

Susceptibilidade de populações de *Sitophilus zeamais* ao óleo essencial de folhas de *Croton pulegiodorus*

Susceptibility of Sitophilus zeamais populations to the essential oil from leaves of Croton pulegiodorus

Patryck Érmerson Monteiro dos Santos¹

Carlos Romero Ferreira de Oliveira²

Cláudia Helena Cysneiros Matos³

Received 03/29/2022 | Accepted 10/14/2022 | Published 10/19/2022 | Edited by Michele Potrich

RESUMO

O estudo teve como finalidade analisar a atividade fumigante do óleo essencial de folhas de *Croton pulegiodorus* sobre populações diferentes de *Sitophilus zeamais* oriundas das cidades de Crixás-GO, Espírito Santo do Pinhal-SP, Juiz de Fora-MG, Picos-PI, Serra Talhada-PE e Vicentina-MS. Para as populações estudadas, foram realizados experimentos para estimar as concentrações letais (CL_{50} e CL_{90}), as razões de toxicidade e a razão de resistência ao óleo essencial de *C. pulegiodorus*. O óleo essencial apresentou potencial inseticida e as populações de *S. zeamais* avaliadas apresentaram diferentes níveis de tolerância. As menores CL_{50} e CL_{90} foram apresentadas pela população de Picos-PI, e as maiores foram apresentadas por Serra Talhada-PE e Picos-PI. Para a razão de toxicidade foram observados valores de 1,06 a 1,71 para a CL_{50} , e de 1,05 a 1,57 para a CL_{90} . A razão de resistência variou entre 1,11 e 1,72. As CL_{50} e CL_{90} foram consideradas baixas quando comparadas às de outros óleos essenciais estudados sobre pragas de sementes e grãos, ratificando a possibilidade de seu uso no manejo de *S. zeamais* em milho armazenado.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos, Milho armazenado, Velaminho, Gorgulho-do-milho, Curculionidae

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada-PE, Brasil; E-mail: patryckermerson@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9526-2465>. ²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada-PE, Brasil; E-mail: carlos.foliveira@ufrpe.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8250-6344>. ³Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada-PE, Brasil; E-mail: claudia.matos@ufrpe.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5040-2479>.

ABSTRACT

The study aimed to analyze the fumigant activity of the essential oil of *Croton pulegioidorus* leaves on different populations of *Sitophilus zeamais* from the cities of Crixás-GO, Espírito Santo do Pinhal-SP, Juiz de Fora-MG, Picos-PI, Serra Talhada-PE and Vicentina-MS. For the populations studied, experiments were carried out to estimate the lethal concentrations (LC_{50} and LC_{90}), the toxicity ratios and the resistance ratio to the essential oil of *C. pulegioidorus*. The essential oil showed insecticide potential and the populations of *S. zeamais* evaluated presented different tolerance levels. The smallest LC_{50} and LC_{90} were presented by the population of Picos-PI, and the largest were presented by Serra Talhada-PE and Picos-PI. Regarding the toxicity ratio, values from 1.06 to 1.71 for LC_{50} were observed, and from 1.05 to 1.57 for the LC_{90} . The resistance ratio ranged from 1.11 to 1.72. The LC_{50} and LC_{90} were considered low when compared to other essential oils studied on seeds and grains pests, confirming the possibility of their use in the management of the *S. zeamais* in stored maize.

Keywords: Botanical insecticides, Stored maize, Velaminho, Maize weevil, Curculionidae

Introdução

A agricultura brasileira cada vez mais avança no cenário produtor de grãos e, atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo (USDA, 2022). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, estima-se que na safra 2021/2022 sejam produzidos um total de 112,3 Mt de milho, o que representa um crescimento de 29% em relação à safra anterior (CONAB, 2022). A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das mais importantes no Brasil e no mundo, tanto do ponto de vista social quanto econômico, e vem passando por diversas transformações, estando entre as mais lucrativas no cenário produtor de grãos (Massola-Junior et al., 2015).

A produção de grãos pode ser afetada por problemas pós-colheita, pois o armazenamento inadequado pode ocasionar grandes perdas, que ocorrem especialmente pelo crescimento de fungos e ataques de insetos-praga (Colares et al., 2016). Estes artrópodes podem ser responsáveis por mais de 10% das perdas dos grãos, causando prejuízos econômicos para os produtores de milho no Brasil e no mundo (Lopes & Vandramim, 2016).

O besouro *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) é uma espécie cosmopolita, com elevado potencial biótico e que pode atacar outros grãos, como trigo, sorgo, soja, arroz (SENAR, 2018), centeio, cevada,

aveia e outros cereais e produtos (Figueiredo et al., 2018). O controle desta praga é realizado principalmente através do uso de substâncias sintéticas (inseticidas e fumigantes). Muitos inseticidas são tóxicos para os seres humanos e para diversos grupos de animais, além de persistirem no ambiente por longos períodos (Jardim et al., 2009). Além disso, sua utilização inadequada e/ou indiscriminada pode ocasionar uma pressão seletiva, influenciando no surgimento de genótipos resistentes a diversos compostos químicos nas populações de insetos (Whalon et al., 2008; Melo-Junior et al., 2018).

O surgimento, a estabilidade e a severidade da resistência a inseticidas sintéticos (piretroides ou organofosforados) em populações de *S. zeamais* foi bem documentado para diversas regiões do Brasil (Fragoso et al., 2007; Freitas et al., 2009; Pereira et al., 2009; Braga et al., 2011; Corrêa et al., 2011; Silva et al., 2013; Lima, 2017; Melo-Junior et al., 2018), e essas populações resistentes podem causar perdas diretas e prejuízos para os produtores devido a falhas no controle, com possibilidade de infestarem diversos outros produtos (Corrêa, 2009).

De fato, Corrêa et al. (2011) relataram que a maioria das 27 populações de *S. zeamais* no Brasil são resistentes a piretroides e à misturas de piretroides + organofosforados. Ratificando o observado nos estudos anteriormente citados, Melo-Junior et al. (2018) observaram

que algumas populações pernambucanas de *S. zeamais*, provenientes da Região Agreste, são particularmente suscetíveis ao inseticida organofosforado (pirimifós metílico) enquanto se mostraram resistentes ao piretroide (permetrina). Isso demonstra que existem diferenças nas respostas quanto à toxicidade destes produtos em função da origem geográfica da população (resistência comportamental), em decorrência de distintas estratégias no manejo desta praga, como observado por Silva et al. (2013).

Os inseticidas naturais mostram-se uma alternativa ao uso dos sintéticos, e cada vez mais vêm sendo alvos de estudos. Os óleos essenciais (OE), também conhecidos como óleos voláteis, compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas aromáticas, em geral são substâncias complexas, líquidas, voláteis, de baixo peso molecular e com odor característico (Rodrigues et al., 2017). Os OE influenciam de forma direta em interações ecológicas entre as plantas e o ambiente, e são constituídos principalmente por terpenoides e fenilpropanoides, compostos que apresentam atividade inseticida, e quando presentes nas plantas, estão envolvidos especialmente na inibição da herbivoria (Alves et al., 2015). De fato, tais compostos têm apresentado uma diversidade de ações sobre os insetos, atuando como repelentes ou deterrentes, inibindo a alimentação, a oviposição, o crescimento, o desenvolvimento ou ocasionando mortalidade nos insetos (Knaak & Fiuza, 2010).

O velaminho, *Croton pulegioidorus* Baill. (Euphorbiaceae), pode ser encontrado nos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco e Piauí em regiões com afloramentos rochosos (Torres, 2009). O OE desta espécie é formado, principalmente, por terpenos (Rocha, 2020), e sua eficácia biológica e ação inseticida (efeito repelente, fumigante e de contato) sobre pragas de produtos armazenados foi comprovada por diversos autores recentemente (Brito et al., 2015; Magalhães et al., 2015; Souza et al., 2016; Silva et al., 2019; Santos et al., 2019).

Diante das vantagens da utilização de inseticidas botânicos, e da possibilidade de serem inseridos em um programa de manejo ecológico de pragas (MEP), o presente estudo teve como finalidade analisar a atividade fumigante do OE de folhas de *C. pulegioidorus* em populações de *S. zeamais*. Estudos dessa natureza devem ser estimulados já que podem identificar plantas com potencial inseticida, incentivar a preservação dessas plantas com mais conhecimento e diminuir o uso de inseticidas sintéticos nos alimentos, contribuindo para a produção de alimentos mais saudáveis.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Núcleo de Ecologia de Artrópodes (NEA) e no Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV), da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Serra Talhada-PE. Para a realização dos experimentos foram utilizadas populações do coleóptero *S. zeamais* oriundas de seis cidades diferentes (Tabela 1).

As populações de *S. zeamais* utilizadas nos experimentos foram mantidas em câmaras de Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O), à temperatura de 28 °C, 24 h de escotofase e 70% de umidade relativa. Todos os insetos utilizados foram provenientes de criações estabelecidas em condições de laboratório, por pelo menos 10 gerações. Para a realização do ensaio, insetos adultos de cada uma das populações, com até três dias de idade, foram colocados em milho, durante 15 dias, para efetuarem a postura dos ovos nos grãos. Posteriormente, retirou-se os insetos adultos e os recipientes com os grãos foram mantidos até a emergência da próxima geração. Foram usados grãos de milho da cultivar CMS-36 (BR 5036) como substrato nutricional para *S. zeamais* e para a realização dos ensaios. O milho foi lavado com uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5 % e seco ao sol, sendo posteriormente colocado em freezer sob temperaturas entre -6

e -10 °C, por um período de sete dias, para a eliminação de qualquer possível infestação.

As folhas de *C. pulegiodorus* que foram utilizadas para a obtenção do OE foram coletadas na cidade de Triunfo-PE. As coletas foram realizadas durante o período da manhã. Alguns exemplares da espécie foram depositados, sob a forma de exsiccatas, no Herbário do Semiárido do Brasil (HESBRA) da UAST/UFRPE.

Após as coletas as folhas de *C. pulegiodorus* foram secas em estufa, e em seguida submetidas ao método de hidrodestilação, em um aparelho do tipo Clevenger, sendo também utilizado um aparelho rota-evaporador acoplado à bomba de vácuo e pressão. O OE obtido foi armazenado em frascos âmbar de vidro, sob temperatura de 5 °C, até a realização dos bioensaios.

Para a avaliação da atividade fumigante do OE de folhas de *C. pulegiodorus* sobre as populações de *S. zeamais*, foram utilizados recipientes de vidro herméticos, do tipo bomboniere (câmaras de fumigação), com capacidade de 1L e dimensões de 11 x 11 x 19 cm, nos quais foram confinados 10 insetos adultos não-sexados.

O OE foi impregnado com o auxílio de uma micropipeta monocal, em fitas de papel filtro (5,0 x 2,0 cm) previamente esterilizadas em autoclave, fixadas no interior da tampa. Para evitar o contato direto dos insetos com o OE, utilizou-se um tecido poroso entre a tampa e o recipiente. Para a completa vedação, as câmaras de fumigação foram vedadas com Parafilm M®, visando impedir a saída dos vapores.

Para a obtenção das concentrações letais, foram realizados vários experimentos preliminares com diferentes concentrações (0; 8,33; 16,7; 25; 33,2; 41,7; 50; 58,3 e 66,7 µL/L de ar). Essas concentrações foram utilizadas para analisar o efeito fumigante do OE de *C. pulegiodorus* e estabelecer as concentrações letais necessárias para matar 50% (CL₅₀) e 90% (CL₉₀) dos insetos de cada uma das populações estudadas, em um período de 48 h.

Os experimentos de fumigação foram conduzidos em delineamento inteiramente

casualizado (DIC), com cinco repetições, à 28 °C e 70% UR, em câmaras climáticas do tipo D.B.O. Decorridas 48 h de exposição dos insetos aos OE, foi realizada a avaliação da mortalidade em cada um dos tratamentos, sendo os dados submetidos à análise de Probit no software estatístico livre R, para determinar a CL₅₀ e CL₉₀. Também foi calculada a Razão de Toxicidade (RT) das CL₅₀ e CL₉₀ através da fórmula: $RT (CL_{50} / CL_{90}) = \text{maior } CL_{50} \text{ ou } CL_{90} / \text{menor } CL_{50} \text{ ou } CL_{90}$ dos demais.

Além disso, foi determinada a Razão de Resistência (RR) para a CL₅₀, através da equação $RR = \text{menor } CL_{50} / \text{maior } CL_{50}$ dos demais. As RR's são consideradas significativas quando os intervalos de confiança a 95% de probabilidade não incluírem o valor 1,0, como proposto por Robertson e Preisler (1992).

Tabela 1. Populações de *Sitophilus zeamais* utilizadas no presente estudo.

POPULAÇÃO	
Crixás – GO	CRI
Espírito Santo do Pinhal – SP	ESP
Juiz de Fora – MG	JFA
Picos – PI	PIC
Serra Talhada – PE	STA
Vicentina – MS	VIC

Resultados

Os resultados observados nos experimentos de fumigação indicam que as populações de *S. zeamais* apresentam respostas diferentes ao OE de *C. pulegiodorus*, ou seja, a toxicidade varia, implicando em diferentes concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) para cada população. Entre as populações avaliadas, a oriunda de STA exibiu a maior CL₅₀ (44,07 µL/L de ar). A população de PIC apresentou tanto a menor CL₅₀ (25,69 µL/L de ar) quanto a maior CL₉₀ (96,30 µL/L de ar) (Tabela 2), e esses dois extremos podem ser explicados pelo ponto de ajuste do modelo Probit, pois a CL₅₀ possui uma menor amplitude dos desvios-padrão

quando comparada com a CL_{90} , o que confere para a CL_{50} uma maior credibilidade à estimativa da concentração letal (SILVA et al., 2019).

Já no que se refere a RT (Tabela 2), foi observado que população oriunda de JFA obteve as menores RT (CL_{50}) e RT (CL_{90}). Já a população de PIC apresentou a maior RT (CL_{50}) enquanto a maior RT (CL_{90}) foi obtida pela população oriunda da cidade de CRI. Sabe-se que quanto maior a RT menor a resistência do inseto ao OE, o que implica dizer que a população da cidade de PIC mostrou ser a população mais suscetível ao OE de folhas de *C. pulegiodorus*, sendo 1,7 vezes mais suscetível ao OE em comparação às outras populações.

A RR também diferiu entre as populações, sendo menor para a população de CRI e maior para a de STA. Por não incluir o valor 1,0 nos intervalos de confiança das razões (Robertson

& Preisler, 1992), com exceção da população de PIC, as populações avaliadas apresentaram baixa RR para o OE de folhas de *C. pulegiodorus* (Tabela 2).

Discussão

O comportamento das populações de *S. zeamais* frente ao óleo essencial (OE) de *C. pulegiodorus* pode ser resultante de uma variação genotípica e da alta pressão de seleção pela qual algumas dessas populações foram submetidas em decorrência do uso exacerbado de inseticidas sintéticos em suas regiões. Isso pode ter ocasionado alterações em proteínas e/ou moléculas nas quais o óleo essencial atua, explicando, desta forma, o efeito variado exercido pelo OE entre as populações.

Tabela 2. Efeito fumigante do óleo essencial de folhas de *Croton pulegiodorus* sobre populações de *Sitophilus zeamais* (Temperatura: 28 ± 2 °C; Umidade Relativa: $70 \pm 10\%$; Escotofase: 24 horas).

POPULAÇÃO	N	(CL_{50} μ L/L de ar) (I.C. 95%)	(CL_{90} μ L/L de ar) (I.C. 95%)	GL	χ^2	RT ₅₀	RT ₉₀	RR CL_{50} (I.C.95%)
ESP	400	40.98 (35.06 - 48.55)	84.74 (66.27 - 138.92)	33	100.26	1.07	1.14	1.60 (1.12 - 2.07)
PIC	400	25.69 (16.72 - 32.11)	96.30 (66.60 - 254.56)	33	69.74	1.71	-	-
VIC	400	34.95 (32.13 - 37.76)	67.73 (60.14 - 79.93)	33	35.92	1.26	1.42	1.36 (1.07 - 1.65)
JFA	400	41.40 (35.13 - 49.68)	91.4 (69.61 - 162.60)	33	96.62	1.06	1.05	1.61 (1.12 - 2.10)
CRI	400	28.63 (25.68 - 31.37)	61.18 (53.83 - 73.22)	33	41.73	1.53	1.57	1.11 (1.02 - 1.21)
STA	400	44.07 (37.20 - 53.81)	81.47 (63.55 - 143.32)	33	153.19	-	1.18	1.72 (1.14 - 2.29)

Nota: N = número de indivíduos utilizados; CL = Concentração Letal; I.C. = Intervalo de Confiança; GL = Graus de Liberdade; χ^2 = Qui-quadrado; RT = Razão de Toxicidade; RR (IC 95%) = Razão de resistência, calculada dividindo-se a CL_{50} da população em estudo pela CL_{50} da população padrão de suscetibilidade e intervalos de confiança a 95% de probabilidade pelo método de Robertson; Preisler (1992).

Na realidade, a resistência de populações brasileiras de *S. zeamais* a inseticidas sintéticos é bem documentada na literatura (Fragoso et al., 2007; Corrêa et al., 2011; Melo-Junior et al., 2018), o que reforça a demanda existente por métodos alternativos de controle que possam se inserir no manejo de pragas de produtos armazenados.

Nesse sentido, os óleos essenciais se apresentam como uma alternativa promissora, pois atuam de diferentes formas sobre os insetos podendo exercer atividade ovicida, repelente, deterrente para oviposição e/ou alimentação, além de poder inibir o crescimento e desenvolvimento desses organismos (Negahban & Moharramipour, 2007). Sabe-se que a mortalidade dos insetos é apenas um dos efeitos a serem atingidos quando se utiliza plantas inseticidas, e a ação dos óleos essenciais pode ocorrer pelas vias de contato, ingestão ou fumigação (via respiratória), sendo que os compostos presentes afetam, principalmente, proteínas do sistema nervoso dos insetos, causando mortalidade rápida (Coitinho et al., 2011; Fernandes & Favero, 2014; Perini, 2018).

Vários estudos com OE de espécies de *Croton* (Euphorbiaceae) têm demonstrado efeito inseticida sobre diversos tipos de pragas agrícolas ou vetores de doenças (Santos et al., 2014; Magalhaes et al., 2015; Souza et al., 2016), muitas vezes relatando a importância de sua composição química. De fato, várias classes de compostos foram identificadas em espécies de *Croton*, que estão relacionados a sua atividade biológica (Aguilar et al., 2016). Assim, a toxicidade dos OE pode ser atribuída à sua composição química, os quais são constituídos, principalmente, por monoterpenos e sesquiterpenos, como observado por Dória et al. (2010).

Sabe-se, ainda, que diferentes populações ou espécies de insetos podem responder de maneira distinta aos óleos essenciais, como observado por diversos autores. Em relação a insetos de cereais armazenados, foi observado que o OE de *C. pulegioidorus* apresentou ação fumigante e repelente, e causou mortalidade e diminuição populacional em *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) e em

Rhyzopertha dominica (Coleoptera: Bostrichidae) em milho armazenado (Magalhães et al., 2015; Souza et al., 2016). Para *S. zeamais*, o OE de *C. pulegioidorus* ocasionou mortalidades entre 80% e 98%, via fumigação (Silva et al., 2019), enquanto pela via de contato ocasionou a diminuição na taxa de emergência dos insetos e apresentou efeito residual mesmo após 60 dias da aplicação (Santos et al., 2019).

No que se refere a besouros que atacam feijão armazenado (*Zabrotes subfasciatus* Boh. ou *Callosobruchus maculatus* F.), foi observado que os OE de *C. pulegioidorus*, *Croton heliotropiifolius* Kunth. e *Croton blanchetianus* Baill. ocasionaram mortalidade, apresentaram efeito fumigante e repelente, e inibiram ou diminuíram a oviposição e a emergência dos insetos (Brito et al., 2015; Carvalho et al., 2016; Silva et al., 2020).

A eficácia dos OE pode ser reduzida em populações de insetos que apresentam resistência a inseticidas tradicionais, já que tais populações podem ter mecanismos fisiológicos e comportamentais que permitem adaptabilidade às condições a que são expostas. Isto foi observado por Gonzalez-Correa et al. (2015), que avaliaram a toxicidade do OE de cravo (*Syzygium aromaticum* L.) e de canela (*Cinnamomum zeylanicum* L.) sobre quatro populações brasileiras de *S. zeamais* com diferentes padrões de susceptibilidade a inseticidas. Os autores verificaram que a população resistente aos dois inseticidas se mostrou mais tolerante ao óleo essencial de *C. zeylanicum* e teve sua taxa de crescimento populacional menos afetada pela utilização dos dois óleos, através de mecanismos como a redução da taxa respiratória ou de sua mobilidade quando exposta aos óleos.

No presente estudo, aparentemente ficou demonstrado que a população de JFA exibiu esse comportamento, já que apresentou as menores RT. Vale salientar que populações oriundas de JFA vem sendo alvo de vários estudos e apresentaram resistência a inseticidas piretroides e organofosforados (Corrêa et al., 2011; Pereira et al., 2009). Por outro lado, a população de PIC mostrou-se a mais suscetível ao OE de *C. pulegioidorus*, tendo sido reportado sua susceptibilidade ao inseticida bifentrina (Santos

et al., 2009). Da mesma forma, populações provenientes de ESP mostraram-se relativamente susceptíveis ao inseticida Indoxacarb (Haddi et al., 2015), mas no presente estudo as concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) do OE de *C. pulegiodorus* para essa população foram relativamente altas.

De maneira geral observou-se que o OE de *C. pulegiodorus* exibiu potencial como inseticida fumigante, atuando sobre todas as populações de *S. zeamais* estudadas, as quais apresentaram diferentes níveis de susceptibilidade a este OE. Além disso, as CL₅₀ e CL₉₀ do OE de *C. pulegiodorus* foram consideradas baixas quando comparadas às de óleos essenciais de outras plantas também utilizadas via fumigação, sobre diferentes pragas de produtos armazenados, ratificando a possibilidade de seu uso.

Diante do exposto, ressalta-se a necessidade de estudos que demonstrem os mecanismos de ação, a composição do OE de *C. pulegiodorus* e os efeitos de seus compostos isoladamente para que este OE seja inserido em programas de manejo de *S. zeamais* em milho armazenado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

Conflitos de interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- Aguiar, F. L. L., Morais, S. M., Santos, H. S., Albuquerque, M. R. J. R., Bandeira, P. N., Brito, E. H. S., Rocha, M. F. G., & Fontenelle, R. O. S. (2001). Antifungal activity and synergistic effect of acetophenones isolated from species *Croton* against dermatophytes and yeasts. *Journal of Medicinal Plants Research*, Victoria Island, 10(17), 216-222. <https://doi.org/10.5897/JMPR2016.6048>
- Alencar Filho, J. M. T., Araújo, L. C., Oliveira, A. P., Guimarães, A. L., Pacheco, A. G. M., Silva, F. S., Cavalcanti, L. S., Lucchese, A. M., Almeida, J. R. G. S. & Araújo, E. C. C. (2017). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from leaves of *Croton heliotropiifolius* in different seasons of the year. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Rio de Janeiro, 27(4), 440-444. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2017.02.004>
- Alves, M. S., Santos, D. P., Silva, L. C., Pontes, E. G., & Souza, M. A. A. (2015). Composição e Toxicidade de Óleos Essenciais Testados por Fumigação Contra o *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) Praga do Feijão-Caupi Armazenado. *Revista Virtual de Química*, Niterói, 7(6), 2387-2399. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150142>
- Angélico, E. C., Rodrigues, O. G., Costa, J. G. M., Lucena, M. F. A., Neto, V. Q., & Medeiros, R. S. (2014). Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils and *Crótons* varieties modulator in the Brazilian Northeast semiarid. *African Journal of Plant Science*, Victoria Island, 8(7), 392-397.
- Araújo, F. M., Dantas, M. C. S. M., Silva, L. S., Aona, L. Y. S., Tavares, I. F., & Souza-Neta, L. C. (2017). Antibacterial activity and chemical composition of the essential oil of *Croton heliotropiifolius* Kunth from Amargosa, Bahia, Brazil. *Industrial Crops and Products*, Amesterdã, 105(1), 203-206. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.016>
- Braga, L. S., Corrêa, A. S., Pereira, E. J. G., Guedes, R. N. C. (2011). Face or flee? Fenitrothion resistance and behavioral response in populations of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Journal of Stored Products Research*, Amesterdã, 47(3): 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2010.11.001>
- Brito, S. S. S., Magalhães, C. R. I., Oliveira, C. R. F., Matos, C. H. C., Ferraz, M. S. S., & Magalhães, T. A. (2015). Bioatividade de óleos essenciais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão-comum armazenado. *Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, 10(2), 243-248. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a5316>

- Carvalho, G. S., Silva, L. B., Silva, L. S., Almeida, M. L. S., Carneiro, E., Cândido, A. C. S., Peres, M. T. L. P. (2016). Insecticidal activity of plant extracts and Essential oils of bleed water against the bean weevil. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, Campo Grande, 7 (7), 69-75. <http://www.academicjournals.org/journal/JSPPR/article-abstract/1BF1A6E60446>
- Coitinho, R.L.B.C., Oliveira, J.V., Gomdim Junior, M.G.C., Câmara, C.A.G. (2011). Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35(1), 172-178.
- Colares, T., Dionello, R. G., & Radunz, L. L. (2016). Susceptibility of different genotypes of rice to *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 attack (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 20(3), 275-279. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p275-279>
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, março 2022. Brasília: CONAB. Recuperado em 10 março, 2022, de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>
- Corrêa, A. S. (2009). Resistência fisiológica e comportamental de populações de *Sitophilus zeamais* à permetrina, esfenvalerato e esfenvalerato + fenitrotiona. (65f). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- Corrêa, A. S., Pereira, E. J. G., Cordeiro, E. M. G., Braga, L. S., & Guedes, R. N. C. (2011). Insecticide resistance, mixture potentiation and fitness in populations of the maize weevil (*Sitophilus zeamais*). *Crop Protection*, Amsterdã, 30(12), 1655-1666. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.022>
- Dória, G. A., Silva, W. J., Carvalho, G. A., Alves, P. B., & Cavalcanti, S. C. (2010). A study of the larvicidal activity of two *Croton* species from northeastern Brazil against *Aedes aegypti*. *Pharmaceutical biology*, Lisse, 48(6), 615-620. <https://doi.org/10.3109/13880200903222952>
- Fernandes, E. T., & Favero, S. (2014). Óleo essencial de *Schinus molle* L. para o controle de *Sitophilus zeamais* Most.1855 (Coleoptera: Curculionidae) em milho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Rio de Janeiro, 9(1), 225-231. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/13463>
- Figueiredo, R. C., Rocha, W. C., & de Freitas, A. D. G. (2018). Efeito inseticida do óleo essencial e extratos etanólicos das folhas de mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) sobre o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais* Mots). *Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde*, 22(2), 80-84. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2018v22n2p80-84>
- Fragoso, D. B., Guedes, R. N. C., & Oliveira, M. G. A. (2007). Partial characterization of glutathione S-transferases in pyrethroid-resistance and susceptible populations of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Journal of Stored Products Research*, Amsterdã, 43(10): 167-170. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.04.002>
- Freitas, C. J. P., Pereira, E. J. G., Cordeiro, E. M. G., Della Lucia, T. M. C., Tótola, M. R., & Guedes, R. N. C. (2009). Organophosphate resistance in the maize weevil *Sitophilus zeamais*: magnitude, costs and behavior. *Crop Protection*, Amsterdã, 28(2): 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.10.001>
- Jardim, I. C. S. F., Andrade, J. D. A., & Queiroz, S. C. D. N. D. (2009). Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. *Química Nova*, São Paulo, 32(4), 996-1012. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400031>
- Knaak, N. & Fiuza, L. M. (2010). Potential of essential plant oils to control insects and microorganisms. *Neotropical Biology and Conservation*, São Leopoldo, 5(2), 120-132. <http://revistas.unisinos.br/index.php/neotropical/article/view/4757>
- Lima, T. L. (2017). Caracterização e monitoramento da resistência de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) ao inseticida pirimifós-metilico. (47f). Dissertação de Mestrado, Instituto Biológico, São Paulo, Brasil
- Lopes, A. T., & Vendramim, J. D. (2016). Atratividade e aspectos biológicos de *Sitophilus zeamais* em grãos armazenados de quatro espécies de gramíneas. *Brazilian Journal of Agriculture-Revista de*

- Agricultura, Piracicaba, 85(3), 265-272. <https://doi.org/10.37856/bja.v85i3.2858>
- Magalhães, C. R. I., Oliveira, C. R. F., Matos, C. H. C., Brito, S. S. S., Magalhães, T. A., & Ferraz, M. S. S. (2015). Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Tribolium castaneum* em milho armazenado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Paulínia, 17(4), 1150-1158. https://doi.org/10.1590/1983-084x/15_003
- Massola-Júnior, N. S., Lima, L. J., Caixeta Filho, J. V., & Nussio, L. G. (2015). Milho: Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente. *Revista Visão Agrícola - USP ESALQ*, São Paulo, 9(13), 1-176. <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>
- Melo-Júnior, J. L. A., Silva, J. A., Santoro, K. R. & Badji, C. C. (2018). Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. *Australian Journal of Crop Science*, Oxford, 12(3), 430-434. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.03.pne863>
- Monje, J. A. M. (2010). Carunchos vs Inseticidas: Individualidade Importa? (43f). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- Moreira, M. F., Mansur, J. F., & Mansur, J. (2012). Resistência e inseticidas: estratégias, desafios e perspectivas no controle de insetos (Cap. 15, pp. 1-23). *Tópicos Avançados em Entomologia Molecular* (1 ed). Rio de Janeiro: INCT-EM.
- Negahban, M., & Moharramipour, S. (2007). Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored-product beetles. *Journal of Applied entomology*, Teerã, 131(4), 256-261. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01152.x>
- Oliveira, J. A. D. S., & Rodrigues, D. W. (2021). Óleos essenciais de *Piper* L. (Piperaceae) e sua aplicação biotecnológica na agricultura: uma revisão da literatura. *Arquivos do Mudi*, 25(2), 100-110. <http://doi.org/10.4025/arqmudi.v25i1.60107>
- Pereira, C. J., Pereira, E. J. G., Cordeiro, E. M. G., Della Lucia, T. M. C., Tótola, M. R., & Guedes, R. N. C. (2009). Organophosphate resistance in the maize weevil *Sitophilus zeamais*: magnitude and behavior. *Crop Protection*, Amesterdã, 28(2), 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.10.001>
- Perini, C. R. (2018). Eficiência de inseticidas químicos e identificação de mecanismos moleculares de resistência a piretroides em *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). (113f). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
- Robertson, J.L & Preisler, H.K. (1992). *Pesticide bioassays with arthropods* (127p). California: CRC Press.
- Rocha, R. R. (2020). Estudo comparativo sobre a composição química, atividade antibacteriana e efeito sinérgico dos óleos essenciais de *Croton tetradenius* Baill. e *C. pulegioidorus* Baill. contra isolados de *Staphylococcus aureus*. (79f). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Sobral, Brasil.
- Rodrigues, J. A., Carvalho, D. S., Barbosa, J. M., Carvalho, J. R. & Vianna, U. R. (2017). Tópicos especiais em Ciência Animal VI: A versatilidade no uso dos óleos essenciais. Recuperado em 15 junho, 2020, de http://www.cienciasveterinarias.ufes.br/sites/cienciasveterinarias.ufes.br/files/field/anexo/livro_teca_vi_2017.pdf#page=97
- Santos, G. K. N., Dutra, K. A., Lira, C. S., Lima, B. N., Napoleão, T. H., Paiva, P. M. G., Maranhão, C. A., Brandão, S. S. F. & Navarro, D. M. A. F. (2014). Effects of *Croton rhamnifolioides* essential oil on *Aedes aegypti* Oviposition, larval toxicity and trypsin activity. *Molecules*, Basel, 19, 16573-16587. <https://doi.org/10.3390/molecules191016573>
- Santos, J. C., Faroni, L. R. D'A., Simões, R. O., Pimentel, M. A. G. & Sousa, A. H. (2009). Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Bioscience Journal*, Uberlândia, 35(6), 75-81. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7014>
- Santos, P. E. M., Silva, A. B., Lira, C. R. I. M., Matos, C. H. M. & Oliveira, C. R. F. (2019). Contact toxicity of essential oil of *Croton pulegioidorus* Baill on *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Revista Caatinga*, Mossoró, 32(2), 329-335. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n205rc>

- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2018). Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café. Brasília: SENAR. Recuperado em 14 junho, 2020, de <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/216-ARMAZENAMENTOS-GR%C3%83OS-NOVO.pdf>
- Silva, A. B., Oliveira, C. R. F., Matos, C. H. C., Santos, P. É. M. & Lira, C. R. I. M. (2020). Bioatividade do óleo essencial de *Croton blanchetianus* Baill (Euphorbiaceae) sobre *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae). *Nativa*, Sinop, 8(4), 450-455. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.8456>
- Silva, L. B., Silva, L. S., Mancin, A. C., Carvalho, G. S., Silva, J. C., & Andrade, L. H. (2013). Comportamento do gorgulho-do-milho frente à doses de permetrina. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, 4(1): 26-34.
- Silva, T. L., Oliveira, C. R. F., Matos, C. H. M., Badji, C. A. & Morato, R. P. (2019). Leaf essential oil from *Croton pulegioidorus* Baill shows insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Revista Caatinga*, Mossoró, 32(2), 354-363. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n208rc>
- Souza, V. N. D., Oliveira, C. R. F., Matos, C. H. C. & Almeida, D. K. F. D. (2016). Fumigation Toxicity Of Essential Oils Against *Rhyzopertha dominica* (F.) In Stored Maize Grain. *Revista Caatinga*, Mossoró, 29(2), 435-440. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n220rc>
- Torres, D. S. C. (2009). Diversidade de *Croton* (Euphorbiaceae) no bioma caatinga. (296f). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Brasil.
- United States Department of Agriculture. (2022) - World Agricultural Production. Harrisburg: USDA. Recuperado em 24 agosto, 2022, de <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/5q47rn72z?locale=en>
- Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. & Hollingworth, R.M. (2008). *Global Pesticide Resistance in Arthropods* (169p). Oxford: Oxford University Press.