

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

FERNANDO FIRECK

FUMIGAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Citrus latifolia* E *Cymbopogon winterianus* NO CONTROLE E REPELÊNCIA DE *Sitophilus zeamais*

**LARANJEIRAS DO SUL
2023**

FERNANDO FIRECK

FUMIGAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Citrus latifolia* E *Cymbopogon winterianus* NO CONTROLE E REPELÊNCIA DE *Sitophilus zeamais*

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome

LARANJEIRAS DO SUL

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Fireck, Fernando

FUMIGAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE Citrus latifolia E
cymbopogon winterianus NO CONTROLE E REPELENCIA DE
Sitophilus zeamais / Fernando Fireck. -- 2023.
1-19 f.:il.

Orientador: Doutor Lisandro Tomas da Silva Bonome

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2023.

1. Armazenamento de sementes. 2. Controle de pragas.
I. Bonome, Lisandro Tomas da Silva, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

FERNANDO FIRECK

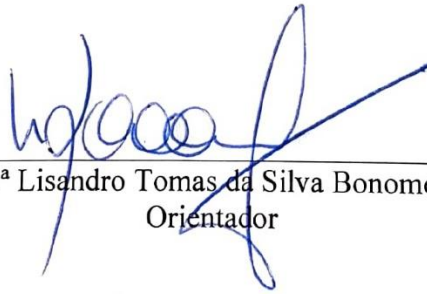
FUMIGAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Citrus latifolia* E *Cymbopogon winterianus* NO CONTROLE E REPELÊNCIA DE *Sitophilus zeamais*

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR)

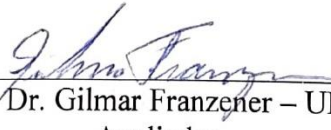
Orientador: Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 16/10/2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Lisandro Tomas da Silva Bonome – UFFS
Orientador



Prof. Dr. Gilmar Franzener – UFFS
Avaliador



Prof. Dr. Henrique Von Hertwig Bittencourt – UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, que não
pouparam esforços para que eu pudesse
concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conduzir ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul e sempre me abençoar durante esses cinco anos da graduação.

Aos meus pais e irmãos por me proporcionarem esta oportunidade e apoio para que pudesse concluir a graduação da melhor forma possível. A minha namorada Maria Izabel que me apoiou em diversos momentos, e onde tive o privilégio de contar com seu auxílio em alguns momentos na realização experimento. A todos os meus amigos que tive o prazer de conhecer, dividir a sala de aula e trabalhar com vocês foi um grande prazer. Sem dúvidas a companhia de cada um tornou este período mais importante.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e pelas contribuições neste trabalho e durante toda a graduação. Finalmente, ao meu professor orientador, Lisandro Tomas da Silva Bonome, por aceitar me orientar, pela paciência, conselhos, companheirismo e por sempre estar dispostos a transmitir todo seu conhecimento e experiência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das arenas utilizadas para realização do bioensaio de repelência.....	12
Figura 2. Recipiente e tampa utilizados para realização do bioensaio de mortalidade por fumigação com o tecido voil e com espaçador.....	13
Figura 3 - Figura 3. Mortalidade cumulativa diária de <i>Sitophilus zeamais</i> expostos a fumigação de diferentes concentrações de óleo essencial de citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>) (A), lima ácida (<i>Citrus latifolia</i>) (B) e da combinação lima ácida + citronela (C) e gráfico geral (D).....	14
Figura 4. Índice de Repelência de <i>Sitophilus zeamais</i> expostos a fumigação de diferentes concentrações de óleo essencial de lima ácida (<i>Citrus latifolia</i>), citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>) e da combinação lima ácida + citronela.	15
Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes de <i>Zea mays</i> var. IPR 164 após fumigação com óleos essenciais de lima ácida (<i>Citrus latifolia</i>), citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>) e a combinação dos óleos essenciais na concentração de 250 µL/L de ar.....	16
Figura 6. Índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Zea mays</i> var. IPR 164 após fumigação com óleos essenciais de lima ácida (<i>Citrus latifolia</i>), citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>) e a combinação dos óleos essenciais na concentração de 250 µL/L de ar.....	16

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS.....	18

FUMIGAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Citrus latifolia* E *Cymbopogon winterianus* NO CONTROLE E REPELÊNCIA DE *Sitophilus zeamais*

Resumo

A cultura do milho apresenta grande importância para agricultura familiar e para a soberania alimentar, sendo um dos principais cereais cultivados no Brasil. Métodos alternativos sustentáveis para o controle de pragas associadas as sementes têm sido investigados por vários pesquisadores no mundo inteiro, com o objetivo de minimizar a aplicação de produtos químicos sintéticos, devido aos danos ocasionados ao meio ambiente, ao homem e animais. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficácia da fumigação de óleos essenciais no controle e repelência de *Sitophilus zeamais*. O trabalho foi realizado nos laboratórios de Fisiologia Vegetal e de Análise de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, PR e foi constituído por 10 tratamentos: óleo essencial de lima ácida (*Citrus latifolia*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) e a combinação lima ácida 50% + citronela 50% nas concentrações de 50, 150 e 250 µL/L de ar e testemunha (sem óleo essencial). Os seguintes testes foram realizados: umidade das sementes, mortalidade de insetos, repelência, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de milho. A determinação do grau de umidade das sementes, a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação foram realizados apenas nos tratamentos com os diferentes óleos essenciais e sua combinação na concentração de 250 µL/L de ar. Pelos resultados obtidos foi possível concluir que, a fumigação com óleo essencial de *Citrus latifolia* se mostrou o tratamento alternativo mais eficiente para o controle do *Sitophilus zeamais*, com eficácia de 100% de mortalidade na concentração de 250 µL/L de ar. O óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* foi o tratamento com menor potencial inseticida, enquanto a combinação dos óleos essenciais apresentou ação inseticida intermediária, não demonstrando sinergismo entre os produtos. O poder inseticida dos óleos essenciais foi maior nas maiores concentrações de fumigação. Todos os óleos essenciais apresentaram ação repelente a partir de 150 µL/L de ar.

Palavras-chave: Gorgulho-do-milho, tratamento alternativo, caruncho, citronela, lima ácida.

Abstract

Corn cultivation is significant for family farming and food sovereignty, being one of the main cereals cultivated in Brazil. Sustainable alternative methods for controlling seed-associated pests have been investigated by several researchers around the world, with the aim of minimizing the application of synthetic chemicals, due to the damage caused to the environment, humans, and animals. Therefore, the present work aimed to evaluate the effectiveness of fumigation of essential oils in the control and repellency of *Sitophilus zeamais*. The work was carried out in the Plant Physiology and Seed Analysis laboratories of the Federal University of Fronteira Sul, PR and consisted of 10 treatments, essential oil of acid lime (*Citrus latifolia*), citronella (*Cymbopogon winterianus*) and the combination of acid lime 50 % + citronella 50% at concentrations of 50, 150 and 250 µL/L of air and control (without essential oil). The following tests were conducted: seed moisture, insect mortality, repellency, germination percentage and corn seed germination speed index. The determination of the degree of moisture in the seeds, the percentage of germination and the germination speed index were conducted only in the treatments with the different essential oils and their combination at a concentration of 250 µL/L of air. Based on the results obtained, it was possible to conclude that fumigation with acid lime essential oil (*Citrus latifolia*) proved to be the most efficient alternative treatment for controlling *Sitophilus zeamais*, with 100% mortality rate at

a concentration of 250 $\mu\text{L/L}$ of air. Citronella essential oil (*Cymbopogon winterianus*) was the treatment with the lowest insecticidal potential, while the combination of essential oils presented an intermediate insecticidal action, not demonstrating synergism between the products. The insecticidal power of essential oils was greater in the highest fumigation concentrations. All essential oils showed repellent action from 150 $\mu\text{L/L}$ of air.

Keywords: Corn weevil, alternative treatment, weevil, citronella, acid lime.

INTRODUÇÃO

Dentre todos os cereais, o milho (*Zea mays*) é o mais produzido no mundo, constituindo a principal fonte energética para ração animal e a base alimentar de diversos países. Grande parte da produção de milho do Brasil é oriunda da agricultura familiar, cerca de 46 % da produção nacional, segundo a Controladoria geral da união (CGU, 2020). Esse valor representa um grande volume devido as grandes dimensões da produção nacional, segundo a Conab (2022), na safra 2022/2023, o cultivo do milho está estimado em 21,97 milhões de hectares e uma produção de 124,88 milhões de toneladas. Isso representa um aumento de 1,8% na área plantada e um incremento na produtividade em relação à safra 2021/2022 (CONAB, 2022).

Após a colheita e o beneficiamento das sementes de milho, estas devem ser armazenadas em condições adequadas para manter sua qualidade física, fisiológica e sanitária (LUDWIG, 2017). Afinal de contas, a semente é o principal insumo de uma lavoura, pois é depositária tanto das melhorias das características agrônômicas realizadas por pequenos agricultores familiares, por seleção massal de cultivares, quanto pelos avanços tecnológicos desenvolvidos pelos pesquisadores ao longo dos anos.

Diversos fatores podem influenciar no armazenamento das sementes, como a qualidade de colheita e de beneficiamento, a umidade das sementes, a temperatura de armazenamento, a embalagem, entre outros, mas um dos fatores mais determinantes é o acesso, por parte dos agricultores, a recursos tecnológicos e de infraestrutura, que definirá se as sementes serão armazenadas em silos, sacarias, armazéns, paióis etc. (FONSECA, 2021).

Geralmente os pequenos agricultores familiares possuem baixo acesso à tecnologia e reduzida infraestrutura, fazendo com que a produção de milho colhida nestas propriedades seja armazenada com técnicas rudimentares e estruturas improvisadas, o que geralmente são inadequadas para o correto acondicionamento dos grãos e das espigas. A precariedade dessas estruturas e a falta de cuidados no armazenamento podem potencializar os riscos de perdas por ataques de insetos e fungos, reduzindo a quantidade e a qualidade do milho armazenado, além de colocarem em risco a safra futura (SANTOS, 2008).

O armazenamento de milho em espigas, apesar de ser um processo rústico, é amplamente adotado no país, devido a facilidade operacional, a facilidade de construção (simplicidade) da estrutura de armazenagem, o baixo custo de armazenamento e o aproveitamento da palha e do sabugo triturados (rolão) na alimentação animal. Da produção nacional de milho, cerca de 30 a 40% permanecem armazenados em espigas, em paióis, para alimentação dos animais domésticos ou comercialização posterior (SANTOS, 2008). Entretanto, o armazenamento em espigas dificulta o controle de uma das principais pragas de armazenamento do milho, o *Sitophilus zeamais*, considerada uma praga primária para a cultura do milho, apresenta infestação cruzada, podendo colonizar as sementes ainda no campo (LORINI, 2015). Os danos gerados em decorrência da presença desse inseto praga nas sementes são diversos, se destacando a perda de peso, a redução da germinação e do vigor das sementes (SANTOS, 2021).

O principal método de controle do caruncho do milho é o expurgo com produtos químicos fumigantes, como o fosfeto de alumínio e o fosfeto de magnésio. Embora eficientes, os métodos químicos de controle de pragas de produtos armazenados são altamente tóxicos, podendo causar prejuízos ao meio ambiente, além de induzir a resistência da praga se utilizado em repetição sem a alternância de princípios ativos. Com isso, vem crescendo a demanda por novas técnicas de controle de pragas de sementes e grãos armazenados, dentre elas o uso de produtos naturais de plantas com propriedades inseticidas, os quais tem se tornado ferramenta de estudo de diversos pesquisadores, sendo esta considerada como uma alternativa viável no controle e na repelência de insetos pragas (BONOME et al., 2020).

Terra de diatomácea, cinzas e produtos vegetais desidratados e moídos têm sido amplamente utilizados no controle de caruncho e apresentado ótimos resultados (BONOME et al., 2020). Entretanto, a eficiência destes produtos aplicados na forma de pó é alta quando grãos e sementes são armazenados a granel e baixa quando acondicionados em espiga empalhada, pois a palha acaba protegendo os carunchos do contato com os produtos de formulações em pó. Assim, há uma crescente demanda por pesquisas com produtos naturais aplicados na forma de fumigação, os quais podem penetrar a palha da espiga de milho e controlar a incidência do caruncho nas sementes e grãos armazenados em espiga.

Diante disso, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a eficácia da fumigação de óleo essencial de *Citrus latifolia* e *Cymbopogon winterianus* no controle e repelência de *sitophilus zeamais*.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Fisiologia Vegetal e Análise de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul, PR. As sementes de milho da variedade IPR 164 foram obtidas com agricultor da região de Laranjeiras do Sul, PR.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema unifatorial. Os tratamentos foram constituídos de óleo essencial de lima ácida (*Citrus latifolia*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) e combinação lima ácida 50% + citronela 50%, nas concentrações de 50, 150 e 250 $\mu\text{L/L}$ de ar para todos tratamentos e testemunha (sem óleo essencial).

A extração do óleo essencial de lima ácida foi realizada no laboratório de Fisiologia vegetal, utilizando equipamento do tipo Clevenger, com balão de vidro com capacidade de 2000 mL, utilizando aproximadamente 300 gramas de folhas *in natura*. O período de extração foi de 8 horas após iniciar a fervura. Após a extração do óleo essencial realizou-se a separação deste do hidrolato em funil de separação para obtenção o óleo puro. O óleo essencial de citronela puro foi adquirido da empresa Silicamp Ltda.

Os insetos foram mantidos e multiplicados no laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, PR, sob condições de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $60\%\pm 10\%$. A criação foi mantida em recipientes de vidro e vedado com tecido voil contendo grãos de milho na proporção de 300 g de milho para 30 insetos adultos. A cada trinta dias foi realizado o processo de repicagem, que consiste na transferência de 30 insetos adultos para novos frascos com 300 g de milho. O confinamento dos insetos foi realizado durante 30 dias para efetuarem a postura e, em seguida, foram retirados e os recipientes armazenados até a emergência dos espécimes da geração F1.

Os seguintes testes foram realizados: umidade das sementes, mortalidade de insetos, repelência, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de milho. A determinação do grau de umidade das sementes, a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação foram realizados apenas nos tratamentos com os diferentes óleos essenciais e sua combinação na concentração de 250 $\mu\text{L/L}$ de ar.

A determinação do grau de umidade das sementes foi realizada pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009).

O teste de germinação foi realizado utilizando-se 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento. Sementes de cada tratamento foram colocadas para germinar em papel germitest

previamente umedecido com 2,5 mL de água destilada para cada grama de papel. Os tratamentos permaneceram por sete dias em câmara de germinação mangelsdorf com temperatura a 25°C. As contagens de plântulas normais foram realizadas ao quarto e sétimo dia após a sementeira. No sétimo dia foi contabilizado o total de plântulas normais, anormais, mortas e dormentes e somente as classificadas como normais foram consideradas germinadas (BRASIL, 2009).

Para o teste de repelência, cada tratamento foi avaliado isoladamente com o uso de uma arena de madeira com tampo em vidro composta por cinco recipientes circulares de 8 cm de diâmetro (1, 2, 3, 4 e 5 – Figura 1), interligando os quatro recipientes dos cantos simetricamente ao central por um caminho de aproximadamente 2 cm de largura e 10 de comprimento para o tráfego dos insetos. Em cada recipiente da extremidade da arena (1, 2, 3 e 4), foram colocados 20 gramas de sementes, sendo em duas extremidades (2 e 4) a testemunha e nas outras (1 e 3) o tratamento. A aplicação do óleo essencial para a fumigação foi feita em um algodão de aproximadamente 2 cm de diâmetro, fixado na tampa de vidro da arena para evitar o contato direto com os insetos, com as concentrações de 50, 150 e 250 µL/L de ar para cada tratamento, calculadas a partir do volume do recipiente da arena.

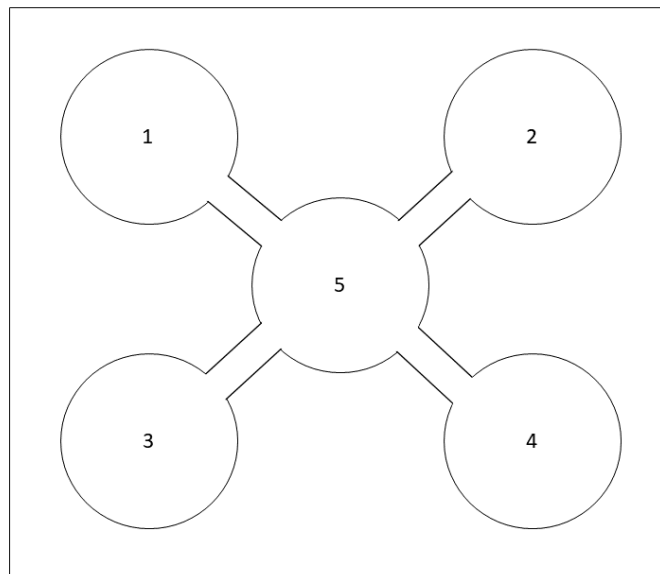


Figura 2. Esquema das arenas utilizadas para realização do bioensaio de repelência.

No recipiente central foram liberados 50 insetos e, após 24 horas, foi contado o número de insetos em cada recipiente. Foram utilizadas 4 repetições para cada tratamento. Foi determinado o Índice de Repelência (IR) pela fórmula $IR=2G/(G + P)$, onde G = % de insetos no tratamento e P = % de insetos na testemunha. Os valores do IR variam entre 0 - 2, indicando: IR = 1, tratamento

neutro; $IR > 1$, tratamento atraente e $IR < 1$, tratamento repelente (LIN; KOGAN; FISCHER, 1990).

O bioensaio de mortalidade foi realizado em quatro repetições em frascos de vidro de 500 cm³ e tampa de metal. A aplicação do óleo essencial de cada tratamento para a fumigação foi feita em um algodão de aproximadamente 2 cm de diâmetro fixado na tampa do frasco. Foi utilizado tecido voil com um espaçador fabricado com papelão (Figura 2) para separar os insetos do local de aplicação do óleo essencial, evitando assim, o contato direto dos animais com o produto. Posteriormente, foram adicionados 20 g de sementes milho sem nenhum tratamento e 20 insetos de *Sitophilus zeamais* não sexados, com idade de até 30 dias em cada pote. Foi avaliada a mortalidade dos insetos em cada tratamento, a cada 24 horas, por 10 dias.

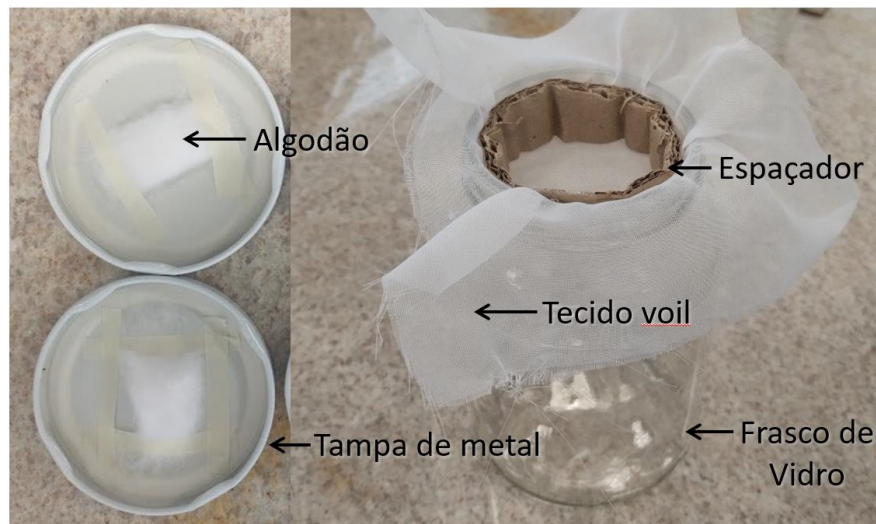


Figura 2. Recipiente e tampa utilizados para realização do bioensaio de mortalidade por fumigação com o tecido voil e com espaçador.

Os dados de germinação e índice de velocidade de germinação foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao se identificar diferenças entre os tratamentos aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para a comparação entre as médias dos tratamentos. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar (FERREIRA, 2000). Nos testes de mortalidade e de repelência de insetos foram utilizadas apenas barra de erro padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste de mortalidade de *Sitophilus zeamais* foi observado que o tratamento mais eficiente foi a fumigação com óleo essencial de lima ácida (*Citrus latifolia*), seguido do tratamento com a combinação dos óleos essenciais de lima ácida 50% + citronela 50% e, por fim, o tratamento

com citronela (Figuras 3 A, B, C e D). Em todos os tratamentos a mortalidade cumulativa foi diretamente proporcional ao aumento da concentração do óleo essencial, exceção para o óleo de citronela quando aplicado isoladamente, em que as concentrações de 50 e 150 $\mu\text{L/L}$ de ar, não diferiram da testemunha.

Os tratamentos com óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) foram pouco eficientes na mortalidade dos insetos, menor do que 30% na maior concentração de aplicação, 250 $\mu\text{L/L}$ de ar (Figura 3 A). A combinação dos óleos essenciais de lima ácida + citronela provocou mortalidade intermediária, 40% dos insetos a partir do oitavo dia de exposição, em comparação aos produtos utilizados isoladamente (Figura 3 C), demonstrando não haver sinergismo entre os óleos essenciais.

Por outro lado, o óleo essencial de lima ácida quando aplicado numa concentração de 250 $\mu\text{L/L}$ de ar provocou uma mortalidade de aproximadamente 80% dos insetos após 7 dias de exposição ao produto, e de 100% após 9 dias de exposição, demonstrando um alto potencial inseticida. Os óleos essenciais estão sendo amplamente pesquisados e atualmente representam uma importante alternativa no controle de insetos pragas. Dentre algumas vantagens da utilização de inseticidas botânicos, ressalta-se a menor probabilidade de desenvolvimento de resistência do inseto, devido normalmente ser composto por um conjunto de moléculas e não por uma isolada, menor impacto ambiental e ao homem (AGUIAR-MENEZES, 2005).

A Figura 3 D apresenta todos os tratamentos em um único gráfico com o objetivo de facilitar a visualização da eficácia de cada produto utilizado.

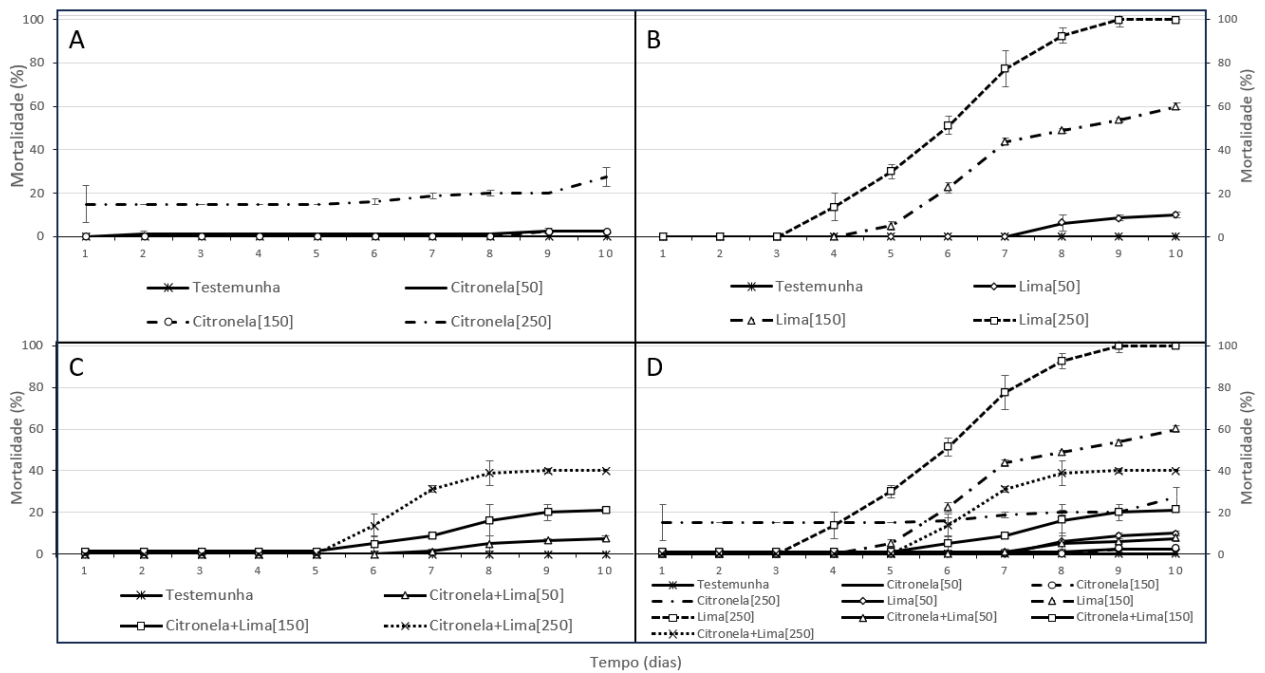
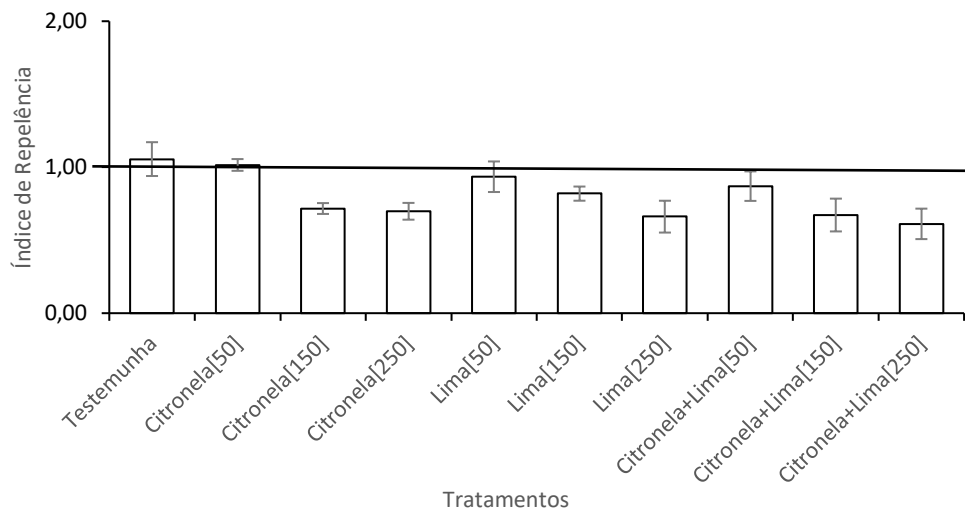


Figura 3. Mortalidade cumulativa diária de *Sitophilus zeamais* expostos a fumigação de diferentes concentrações de óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) (A), lima ácida (*Citrus latifolia*) (B) e da combinação lima ácida + citronela (C) e gráfico contendo todos os tratamentos (D).

Todos os tratamentos utilizados apresentaram ação repelente sobre *Sitophilus zeamais*, exceção da testemunha e dos tratamentos na menor concentração (Figura 4). Observa-se ainda um aumento da repelência dos insetos com o aumento da concentração dos óleos essenciais quando aplicados tanto isoladamente quanto em combinação.

A repelência é uma reação do sistema sensorial do inseto, quando o mesmo é exposto a substâncias indesejáveis. Os insetos possuem quimiorreceptores localizados em diversas partes do seu corpo, que são responsáveis por avaliar as condições do ambiente onde o inseto se encontra, fugindo caso as condições não sejam favoráveis (SAMPAIO et al., 2017). A ação repelente é uma propriedade relevante a ser considerada no controle de pragas de produtos armazenados, pois quanto maior a repelência menor será a infestação, reduzindo ou suprimindo a postura e, conseqüentemente o número de insetos emergidos (ALBIERO, FREIBERGER, VANIN, 2020).



Índice de Repelência = IR > que 1: atraente; IR < que 1: repelente IR = a 1: neutro (linha inteira)

Figura 4. Índice de Repelência de *Sitophilus zeamais* expostos a fumigação de diferentes concentrações de óleo essencial de lima ácida (*Citrus latifolia*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) e da combinação lima ácida + citronela.

O grau de umidade das sementes permaneceu na faixa de 14 % durante toda a condução da pesquisa, não alterando com o processo de fumigação (dados não mostrados). Além disso, a fumigação com os diferentes óleos essenciais e sua combinação não prejudicou a germinação e o vigor das sementes de milho, demonstrando não haver efeito fitotóxico dos produtos nas sementes (Figuras 5 e 6).

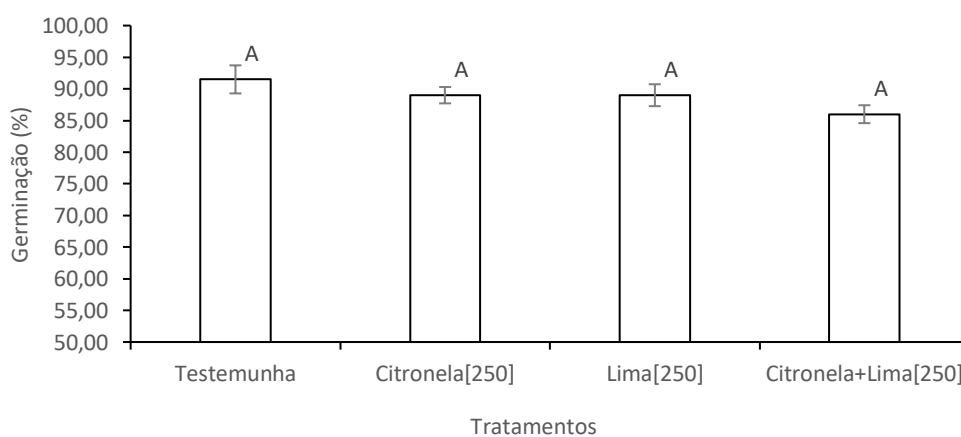


Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes de *Zea mays* var. IPR 164 após fumigação com óleos essenciais de lima ácida (*Citrus latifolia*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) e a combinação dos óleos essenciais na concentração de 250 $\mu\text{L/L}$ de ar.

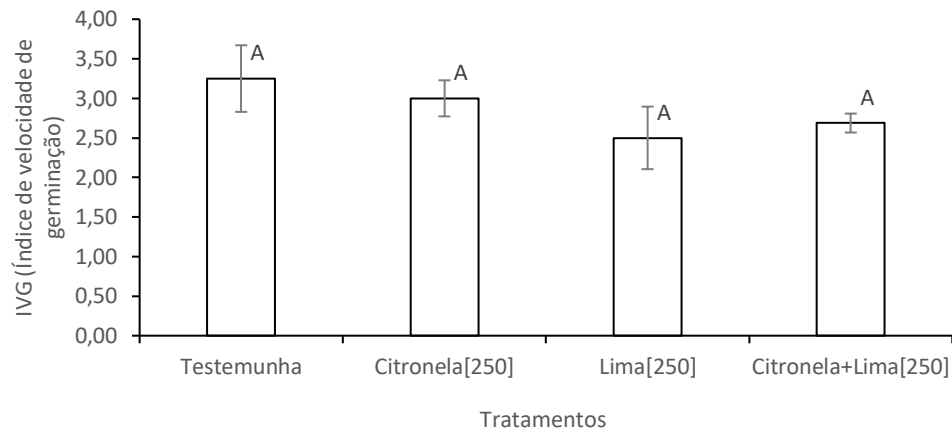


Figura 6. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Zea mays* var. IPR 164 após fumigação com óleos essenciais de lima ácida (*Citrus latifolia*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) e a combinação dos óleos essenciais na concentração de 250 $\mu\text{L/L}$ de ar.

Esses resultados são de grande relevância, pois demonstram que os tratamentos, nas concentrações utilizadas no presente trabalho, não afetam a qualidade fisiológica das sementes. Informações como estas são escassas na literatura, já que a maior parte dos estudos com tratamentos alternativos de sementes se dedicam a avaliar a eficácia dos produtos no controle dos insetos, sendo dada pouca atenção a qualidade fisiológica das sementes (BONOME et al., 2020; PORTOLAN, 2020). De modo geral, os resultados obtidos no trabalho demonstraram uma alta eficiência da fumigação com o óleo essencial de lima ácida na mortalidade e repelência do *Sitophilus zeamais* sem prejudicar a qualidade fisiológica das sementes. Por outro lado, os tratamentos com óleo essencial de citronela e com a combinação dos óleos essenciais foram eficientes apenas na repelência, mas também não interferiram na qualidade fisiológica das sementes.

CONCLUSÃO

A fumigação com óleo essencial de lima ácida (*Citrus latifolia*) se mostrou o tratamento alternativo mais eficiente para o controle do *Sitophilus zeamais*, com eficácia de 100% de mortalidade na concentração de 250 $\mu\text{L/L}$ de ar.

O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) foi o tratamento com menor potencial inseticida, enquanto a combinação dos óleos essenciais apresentou ação inseticida intermediária, não demonstrando sinergismo entre os produtos.

O poder inseticida dos óleos essenciais foi maior nas maiores concentrações de fumigação.

Todos os óleos essenciais apresentaram ação repelente a partir de 150 $\mu\text{L/L}$ de ar. Nenhum dos tratamentos prejudicou a qualidade fisiológica das sementes.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR-MENEZES, E. L. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação, e uso agrícola. Seropédica: **EMBRAPA Agrobiologia**, 2005. 58p. (EMBRAPA Agrobiologia. Documentos, 205).
- ALBIERO, B.; FREIBERGER, G.; VANIN, A.B.. Atividade inseticida e repelente de extrato e pó de sementes de *Anethum graveolens* e *Azadirachta indica* frente ao *Sitophilus zeamais*. **Scientia Plena**, Joaçaba Sc, v. 16, n. 4, p. 1-9, 25 maio 2020.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial. Curitiba: **Layr Studio Gráfico e Editora Ltda.**, 2009. 106p
- BONOME L.T.S., BITTENCOURT H.V.H., MOURA G.S., FRANZENER G., DE CARVALHO J.H. (2020) Natural Products for Alternative Seed Treatment. In: TIWARI A.K. (eds) **Advances in Seed Production and Management**. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4198-8_18.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395 p.
- CONTROLADORIA GERAL DA UNIAO - CGU. **Relatório de avaliação** - crédito rural do âmbito do programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar - PRONAF, 2020. Disponível em: <www.cgu.gov.br>. Acesso em: 12 de novembro 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para à agropecuária. Safra 2019/2020**, v.7, 102p. 2019.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção nacional de grãos é estimada em 312,2 milhões de toneladas na safra 2022/23**, Brasília, DF, v. 9, n. 11, p. 1-85, 1 ago. 2022. Disponível em:<https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 27 ago. 2023.
- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 2000.
- FONSECA, M.J.O. MILHO Produção vegetal: Secagem e Armazenamento. **Embrapa Milho e Sorgo**, [S. l.], p. 0-1, 8 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/secagem-e-armazenamento>. Acesso em: 27 ago. 2023
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 22 set. 2023.

LIN, H.; KOGAN, M.; FISCHER, D. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. **Environmental Entomology**, n. 19, p. 1852-1857, 1990.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 84 p.

LUDWIG, M. P. **Princípios da pós-colheita de grãos e sementes**. Ibirubá. IFRS, 2017.

SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p257-302.

SANTOS, J.P. Pragas de Grãos Armazenados: Milho. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, DF, p. 1-10, 8 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho>. Acesso em: 13 out. 2023

SILVA et al, 2019. Atividade repelente do extrato de *Annona muricata* L. (Annonaceae) sobre o gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, Suplemento, p. 99-79, 2019.

SILVA, F.S.; et al. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p.45- 56, 2010.