster*. *Mutation research*, 582(1-2): 87-94.
- Ngoh, S.P.; Choo, L.; Pang, F.Y.; Huang, Y.; Kini, M.R.; Ho, S.H. 1998. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.). *Pesticide Science*, 54(3): 261-268.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <http://www.R-project.org>. Acesso em 02/04/2008.
- Reina, M.; González-Coloma, A.; Gutiérrez, C.; Cabrera, R.; Rodríguez, M.L.; Fajardo, V.; Villarreal, L. 2001. Defensive Chemistry of *Senecio miser*. *Journal of Natural Products*, 64(1): 6-11.
- Ritz, C.; Streibig, J.C. 2005. Bioassay Analysis using R. *Journal Statistical Software*, 12(5): 1-22.
- Saito, M.L.; Pott, A.; Ferraz, J.M.G.; Nascimento, R.S. 2004. Avaliação de Plantas com Atividade Deterrente Alimentar em *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) e *Anticarsia gemmatilis* Hubner. *Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, 14: 1-10.
- Silva, D.M.; Bastos, C.N. 2007. Antifungal activity of essential oils of Piper species against *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* and *Phytophthora capsici*. *Fitopatologia Brasileira*, 32(2): 143-145.
- Simas, N.K.; Lima, E.C.; Conceição, S.R.; Kuster, R.M.; Oliveira Filho, A.M.; Lage, C.L.S. 2004. Produtos Naturais para o controle da transmissão da dengue – Atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenóides e fenilpropanóides. *Química Nova*, 27(1): 46-49.
- Strunz, G.M.; Finlay, H. 1994 Concise, efficient new synthesis of piperide, an insecticidal unsaturated amide from *Piper nigrum*, and related compounds. *Tetrahedron*, 50(38): 11113-11122.
- Traboulsi, A.F.; Taoubi, K.; El-Haj, S.; Bessiere, J.M.; Ramal, S. 2002. Insecticidal properties of essential plants oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Management Science*, 56(3/4): 211-215.
- Valicente, F.H.; Cruz, I. 1991. Controle biológico da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculovírus. EMBRAPA, (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, n. 15). 23pp.
- Yu, S.J.; Nguyen, S.N.; Abo-Elghar, G.E. 2003. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 77(1): 1-11.

Recebido em 01/08/2008

Aceito em 30/10/2008