

TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTO E CITRONELA SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (Coleoptera: Curculionidae)

TOXICITY OF ESSENTIAL OILS OF EUCALYPTUS AND CITRONELLA ON *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)

Marcio Akio OOTANI¹; Raimundo Wagner de Souza AGUIAR²; Aurélio Vaz de MELLO¹; Julcemar DIDONET²; Augustus Caesar Franke PORTELLA²; Ildon Rodrigues do NASCIMENTO²

1. Engenheiro Agrônomo, Mestre em produção vegetal. ootani667@hotmail.com; 2. Professor, Doutor, Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, TO, Brasil. rwsa@uft.edu.br

RESUMO: As análises realizadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas CG/EM apresentou o citronelal como o principal fitoconstituente dos óleos essenciais de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, e *Cymbopogon nardus* (L.), com 61,78 e 36,53%, respectivamente. A toxicidade dos óleos essenciais e do citronelal foi verificada para *Sitophilus zeamais* por meio das estimativas das curvas de concentrações resposta e tempos de exposição letais para 50 e 95% dos insetos (CL₅₀, CL₉₅, TL₅₀ e TL₉₅). A toxicidade do citronelal foi maior para *S. zeamais*, com CL₅₀ e CL₉₅ de 0,340 e 0,820 µL/cm² e TL₅₀ e TL₉₅ de 11,89 e 59,50h, respectivamente. A repelência de *S. zeamais* foi maior para os óleos essenciais de *C. nardus* e *C. citriodora* nas concentrações de 0,660; 0,881; 1,101 e 1,321 µL/cm² com 86,6 a 98,8%. O número de insetos emergidos dos grãos pulverizados com os óleos essenciais foi maior para o citronelal nas concentrações de 0,330; 0,440; 0,550, e 0,660 µL/cm². A redução da massa de grãos foi menor para aqueles grãos tratados com *C. citriodora* e *C. nardus*. Óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* podem proteger produtos armazenados pelo dano causado por *S. zeamais*.

PALAVRAS - CHAVE: Gorgulho do milho. Grãos armazenados. Inseticidas botânicos.

INTRODUÇÃO

Preocupações com a saúde humana e os problemas ambientais causados pelos inseticidas sintéticos usados na agricultura, intensificaram estudos para se encontrar alternativas seguras, eficientes e viáveis no controle de insetos-praga. Plantas com propriedades inseticidas apresentaram menor toxicidade para o homem e maior biodegradabilidade comparados aos inseticidas sintéticos e, por isto, as mesmas foram consideradas apropriadas para serem usadas por pequenos agricultores na proteção dos produtos armazenados (DAYAN et al., 2009).

A proteção de grãos armazenados pelos danos causados por insetos pode ser realizada com o uso de produtos vegetais, como o extrato de folhas secas de nim (*Azadirachta indica*), misturado aos grãos ou aplicação direta desses produtos sobre a massa de grãos. Os efeitos tóxicos dos extratos botânicos podem ser devidos à presença de metabólitos secundários que afetam o desenvolvimento dos insetos praga presentes na massa de grãos (MICHAELRAJ; SHARMA, 2006). Esses metabólitos podem apresentar propriedades lipofílicas, que inibem os processos fisiológicos e bioquímicos (NERIO et al., 2009; BATISH et al.,

2008; PAPACHRISTOS; STAMOPOULOS, 2004; PARK et al., 2003)

A toxicidade dos óleos essenciais de *Corymbia citriodora* Hill e Johnson (*Eucalyptus citriodora* Hook) e *Cymbopogon nardus* (L.), tem sido verificada para o controle de *Sitophilus oryzae* Lin. (Coleoptera: Curculionidae), *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae), devido à presença de monoterpenos e sesquiterpenos (ISMAN, 2006; TINKEU et al., 2004). A produção de metabólitos secundários pode variar com as relações ecológica e genética da planta e estímulos bióticos e abióticos proporcionado pelo meio ambiente, que podem ativar genes biossintéticos que sintetizam substâncias de defesa após injúria causada por microrganismos ou insetos e mudanças sazonais (CASTRO et al., 2010; MARCO et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade dos óleos essenciais de Citronela *C. nardus* e Eucalipto *C. citriodora* e do composto majoritário citronelal sobre *S. zeamais*.

MATERIAL E MÉTODOS

Criação de *Sitophilus zeamais*

A população de *S. zeamais* foi obtida de armazém no município de Gurupi em Tocantins e

deixada por quatro gerações até o começo dos bioensaios. Esses insetos foram mantidos em grãos de milho EMBRAPA-CNPM BRS 3060, que foram obtidos das plantações orgânicas da Universidade Federal do Tocantins. Os bioensaios foram realizados no laboratório de Manejo Integrado de Pragas em câmara do tipo B.O.D (*Biochemical oxygen demand*) com temperatura de $28,7 \pm 1,12^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $61,3 \pm 2,6\%$ e fotoperíodo de 12 horas, em recipientes de vidro fechados com tampa de plástico perfurada e revestida, internamente, com tecido do tipo nylon para aeração. O confinamento dos insetos foi realizado durante 15 dias para os mesmos colocarem posturas. Posteriormente, esses insetos foram retirados e os recipientes estocados até a emergência da geração F₁. Esse procedimento foi realizado por sucessivas gerações para obtenção do número suficiente de adultos.

Obtenção dos óleos essenciais de *Corymbia citriodora* e *Cymbopogon nardus*

Plantas de *C. nardus* foram colhidas na horta de plantas medicinais no Campus Universitário de Gurupi em Tocantins em setembro de 2009 e *C. citriodora* na empresa JAMP Agropecuária, Reflorestamento, Indústria e Comércio Ltda em Gurupi, Gurupi/TO. O óleo essencial de citronela foi extraído de 300g de folhas picadas, acondicionadas em um hidrodestilador modelo do tipo Clevenger de volume de 1L. O composto majoritário citronelal usado nos bioensaios foi obtido da empresa Sigma-Aldrich do Brasil Ltda situada em São Paulo com 85% de grau de pureza, em frasco de 100 mL.

Identificação por Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massa (CG/EM)

A identificação dos óleos essenciais foi realizada com Hewlett Packard 5890 SERIES equipado com detector de ionização (FID) e J & W Scientific DB-5. O índice de retenção foi obtido após aplicação de amostra de óleo essencial com mistura de hidrocarbonetos lineares C₁₁-C₂₄ (índice de retenção variando de 900 a 1099 obtido por extrapolação). Análise dos óleos essenciais por CG/EM foi realizada com aparelho Shimadzu QP5050 quadrupole com coluna de capilaridade com sílica (30m x 0,25mm x 0,25µm).

Programou-se a temperatura da coluna para 40°C por 2 min, variando de 220°C min⁻¹, aumentando para 280°C à 20°C min⁻¹ para integração. As temperaturas do injetor e detector foram de 250°C e 280°C, respectivamente. O hélio foi utilizado como carreador gasoso e fluxo de

1,50mL min⁻¹, (1:50). O espectro de massa foi obtido a 70 eV e a velocidade de leitura foi 0,50scan s⁻¹ de m/z 40 à 650. A identificação dos constituintes foi realizada por comparação dos índices de retenção (VANDENDOLL; KRATZ, 1963) e por comparação computadorizada do espectro de massa obtido com aqueles da biblioteca de espectro de massas do NIST do banco de dados GC/EM (ADAMS, 2007).

Bioensaios de concentração resposta

Bioensaios de concentração resposta foram realizados em frasco cilíndrico de vidro transparente de 20 mL de volume, com área interna de 27cm². Para se determinar a CL₅₀ e CL₉₅ dos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* e do constituinte majoritário citronelal, os mesmos foram diluídos em acetona, nas concentrações de 0,185; 0,370; 0,555; 0,740; 0,925; 1,111 e 1,296 µL/cm², com quatro repetições com 20 insetos adultos para cada concentração mais testemunha com acetona, aplicados nos recipientes de vidro e submetidos à rotação até volatilização da acetona para a impregnação uniforme dos óleos essenciais na parte interna do frasco. Em seguida, 20 insetos adultos não sexados de *S. zeamais* foram colocados nesses frascos e tampados com tecido de nylon para deixar a troca gasosa. Avaliações de mortalidade de insetos foram realizadas após 12 e 24 horas de exposição aos óleos essenciais.

Bioensaios de tempo de resposta

Os bioensaios de tempo de resposta foram realizados com aplicação direta dos óleos essenciais em 50g de milho em potes de 227cm² com 50 insetos com o tempo de exposição (12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96 e 120h), para cada concentração dos óleos essenciais, sendo para *C. nardus* e *C. citriodora* (0,660; 0,881; 1,101 e 1,321µL/cm²), respectivamente.

Os tempos de exposição para o composto citronelal (1, 6, 12, 18, 24, 30, 36h) e as concentrações (0,330; 0,440; 0,550 e 0,660µL/cm²) com quatro repetições, com 20 insetos adultos para cada concentração mais testemunha (água) respectivamente. Os bioensaios foram realizados em câmaras de incubação com fotoperíodo de 10h de escuro e 14h de luz a temperatura de 28 °C.

Dados dos bioensaios de concentração resposta (CL₅₀ e CL₉₅) e tempo resposta (TL₅₀ e TL₉₅) foram submetidos à análise de Probit (probit analysis), usando o programa Pólo Plus 2.0, o que gerou as curvas de concentração-resposta e tempo-resposta.

Bioensaios de Repelência

Os bioensaios de repelência de *S. zeamais* foram realizados com os óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* (1,101; 1,321 e 0,660; 0,881 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$), respectivamente e citronelal (0,330; 0,440; 0,550 e 0,660 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$). Cinquenta insetos foram liberados em teste de chance de escolha, e o percentual de repelência foi calculado com modelo matemático (NERIO et al., 2009). O percentual de repelência pelos óleos essenciais foram avaliados após 24h de avaliação e esses dados foram submetidos a análise de média e comparados com o teste de Tukey a 5% de probabilidade com o programa computacional SAS 9.1.3.

Outros procedimentos experimentais

O teste da emergência de *S. zeamais* foi realizado em grãos de milho da variedade BRS 3060 em potes de 227 cm^2 , com 50g de milho pulverizados com óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* nas concentrações 0,660; 0,881; 1,101 e 1,321 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e citronelal nas concentrações 0,330; 0,440; 0,550 e 0,660 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$. Enquanto para a análise de redução da massa de grãos, foram

utilizados os mesmos procedimentos descritos anteriormente, com pulverização dos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* nas concentrações 0,066 e 0,132 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$. Todos os experimentos consistiram de quatro repetições contendo 50 insetos adultos não sexados mais testemunha (1000 μL de água). O número de insetos emergidos foi avaliado após 21, 42 e 63 dias do tratamento e a redução da massa de grãos foi avaliada após 35 e 45 dias da aplicação dos óleos essenciais. Os dados foram submetidos a análise de média comparado pelo teste de Tukey a 95% de significância com o programa computacional SAS 9.1.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises dos óleos essenciais feitas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas indicaram os prováveis fitoconstituintes e seus respectivos percentuais na composição dos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química, concentrações (%) e índices de Kovats (calculado e tabelado) para os óleos essenciais de *Cymbopogon nardus* e *Corymbia citriodora*

Composto químico	Concentrações (%)		Índices de Kovats	
	<i>Cymbopogon nardus</i>	<i>Corymbia citriodora</i>	IKtab	IKcalc
β -pineno	-	2,83	980	980
1,8-Cineol	-	3,44	1033	1027
Isopulegol	1,40	15,54	1146	1144
Citronelal	36,53	61,78	1153	1152
β -citronelol	13,10	7,90	1228	1229
(Z)-Carriofileno	-	2,13	1404	1399
Geraniol	25,56	-	1255	1249
Acetato citroneliol	2,22	-	1354	1351
Acetato de geraniol	1,51	-	1383	1386
Germacreno-D	0,69	-	1480	1489
Delta cadileno	1,09	-	1524	1516
Elemol	8,24	-	1549	1548
Germecreno-D-4-ol	1,64	-	1574	1573
Total	91,98	93,62	-	-

IKtab = índice de Kovats tabelado / IKcal = índice de Kovats calculado (ADAMS, 1995)

Treze constituintes foram encontrados em concentrações acima de 1%. O citronelal foi o composto majoritário no óleo essencial de *C. citriodora* com 61,78%, seguido do isopolegol com 15,58%. Por outro lado, o citronelal foi composto predominante no óleo essencial de *C. nardus* com 36,53%, seguido do geraniol com 25,56% e β -citronelol com 13,10% (Tabela 1). Esses óleos essenciais tiveram mais de 80 substâncias identificadas, mas o citronelal, citronelol, geraniol e

ésteres foram os predominantes em *C. nardus* (MARCO et al., 2007).

A concentração resposta dos óleos essenciais para *S. zeamais* mostrou maior expressividade para o constituinte citronelal, com CL_{50} e CL_{95} de 0,340 e 0,820 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, respectivamente diferindo-se em mais 40% da CL_{50} e CL_{95} dos óleos essenciais de *C. nardus* e *C. citriodora* (Tabela 1). Desse modo, observa-se que na análise estatística realizada com citronelal,

verifica-se que os intervalos fundiciais dos CL₅₀ e CL₉₅ para *S. zeamais* não se sobrepuseram aos resultados dos intervalos fundiciais dos demais óleos essenciais; então, *S. zeamais* apresentou maior susceptibilidade ao constituinte citronelal isoladamente.

A diferença entre óleos essenciais na toxicidade de *S. zeamais* pode estar associada à concentração dos constituintes. No entanto, a bioatividade está relacionada com a concentração e a predominância dos constituintes. A concentração dos constituintes pode ser atribuída ao efeito tóxico,

que em menores concentrações, como limoneno possui efeito tóxico para *C. chinensis* e *S.* (PARK et al., 2003). Conforme os resultados obtidos demonstram que a toxicidade dos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* apresentadas para *S. zeamais* está associado ao constituinte citronelal, diferindo assim, na concentração e na toxicidade dos óleos (Tabela 1 e 2). Estudos demonstram que o citronelal foi constituinte determinante na toxicidade de *C. citriodora* para *S. zeamais* (TINKEU et al., 2004).

Tabela 2. Concentração letal necessária para se controlar 50% e 95% da população de *Sitophilus zeamais* submetido ao efeito dos óleos essenciais de *Cymbopogon nardus* e *Corymbia citriodora* e do constituinte citronelal

Óleos essenciais	Inclinação ± EPM	CL ₅₀ (µL/cm ²)	IF (CL ₅₀)	CL ₉₅	IF (CL ₉₅)	X ²	P
<i>C. citriodora</i>	38,070 ± 5,120	0,740*	0,918-0,809	1,180*	1,080-1,320	4,37	0,0500
<i>C. nardus</i>	30,964 ± 4,379	0,820**	0,749-0,900	1,349**	1,229-1,540	1,60	0,0001
Citronelal	38,014 ± 5,288	0,340*	0,289-0,600	0,800*	0,680-1,109	2,56	0,0550

EPM = Erro padrão da média; CL = concentração letal (µL/cm²); IF = Intervalo Finducial a 95% de probabilidade; X² = Qui-quadrado; P = Probabilidade.

O tempo resposta (TL₅₀ e TL₉₅) para *S. zeamais* referente aos óleos essenciais de *C. nardus* e *C. citriodora* são apresentados na Tabela 3. Observou-se que o TL₅₀ de *C. citriodora* para as concentrações 0,660; 0,881; 1,101 e 1,321 µL/cm², variaram de 9,22 a 49,22 horas. Enquanto, o TL₅₀ de *C. nardus*, variou de 12,77 a 51,94 horas.

Comparativamente, o TL₅₀ do constituinte citronelal para as concentrações de 0,330; 0,440; 0,550 e 0,660 µL/cm²; variaram de 1,39 a 11,89 horas. Os TL₉₅ foram de 44,49 a 131,21 horas para *C. nardus* e de 41,11 a 129,180 horas para *C. citriodora* e de 7,81 a 59,50 horas para citronelal, nas respectivas concentrações descritas anteriormente.

Tabela 3. Tempo (h) necessário para se controlar 50% e 95% da população sobre o efeito dos diferentes óleos essenciais *Cymbopogon nardus* e *Corymbia citriodora* e do constituinte citronelal na mortalidade de *Sitophilus zeamais*.

Óleos essenciais	Conc. (µL/cm ²)	Inclinação ±EPM	TL ₅₀ (horas)	IF (TL ₅₀)	TL ₉₅ (horas)	IF (TL ₉₅)	X ²	P
<i>C. citriodora</i>	0,660	3,92 ± 0,43	49,22	32,9-64,40	129,18	91,0-330,2	3,03	0,100
	0,881	2,81 ± 0,42	24,75	17,6-30,50	95,17	76,3-136,0	2,54	0,325
	1,101	3,85 ± 0,64	23,98	18,3-28,30	63,99	52,7-89,1	1,16	0,199
	1,321	2,53 ± 0,74	9,22	1,30-16,00	41,11	30,1-63,4	0,70	0,236
<i>C. nardus</i>	0,660	4,08 ± 0,44	51,94	36,3-66,90	131,21	94,0-310,5	5,09	0,987
	0,881	4,77 ± 0,62	27,95	17,1-36,20	61,80	46,4-125,5	0,54	0,181
	1,101	3,55 ± 0,48	27,28	21,6-32,00	79,17	67,798,6	0,42	0,140
	1,321	3,03 ± 0,74	12,77	6,1-17,80	44,49	35,2-65,6	0,74	0,249
Citronelal	0,330	1,27 ± 0,14	11,89	6,4-19,4	59,50	56,61-114,05	1,69	0,424
	0,440	1,13 ± 0,13	5,63	2,40-9,50	32,13	18,54-59,33	3,18	0,795
	0,550	0,88 ± 0,13	1,38	0,20-3,00	7,81	4,85-9,22	2,03	0,508

Conc.=Concentração; EPM = erro padrão da media; TL = Tempo letal (horas); IF = Intervalo Fiducial a 95% de probabilidade; X² = Qui-quadrado; P = Probabilidade.

Em todos os bioensaios verificou-se que o tempo de exposição foi altamente dependente das concentrações dos óleos essenciais, sendo mais expressivo para o constituinte citronelal purificado, com menos da metade do tempo e da concentração para proporcionar o mesmo efeito dos óleos de *C. nardus* e *C. citriodora*. De acordo com os resultados obtidos da cromatografia (Tabela 1), observa-se que o citronelal é o principal constituinte dos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus*. Justificando assim, a alta toxicidade dos óleos essenciais para *S. zeamais* no presente trabalho.

Kim et al. (2003) destacaram que destilados das folhas de *C. nardus* (rico em citronelal) foi altamente tóxicos para o acaro *Tyrophagus putrescentiae* Schrank (Astigmata: Acaridae) de produtos alimentícios. Enquanto, Calderone et al. (1997) observaram que o constituinte timol com citronelal foi a mais ativa contra o ácaro *Varroa jacobsoni* Oudemans (Acari: Mesostigmata: Varroidae). Com relação à toxicidade de citrolelal foi verificada para *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) mortalidade de 85,5-94,5% no período

de 48 horas (HAO et al., 2008; JAENSON et al., 2006; PARK et al., 2005; YANG et al., 2004; TINKEU et al., 2004), estes resultados corroboram com os resultados obtidos neste trabalho, que demonstram alta toxicidade do constituinte citronelal para *S. zeamais*.

A repelência do *S. zeamais* promovida pelos óleos essenciais de *C. nardus* e *C. citriodora* foram semelhantes estatisticamente ($P < 0,05$) nas concentrações de 0,660; 0,881; 1,101 e 1,321 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$; com porcentagem de repelência de 86,6 a 98,8%. O constituinte citronelal foi o menos expressivo com repelência de 67,6 a 95,3 % para as concentrações de 0,330 a 0,660 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) dos demais tratamentos (Figura 1). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Nerio et al. (2009). Observou-se que a repelência de *S. zeamais* para os óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. citratus* é dependente da concentração dos óleos, com mais de 90% de repelência dos insetos para a concentração de 0,503 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$.

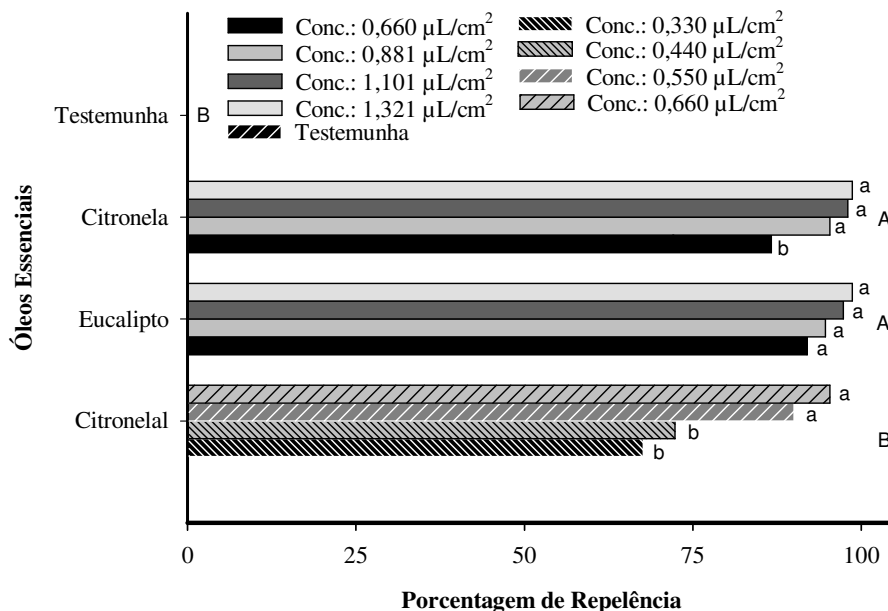


Figura 1. Efeito de repelência dos óleos essenciais de *Cymbopogon nardus* e *Corymbia citriodora* e do composto Citronelal sobre *Sitophilus zeamais* em teste de livre escolha após um período de 24 horas de exposição dos insetos. Média seguida da mesma letra, Maiúscula entre óleos, minúscula entre concentrações, não diferem, entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Atividades de repelência promovidas por óleos essenciais já foram verificadas para diferentes tipos de insetos de grãos armazenados como *Callosobruchus maculatus* Fabr. (Coleoptera: Bruchidae) (RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008). Sendo observado também que a constituição do óleo é um fator determinante para a repelência dos insetos, como observado o efeito de repelência promovida por timol para *Tribolium confusum* J. du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Lasioderma serricornis* Fabr. (Coleoptera: Anobiidae) (OJIMELUKWE; ADLER, 1999).

A emergência de *S. zeamais* da massa de grãos foi altamente influenciada pelos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus*, com diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as concentrações comparando com os insetos emergidos de grãos não tratados com óleo (Figuras 2AB). Observa-se que o número de insetos emergidos foi mais acentuado aos 21 dias, diminuindo gradativamente a emergência até 63 dias de avaliação (Figuras 2AB). O constituinte citronelal não apresentou efeito sobre a emergência dos insetos, não diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) dos grãos não tratados com óleo (Figura 2 C).

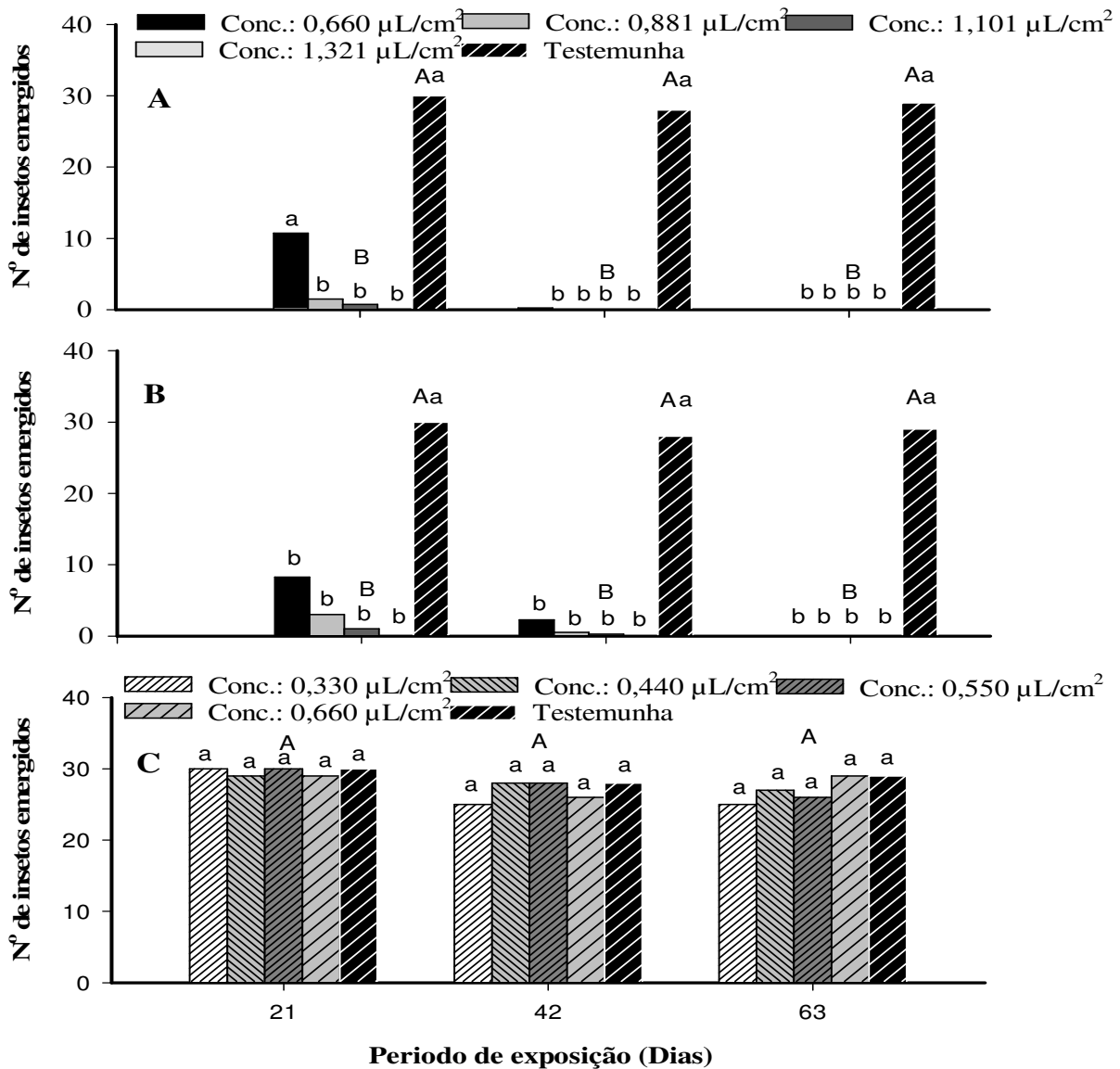


Figura 2. (A) Grãos pulverizados com diferentes concentrações de óleo essencial de *Corymbia citriodora* (B) Grãos pulverizados com diferentes concentrações de óleo essencial de *Cymbopogon nardus*. (C) Grãos pulverizados com diferentes concentrações de citronelal. Media seguida da mesma letras, sendo maiúscula entre os tempos de exposição, minúscula para colunas de concentrações, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A menor toxicidade do citrônial sobre a emergência de *S. zeamais* pode estar associado à hipótese de que o constituinte citrônial possui menor capacidade de penetração no grão e conseqüentemente não afeta o desenvolvimento do *S. zeamais*. Segundo Tinkeu et al. (2004) aponta como principal propriedade de um fumigante a sua capacidade de difusão na massa de grãos, pois a difusão de um gás depende principalmente de seu peso molecular e seu ponto de ebulição, quanto menores esses valores, maior é a velocidade de difusão.

O efeito dos óleos essenciais de *C. nardus* e *C. citriodora* na redução da massa dos grãos foi

0,50 a 0,69 g/100g de grãos e 0,34 a 0,56 g/100g de grãos pelo *S. zeamais* não difere estatisticamente, o mesmo observado entre as concentrações (Figura 3). No entanto, grãos não tratados foi substancialmente significativo na redução do peso ($P < 0,05$) (Figura 3). A atividade dos óleos essenciais *C. nardus* e *C. citriodora* na redução da massa de grãos pode estar associada a capacidade dos vapores dos óleos em penetrar na massa de grãos e ocasionar toxicidade nas larvas endofítica de *S. zeamais*. Alguns estudos demonstraram que os óleos essenciais afetam diretamente o desenvolvimento embrionário dos ovos (TAPONDJOU et al., 2005; KETOK et al., 2005).

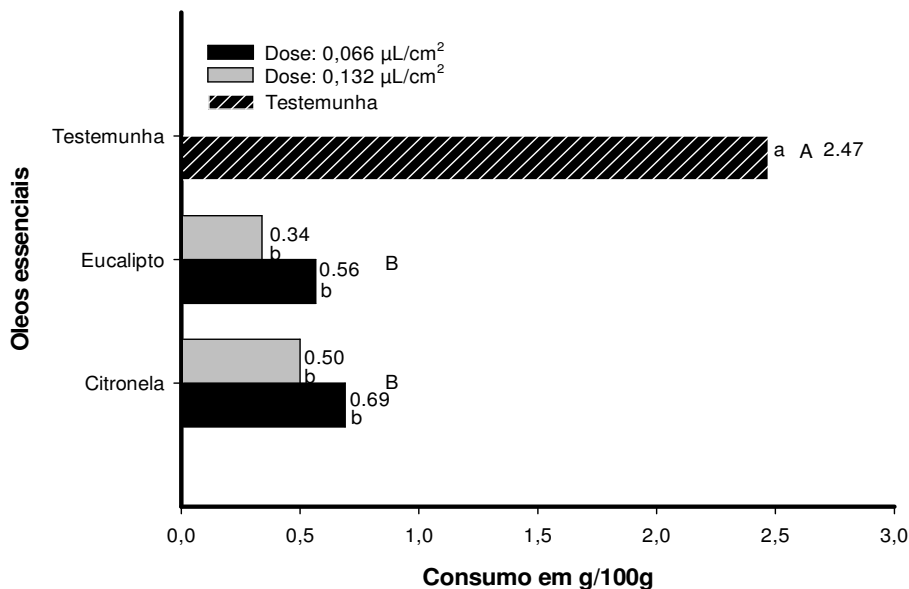


Figura 3. Efeito do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* e *Corymbia citriodora* na redução da massa de grão submetido à infestação de *Sitophilus zeamais*. Medias seguidas da mesma letra, sendo maiúscula entre óleos essenciais, minúscula entre concentrações, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A utilização de óleos essenciais pode ser uma alternativa ou adjuvante no controle de populações de insetos resistentes a inseticidas convencionais, considerando que os elevados níveis de resistência a inseticidas em insetos de produtos armazenados no Brasil (PIMENTEL et al., 2009). Uma das prerrogativas para diminuir a velocidade de estabelecimento de populações com alta frequência de genes que conferem resistência a determinado agente de controle, é o emprego de mistura de inseticidas, uso alternado de dois ou mais

inseticidas ou alteração no método de controle (SOUSA et al., 2008).

A avaliação da bioatividade de cada óleo essencial *C. nardus* e *C. citriodora* em diferentes aspectos do desenvolvimento de *S. zeamais* é uma abordagem necessária para assegurar a redução da infestação deste inseto em condições de armazenamento e dos seus efeitos sobre outras espécies de insetos de grãos armazenados, que será útil para o estabelecimento de um programa de proteção a longo prazo de produtos armazenados e

para prever se a erradicação de uma espécie pode levar à proliferação de outros menos suscetíveis que a principal praga.

CONCLUSÕES

A utilização dos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* para o controle de *S. zeamais*, proporciona toxicidade, repelência, redução da infestação da praga e da perda de peso de grãos de milho comparável a outros inseticidas convencionais.

A toxicidade apresentada pelo constituinte citronelal, caracteriza por ser o agente tóxico presente nos óleos essenciais de *C. citriodora* e *C. nardus* para *S. zeamais*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico “CNPq” pelo suporte financeiro e bolsas concedidas.

ABSTRACT: Analysis of GC / MS showed citronellal as the main phytochemicals of the essential oils of *Corymbia citriodora* and *Cymbopogon nardus*, with 61.78% and 36.53%, respectively. The toxicity of essential oils and citronellal was verified for maize weevils, through the estimates of the concentration response curves and lethal exposure times, for 50% and 95% of the adults insect (LC₅₀, LC₉₅, LT₅₀ and TL₉₅). The toxicity of citronellal was higher for *Sitophilus zeamais*, with LC₅₀ and LC₉₅ of 0.340 at 0.820 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, TL₅₀ and TL₉₅ of 11.89 and 59.50h, respectively. The repellency of *S. zeamais* was higher for the essential oils of *C. nardus* and *C. citriodora*, at concentrations of 1.321, 1.101, 0.881 and 0.660 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, ranging from 86.6 to 98.8%. The number of insects emerged from grain sprayed with essential oils was lower for the citronellal, at concentrations of 0.330, 0.440, 0.550, and 0.660 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$. The reduction in grain weight was lower for those grains, treated with *C. citriodora* and *C. nardus*. Essential oils of *E. citriodora* and *C. nardus* can protect stored products from damage caused by *S. zeamais*.

KEYWORDS: Weevil Maize. Stored Grain. Botanical Insecticides.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gás chromatography/ mass spectrometry. **Allured Publishing Corporation Carol Stream**, Carol Stream, 2007. p. 804.
- BATISH D. R.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K.; KAUR, S. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 12, p. 2166-2174, 2008.
- CALDERONE, N. W.; WILSON, W. T.; SPIVAK, M. Plant extracts for control of the parasitic mites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 90, n. 5, p. 1080-1086, 1997.
- CASTRO, H. G.; PERINI, V. B. M.; SANTOS, G. R. E.; LEAL, T. C. A. B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 308-314, 2010.
- DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection, **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, oxford, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.
- HAO, H.; WEI, J.; DAI, J.; DU, J. Host-Seeking and Blood-Feeding Behavior of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Exposed to Vapors of Geraniol, Citral, Citronellal, Eugenol, or Anisaldehyde. **Journal of Medical Entomology**, Honolulu, v. 45, n. 3, p. 533-539, 2008.
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 51, p. 45-66, 2006.

JAENSON, T. G.; PALSSON, K.; BORG-KARLSON, A. K. Evaluation of extracts and oils of mosquito (Diptera: Culicidae) repellent plants from Sweden and Guinea-Bissau. **Journal of Medical Entomology**, Honolulu, v. 43, n. 1, p. 113-119, 2006.

KETOH, K. G.; KOUMAGLO, H. K.; GLITHO, I. A. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) development by using essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae) and the wasp *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 41, n. 4, p. 363-371, 2005.

KIM, S.; ROH, J. Y.; KIM D. H.; LEE, H.S.; AHN Y. J. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 39, n. 3, p. 293-303, 2003.

MARCO, C. A.; INNECCO, R.; MATTOS, S. H.; BORGES, N. S. S.; NAGA, E. O. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 429-32, 2007.

MICHELRAJ, S.; SHARMA, R.K. Fumigant toxicity of neem formulations against *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica*. **Journal of Agricultural Technology**, Rajamangala, v.2, n.1, p.1-16, 2006.

NERIO, L.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellency activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 212-214, 2009.

PARK, I. K.; LEE, S. G.; CHOI, D. H.; PARK, J. D.; AHN, Y. J. Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 39, n. 4, p. 375-384, 2003.

PARK, B. S.; CHOI, W. S.; KIM, J. H.; LEE, S. E. Monoterpenes from thyme (*Thymus vulgaris*) as potential mosquito repellents. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Lake Charles, v. 21, n. 1, p. 80-83, 2005.

PAPACHRISTOS, D. P.; STAMOPOULOS, D. C. Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 40, n. 5, p. 517-525, 2004.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. A.; TÓTOLA, M. R.; GUEDES, R. N. C. Phosphine resistance, in Brazilian population of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Product Insect**, Oxford, v. 45, n. 9, p. 71-74, 2009.

OJIMELUKWE, P. C.; ADLER, C. Potential of Zimtaldehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of confused flour beetle (*Tribolium confusum* J.D.V) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Pesticide Science**, Japan, v. 72, p. 81-86, 1999.

RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 44, n. 2, p. 126-135, 2008.

SOUSA, A. H.; FARONI L. R. D'A.; GUEDES, R. N. C.; TOTOLA, M. R.; URRUCHI, W. I. Ozone as a management alternative against phosphine-resistant insect-pests of stored products. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 44, n. 4, p. 379-385, 2008.

TAPONDJOU, A.; ADLER, C.; FONTEM, D.; BOUDA, H.; REICHMUTH, C. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 41, n. 1, p. 91-102, 2005.

TINKEU, L.; GOUDOUM, S. N.; NGASSOUM, A.; MAPONGMETSEM, M. B.; KOUNINKI, P. M.; HANCE, T. Persistence of the insecticidal activity of five essential oils on the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). **Communications in agricultural and applied biological sciences**, Gent, v. 69, n. 3, p. 145–147, 2004.

YANG, Y.C.; LEE, E.H.; LEE, H.S.; LEE, D.K.; AHN, Y.J. Repellency of aromatic medicinal plant extracts and a steam distillate to *Aedes aegypti*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Lake Charles, v.20, n.2, p.146-149, 2004.

VANDENDOLL, H.; KRATZ, P. D. J. A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 11, p. 463-471, 1963.