

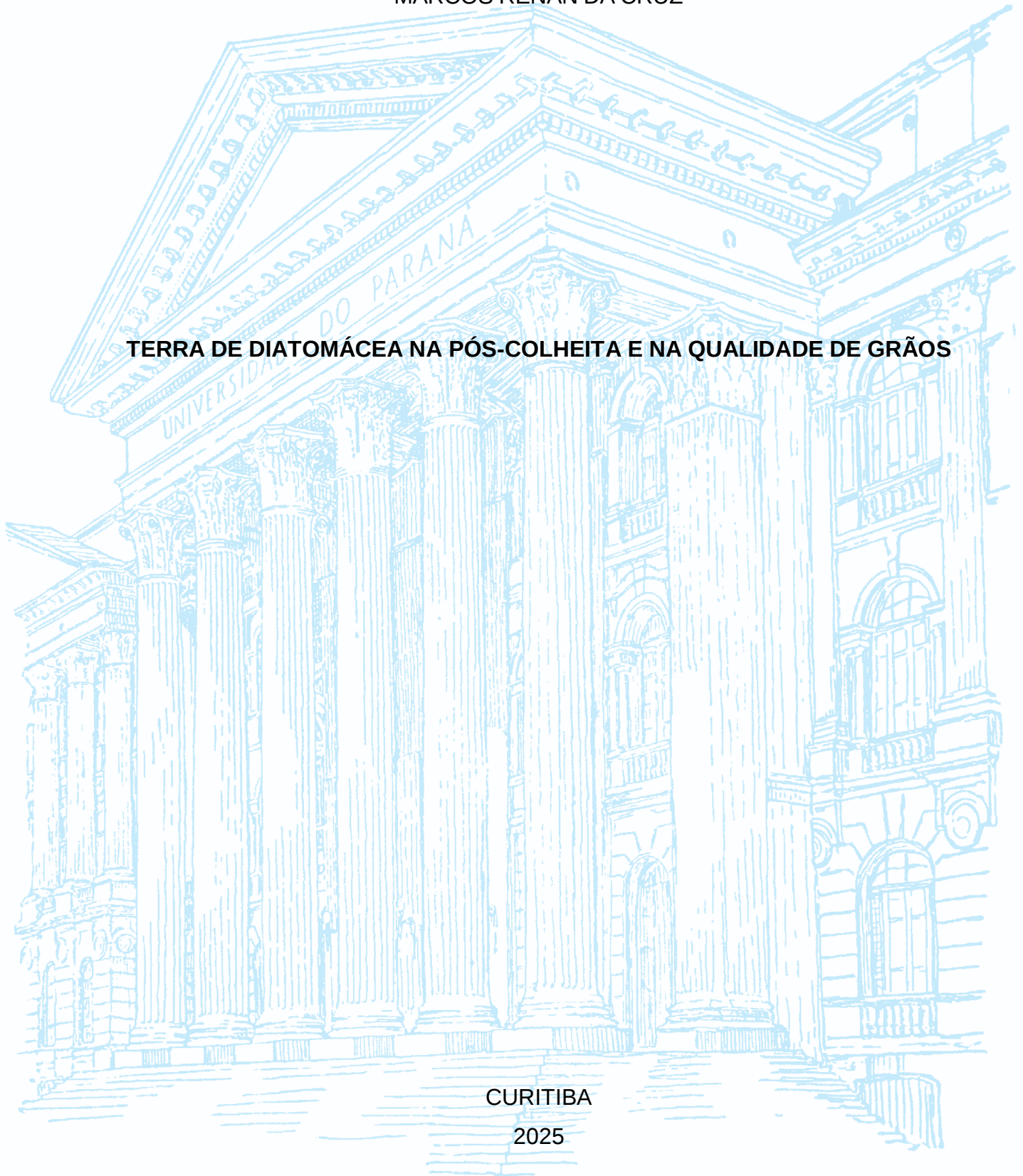
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS RENAN DA CRUZ

TERRA DE DIATOMÁCEA NA PÓS-COLHEITA E NA QUALIDADE DE GRÃOS

CURITIBA

2025



MARCOS RENAN DA CRUZ

TERRA DE DIATOMÁCEA NA PÓS-COLHEITA E NA QUALIDADE DE GRÃOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a Dra. Adriana Martinelli Seneme

CURITIBA
2025

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS RENAN DA CRUZ

TERRA DE DIATOMÁCEA NA PÓS-COLHEITA E NA QUALIDADE DE GRÃOS

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANA MARTINELLI SENEME**
Data: 08/07/2025 15:33:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Adriana Martinelli Seneme

Orientadora – Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, UFPR

Documento assinado digitalmente
 **ALESSANDRA KEIKO NAKASONE**
Data: 08/07/2025 16:51:51-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Alessandra Keiko Nakasone

Pesquisadora A – Embrapa Florestas

Documento assinado digitalmente
 **MARILEIA REGINA FERREIRA**
Data: 08/07/2025 15:43:44-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Mariléia Regina Ferreira

Especialista Agropecuário da Defesa Agropecuária, SAA, SP

Curitiba, 04 de julho de 2025

RESUMO

O armazenamento de grãos é uma etapa essencial na cadeia produtiva agrícola, mas enfrenta desafios relacionados ao controle de pragas que comprometem a qualidade e a segurança alimentar. O uso excessivo de agrotóxicos representa riscos à saúde humana e ao meio ambiente, além de favorecer a resistência de insetos. Nesse contexto, a terra de diatomácea (TD) surge como uma alternativa sustentável, segura e eficaz para o manejo de pragas na pós-colheita. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a aplicação da TD no controle de pragas em grãos armazenados, sua influência na qualidade dos grãos e seu potencial de integração ao Manejo Integrado de Pragas (MIP). A partir da análise de quinze artigos científicos, constatou-se que a TD possui elevada eficácia inseticida, principalmente quando associada a extratos botânicos ou reguladores de crescimento. Além disso, promove a preservação da qualidade física, fisiológica e sanitária dos grãos, sendo uma ferramenta promissora para a agricultura sustentável. Contudo, limitações como a redução da eficácia em ambientes úmidos e os riscos relacionados à exposição ao pó devem ser consideradas. As perspectivas futuras incluem o desenvolvimento de formulações mais eficientes, o fortalecimento de políticas públicas relacionadas ao meio ambiente que incentivem seu uso e a consolidação da TD como componente estratégico na agricultura moderna.

Palavras-chave: insetos; manejo integrado de pragas; controle de pragas; grãos armazenados; agricultura sustentável.

ABSTRACT

The storage of grains is a crucial step in the agricultural production chain but faces challenges related to pest control, which compromises quality and food safety. The excessive use of pesticides poses risks to human health and the environment, in addition to fostering insect resistance. In this context, diatomaceous earth (DE) emerges as a sustainable, safe, and effective alternative for post-harvest pest management. This study aimed to conduct a literature review on the application of DE for pest control in stored grains, its influence on grain quality, and its potential integration into Integrated Pest Management (IPM). From the analysis of fifteen scientific articles, it was found that DE has high insecticidal efficacy, especially when combined with botanical extracts or insect growth regulators. Furthermore, it promotes the preservation of the physical, physiological, and sanitary quality of grains, making it a promising tool for sustainable agriculture. However, limitations such as reduced efficacy in humid environments and risks associated with dust exposure must be considered. Future prospects include the development of more efficient formulations, the strengthening of public policies to encourage its use, and the consolidation of DE as a strategic component in modern agriculture.

Keywords: insects; integrated pest management; pest control; stored grains; sustainable agriculture.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Frequência de pragas estudadas nos artigos analisados sobre o uso da terra de diatomácea em grãos armazenados no período de 2005 a 2015	21
FIGURA 2 - Efetividade da terra diatomácea associada aos agrotóxicos nos artigos analisados sobre o uso da td em grãos armazenados no período de 2005 a 2015.	22
FIGURA 3 - Efeito da umidade relativa do ar na eficácia da TD nos artigos analisados sobre o uso da terra de diatomácea em grãos armazenados no período de 2005 a 2015	23
FIGURA 4 - Relação entre concentração da TD e eficácia nos artigos analisados sobre o uso da terra de diatomácea em grãos armazenados no período de 2005 a 2015	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	06
1.1 OBJETIVOS	07
1.1.1 Objetivo geral	07
1.1.2 Objetivos específicos	08
2 REVISÃO DE LITERATURA	09
2.1 A pós-colheita de grãos	09
2.2 Uso de agrotóxicos	11
2.3 A terra diatomácea	14
2.4 Manejo integrado de pragas (MIP)	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Eficácia da terra diatomácea no controle de pragas em comparação com agrotóxicos	20
4.2 Impactos do uso de agrotóxicos	23
4.3 Impacto da terra diatomácea na preservação da qualidade dos grãos	25
4.4 Limitações e desafios associados à sua aplicação	25
4.5 Impactos do uso de agrotóxicos na saúde humana e no meio ambiente	26
5 PERSPECTIVAS FUTURAS	27
6 CONCLUSÃO	29
7 REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A projeção mais recente para a safra de grãos 2024/25, aponta para uma produção total de 332,9 milhões de toneladas. Esse volume representa um crescimento de 11,9%, o equivalente a 35,4 milhões de toneladas, em relação à safra anterior. A soja apresenta o maior crescimento, com estimativa de 168,3 milhões de toneladas colhidas, seguida pelo milho, com 126,9 milhões de toneladas e pelo arroz, com 12,1 milhões de toneladas (Conab, 2025).

No que se refere ao mercado externo, a soja se destaca não apenas pelo volume produzido, mas também pela expressiva participação nas exportações brasileiras. Aproximadamente 130,9 milhões de toneladas são destinadas ao comércio internacional, considerando os três principais produtos derivados: soja em grão, farelo e óleo. O milho também possui relevância no cenário exportador, com cerca de 34 milhões de toneladas comercializadas com outros países. Já o arroz, embora em menor escala, apresenta um volume exportado estimado em 2 milhões de toneladas, contribuindo de forma complementar para a balança comercial agrícola nacional (Conab, 2025).

A armazenagem de grãos é uma importante etapa na cadeia produtiva agrícola, sendo essencial para garantir a qualidade e a segurança alimentar até o momento do consumo ou comercialização. Um dos maiores desafios enfrentados no armazenamento de produtos agrícolas, é o controle de pragas que se desenvolvem durante o armazenamento. Esses insetos são de difícil manejo e exigem conhecimento técnico específico para garantir que os grãos permaneçam livres de infestações. A presença dessas pragas compromete significativamente a qualidade dos grãos, podendo inviabilizar sua comercialização (Lorini et al., 2015).

O controle químico, frequentemente utilizado para combater essas pragas, pode representar riscos tanto à saúde humana e animal quanto ao meio ambiente, devido à presença de resíduos tóxicos nos grãos e seus derivados (Ferreira; Martinelli-Seneme; Leite, 2023). Além disso, a quantidade de inseticidas registrados para esse fim é limitada, e seu uso contínuo favorece o desenvolvimento de resistência por parte dos insetos (Collins; Schlipalius, 2018), assim como o aumento de resíduos que podem estar presentes no produto final

(Rani et al., 2021). Entre os principais produtos químicos utilizados estão os protetores (divididos entre organofosforados e piretroides) e os fumigantes, como a fosfina (PH_3), amplamente empregada pela sua alta eficiência. No entanto, para garantir sua eficácia, é necessário monitorar cuidadosamente variáveis como a concentração do gás durante o processo de expurgo (Lorini et al., 2015).

Uma alternativa ao uso de inseticidas convencionais é a terra de diatomáceas (TD), um pó inerte com propriedades inseticidas que pode ser utilizado em diferentes aplicações, inclusive no controle de pragas em grãos armazenados (Carvalho, 2019). Existem formulações comerciais à base de TD registradas no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), destinadas especificamente para essa finalidade (Brasil, 2025).

A TD é originada de algas fossilizadas, ricas em minerais (especialmente dióxido de silício), que são processadas até se tornarem um pó fino, capaz de ser misturado à massa de grãos (Antunes; Dionello, 2021). O princípio ativo do produto atua desidratando os insetos por meio da absorção de lipídios da cutícula, levando-os à morte em poucos dias (Baliota; Athanassiou, 2020). É um método seguro, com efeito residual prolongado, desde que o ambiente de armazenamento seja controlado em relação à umidade, pois a terra de diatomáceas é higroscópica. Devido ao seu alto teor de sílica e à sua capacidade de aderência ao corpo dos insetos, mostra-se eficiente no combate às pragas (Rossato, 2013).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão de literatura sobre o uso da terra diatomácea na agricultura, considerando suas aplicações tanto no controle de pragas em grãos armazenados, avaliando sua eficácia, segurança, impacto na qualidade dos produtos e potencial de integração a práticas sustentáveis, como o Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Avaliar e divulgar as vantagens desse produto como uma alternativa eficaz e acessível para os produtores rurais, incentivando sua adoção como ferramenta estratégica para a conservação dos grãos durante o armazenamento.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a eficácia da terra diatomácea no controle de pragas de grãos armazenados, com foco na preservação da qualidade física, fisiológica e sanitária dos grãos;
- Comparar os impactos do uso da terra diatomácea com os agrotóxicos tradicionais em termos de eficiência, segurança e sustentabilidade;
- Discutir a viabilidade da inserção da terra diatomácea no Manejo Integrado de Pragas (MIP), considerando aspectos técnicos, ambientais e econômicos;
- Levantar evidências científicas recentes sobre os benefícios e limitações do uso da terra diatomácea na agricultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PÓS-COLHEITA DE GRÃOS

Manter a boa condição de grãos e sementes é crucial para o êxito da produção no campo, assegurando tanto a capacidade de germinação quanto o valor de mercado dos produtos guardados. Grãos que não atingem um bom padrão afetam negativamente a produção agrícola futura e causam perdas financeiras importantes no setor do agronegócio (Brasil, 2009).

As perdas de grãos na pós-colheita têm se tornado um problema mundial em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Estas perdas podem variar entre 15% e 50% da produção total, sendo a ocorrência de insetos-praga uma das principais causas (Mwangi et al., 2017). No armazenamento, as perdas costumam ser irreversíveis (Campos; Zorzenon, 2006).

No período de armazenamento, os grãos ficam expostos a diversos elementos que prejudicam sua qualidade, como temperatura, umidade, ataque de pragas, microrganismos e fungos que produzem toxinas. A preservação da qualidade após a colheita depende de ações corretas desde a secagem até a estocagem, incluindo controle da umidade, ventilação e uso de técnicas de proteção, como atmosfera controlada ou uso de substâncias inertes (Baudet; Villela, 2006).

Além das características físicas e biológicas, a sanidade é um ponto fundamental. Fungos como *Aspergillus* e *Penicillium* podem gerar micotoxinas que prejudicam a qualidade dos alimentos e trazem perigos à saúde de pessoas e animais (Magan; Aldred, 2007). Portanto, métodos que assegurem a integridade dos grãos também são uma questão de segurança alimentar.

A semente, por sua vez, é o elemento mais importante da agricultura, pois determina a produtividade e o potencial genético das plantações. A manutenção da qualidade biológica da semente, como germinação e vigor, está ligada diretamente às condições de armazenamento, especialmente temperatura e nível de água. Quando guardadas de maneira errada, as sementes perdem rapidamente sua capacidade de germinar, prejudicando o desenvolvimento da cultura (Peske et al., 2012).

Com o progresso das pesquisas, novas tecnologias estão sendo usadas na conservação, como o uso de produtos naturais, controle biológico de pragas, e materiais alternativos como a terra de diatomáceas, que age como inseticida natural (Rossato, 2013).

Os insetos que danificam os grãos armazenados se multiplicam rapidamente e completam muitas gerações em pouco tempo, causando grandes perdas durante o armazenamento. Eles prejudicam a qualidade das sementes, consumindo suas reservas e aumentando a atividade respiratória, o que pode levar à fermentação e a proliferação de fungos (Mariano; Santos; Santos, 2006). Os insetos que atacam grãos armazenados podem ser classificados de acordo com a forma de alimentação, em pragas primárias e secundárias (Santos, 1993).

As pragas primárias conseguem atacar grãos intactos, entrando neles e dando início à infestação. Alimentam-se de todo tecido de reserva da semente, possibilitando a entrada de outros agentes de deterioração. Entre as principais pragas, estão o *Sitophilus zeamais* (gorgulho-do-milho), o *Sitophilus oryzae* (gorgulho dos cereais) e a *Rhyzopertha dominica* (besourinho dos cereais) (Lorini et al., 2010). Elas se reproduzem rapidamente e, em condições ideais de temperatura e umidade, podem causar grande perda de peso e qualidade dos grãos (Faroni, 1997).

Já as pragas secundárias se alimentam de grãos que já foram danificados, seja por outras pragas, por quebras ou umidade. Multiplicam-se rapidamente e podem causar grandes prejuízos. Incluem o *Tribolium castaneum* (besouro castanho), o *Oryzaephilus surinamensis* e o *Cryptolestes ferrugineus* que aceleram a deterioração dos grãos e indicam problemas de cuidado e limpeza no armazém (Lorini, 2015).

Além do dano direto causado pela alimentação dos insetos, a infestação pode aumentar o calor e a umidade da massa de grãos, o que favorece o crescimento de fungos e a produção de micotoxinas, como as aflatoxinas, sendo altamente tóxicas para a saúde humana e animal (Bento, 2012).

2.2 USO DE AGROTÓXICOS

A fase pós-colheita representa um dos momentos mais críticos da produção agrícola, principalmente no que diz respeito à conservação da qualidade e à redução de perdas de grãos, frutas e hortaliças. Estima-se que entre 10 a 15% da produção agrícola mundial se perde após a colheita, considerando todas as etapas da lavoura à oferta ao consumidor (colheita, armazenagem, transporte e processamento), sendo os fatores bióticos, como fungos, insetos e bactérias, os principais responsáveis por essas perdas (Lorini, 2015; Conab, 2023).

Para mitigar esses danos, o uso de agrotóxicos durante a armazenagem tem se mostrado uma prática comum e eficaz, sendo os tratamentos preventivos (protetores) e curativos (fumigantes) os principais métodos utilizados para o controle de pragas em unidades armazenadoras. Dentre as diferentes estratégias sugeridas está o Manejo Integrado de Pragas (MIP) de grãos armazenados (Lorini, 2015; Lorini, 2018).

Quando o armazenamento dos grãos ou sementes ultrapassar um período de 60 dias, recomenda-se a realização de um tratamento químico preventivo com o objetivo de evitar infestações de pragas. Esse procedimento envolve a aplicação de inseticidas líquidos diretamente sobre os grãos, durante o carregamento no armazém, na correia transportadora ou no momento do ensaque. Dessa maneira, cria-se uma barreira protetora que dificulta a instalação de pragas na massa de grãos ou nos lotes de sementes (Santos et al., 2006).

A fumigação, também conhecida como expurgo, é uma prática utilizada no controle de pragas que infestam sementes e grãos armazenados, por meio da aplicação de gases. Esse procedimento deve ser adotado sempre que for detectada infestação em lotes, silos ou armazéns (Lorini et al., 2013). Os inseticidas fumigantes, devido à sua alta capacidade de expansão e, muitas vezes, à ausência de resíduos tóxicos, representam uma solução eficaz no controle de pragas (De Rezende, 2008).

A fosfina (PH_3), liberada a partir do fosfeto de alumínio ou de magnésio quando em contato com a umidade do ar, é um gás extremamente tóxico com

ação biocida ampla. Sua eficácia abrange todas as fases do ciclo de vida das pragas que atacam sementes armazenadas, incluindo ovos, larvas, pupas e adultos (Lorini, 2012).

Atualmente existem no país 10 princípios ativos de inseticidas protetores e fumigantes registrados para uso, sendo os piretroides bifentrina, deltametrina e lambda-cialotrina, os organofosforados fenitrotrona e pirimifós-metílico, os inorgânicos precursores de fosfina fosfeto de alumínio e fosfeto de magnésio, além da própria fosfina e o inorgânico terra diatomácea. Como biológico, o *Habrobracon hebetor*, publicado no Diário Oficial da União (DOU) em janeiro de 2021. A espécie *H. hebetor* é uma vespa parasitoide que age sobre as traças no armazém, interrompendo seu ciclo. Estes princípios ativos compõem 24 marcas comerciais e possuem registro para controle de 11 espécies de insetos-pragas de grãos armazenados: *R. dominica*, *S. oryzae*, *S. zeamais*, *T. castaneum*, *O. surinamensis*, *C. ferrugineus*, *S. cerealella*, *P. interpunctella*, *Carthatus quadricollis*, *Laemophloeus minutus* e *Tenebroides mauritanicus* (Brasil, 2015; Pimentel et al., 2020)

A aplicação da fosfina no manejo de insetos-praga em grãos armazenados apresenta diversas vantagens operacionais. Entre elas, destaca-se a liberação gradual do gás, o que contribui para uma maior segurança ao aplicador. Quando utilizada na forma de sachês, não há formação de resíduos particulados após o tratamento (Campos et al., 1991). A fosfina também possui densidade próxima à do ar, favorecendo sua distribuição homogênea no ambiente fumigado. Outro aspecto positivo é sua facilidade de transporte e o fato de não comprometer a viabilidade fisiológica das sementes, podendo ser gerada diretamente no local da aplicação por meio da reação da formulação sólida com a umidade do ar (Subramanyam, 2018).

Entretanto, o uso da fosfina também apresenta limitações. A eficácia do tratamento está condicionada à vedação adequada do ambiente, o que demanda estruturas herméticas. O tempo de exposição necessário é relativamente prolongado, variando entre 96 e 288 horas, dependendo das condições ambientais e do nível de infestação. Além disso, existe a possibilidade de desenvolvimento de resistência por parte das populações de insetos (Lorini et al., 2015; Nayak et al., 2020). Após o tratamento, os resíduos sólidos das

formulações (comprimidos ou pastilhas) devem ser devidamente recolhidos. Há ainda a possibilidade de corrosão de metais sensíveis, como ferro e cobre, em contato com o gás (Subramanyam, 2018).

As condições ambientais do armazém, especialmente temperatura e umidade relativa do ar, exercem influência direta sobre a eficácia da fumigação com fosfina (Pereira, 2019). A eficiência do tratamento está fortemente condicionada a esses fatores, pois interferem na liberação e na difusão do gás no ambiente (Daglish, 2008). Para que o controle das pragas seja eficaz, recomenda-se um tempo mínimo de exposição de 120 horas quando a temperatura ambiente for superior a 10°C (Lorini et al., 2011). Em temperaturas inferiores a esse valor, o uso de fosfina em pastilhas não é indicado, uma vez que a liberação do gás se torna insuficiente, comprometendo o desempenho do expurgo. Em relação à umidade relativa do ar, é essencial que se mantenha acima de 25% durante todo o período de exposição. Valores inferiores dificultam a liberação adequada da fosfina, tornando o tratamento ineficaz (Pimentel, 2020). A definição do tempo de exposição deve considerar conjuntamente a temperatura e a umidade relativa, priorizando-se sempre o fator mais limitante entre os dois. (White; Leesch, 1996).

De modo geral, o uso de agrotóxicos na agricultura tem sido fundamental para o aumento da produtividade e do controle de pragas. Contudo, a utilização excessiva e, em muitos casos, indiscriminada, pode apresentar riscos para o homem, animais domésticos e o meio ambiente, através de resíduos presentes nos grãos e produtos derivados (Muggleton, 1987). O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, o que acentua a necessidade de estudos sobre os riscos associados a essas substâncias (Lopes; Albuquerque, 2018).

Trabalhadores rurais estão entre os grupos mais vulneráveis à exposição direta aos agrotóxicos. O constante contato com estas substâncias, geralmente sem o uso adequado de EPI, leva a uma série de efeitos agudos e crônicos, incluindo intoxicações, desequilíbrios hormonais e neurológicos (Lopes; Albuquerque, 2018). Além disso, a exposição prolongada a essas substâncias está ligada a problemas de fertilidade e dificuldades respiratórias (Pereira; Costa; Lima, 2019). Além das intoxicações agudas, há um crescente número de estudos que relacionam a exposição crônica a agrotóxicos ao desenvolvimento de

doenças graves, como câncer, malformações congênitas e distúrbios endócrinos (Botelho et al., 2020).

A contaminação da água por agrotóxicos é uma das principais consequências ambientais do uso indiscriminado dessas substâncias. As aplicações nas lavouras são facilmente transportadas pela água da chuva, atingindo rios, lagos e lençóis freáticos (Tavella et al., 2011; Américo et al., 2015). Esse processo compromete a qualidade da água e coloca em risco os organismos aquáticos e a saúde humana. Também são afetados diversos organismos não-alvos, incluindo insetos polinizadores, aves, anfíbios e microorganismos do solo. A exposição a essas substâncias pode causar alterações genéticas, imunológicas e comportamentais em espécies selvagens, comprometendo o equilíbrio ecológico (Belchior et al., 2017).

Muitos agrotóxicos apresentam alta persistência no ambiente, podendo bioacumular-se na cadeia alimentar. Isso representa um risco não somente para a fauna, mas também para o ser humano, que pode consumir alimentos contaminados ao longo da cadeia (De Andrade Palma; Lourencetti, 2011).

2.3 TERRA DE DIATOMÁCEA

A terra diatomácea (TD) é um material de origem geológica formado por restos fossilizados de diversas espécies de diatomáceas, organismos unicelulares marinhos ricos em sílica. Trata-se de um produto natural e quimicamente estável, que não gera resíduos tóxicos nem interage com outras substâncias (Korunic, 1998). É obtida a partir de depósitos sedimentares de sílica em águas doces e salgadas (Chanbang et al., 2007; Lorini, 2008). Dependendo da fonte geológica, sua composição é dióxido de silício amorfo quase puro, não sendo tóxico para mamíferos (Arnaud et al., 2005). Também contém impurezas, como argilominerais, matéria orgânica, hidróxidos, areia quartzosa e carbonatos de cálcio e magnésio. As diatomáceas possuem, em sua maioria, tamanho variando entre 4 e 500 μm e estão representadas por mais de 12.000 espécies distintas (Souza et al., 2003).

O pó inerte se fixa na epicutícula dos insetos por meio de forças eletrostáticas, provocando a desidratação. Isso ocorre devido à adsorção das

ceras da camada lipídica pelos cristais de sílica, à abrasão da cutícula, ou a ambos os mecanismos. Quando as partículas de sílica adsorvem as moléculas de cera da camada superficial, há a ruptura da barreira lipídica protetora, facilitando a perda de líquidos corporais por evaporação (Golob, 1997). Segundo os fabricantes, para uma boa eficácia do produto, deve ser aplicada em grãos com umidade em torno de 13% e em doses de 1000 a 2000 g/t (Lorini et al., 2015).

O tratamento de sementes e grãos utilizando terra de diatomáceas apresenta diversas vantagens em comparação aos métodos convencionais, como: eficácia no controle de diferentes espécies de insetos-praga que atacam os grãos armazenados; efeito residual prolongado, proporcionando proteção por períodos mais extensos; maior segurança no manuseio do produto pelos operadores, em função de sua origem natural e capacidade de controlar populações de pragas que desenvolveram resistência a inseticidas químicos (Banks; Fields, 1995; Pimentel et al., 2020). Não há registros de problemas relacionados à saúde humana e animal independente em qual grão foi utilizado (Antunes; Dionello, 2021).

A eficácia da terra de diatomáceas no controle de insetos está relacionada a diversas características físicas e morfológicas das algas diatomáceas que a compõem. Embora diferentes formulações, provenientes de distintas regiões, compartilhem um mecanismo de ação semelhante sobre os insetos, observam-se variações na eficiência de controle, nas propriedades físicas e nas espécies de algas que constituem a terra de diatomáceas (Korunic, 1997; Korunic, 1998).

Diversos estudos realizados por Lorini (2001), Lorini e Schneider (1994), Lorini e Galley (1999) e Morás (2005), visando o controle das principais pragas de armazenamento de arroz, cevada, milho e trigo comprovaram excelente performance da terra de diatomáceas, confirmando seu alto potencial na proteção de grãos.

Estudos mais recentes também comprovam a eficácia da utilização da terra de diatomáceas, como o realizado por Antunes e Dionello (2021), que através de seu experimento demonstraram o efetivo controle de *S. zeamais* (gorgulho-do-milho) em grãos armazenados de arroz com casca.

Conceição et al. (2024) também constataram a eficácia da terra de diatomáceas, onde sementes de milho que tiveram aplicação deste método alternativo, apresentaram uma preservação de 120 dias de armazenamento contra o *S. zeamais* (gorgulho-do-milho), sendo uma alternativa mais duradoura para o controle de pragas em sementes armazenadas.

Outro estudo, realizado por De Almeida et al. (2021), comprovou que a aplicação da terra de diatomáceas em grãos de trigo armazenados apresentou taxa de mortalidade mínima do *S. zeamais* (gorgulho-do-milho) de 80% aos 30 dias e 100% aos 60 dias de armazenamento, demonstrando a efetividade do controle do produto. Grãos de trigo armazenados sem proteção adequada tendem a apresentar deterioração acentuada na qualidade, sendo frequentemente classificados abaixo dos padrões exigidos para a comercialização, independentemente do tempo de armazenamento.

2.4 MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP)

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma estratégia de controle que busca manter as populações de pragas abaixo dos níveis que causam danos econômicos, utilizando métodos de controle que são ecologicamente e economicamente viáveis. O conceito foi desenvolvido na década de 1950 como uma resposta à crescente resistência de pragas a inseticidas e à preocupação com os impactos ambientais do uso indiscriminado de químicos (Kogan, 1998).

O MIP propõe a utilização equilibrada de métodos de controle químico e não químico para o manejo eficiente das populações de pragas. O uso racional de agrotóxicos no MIP deve ser baseado em critérios técnicos, como o nível de dano econômico e o monitoramento das populações, evitando aplicações calendarizadas que podem gerar resistência e desequilíbrios ecológicos (Staback et al., 2020).

Os princípios fundamentais do MIP incluem o monitoramento constante das populações de pragas e inimigos naturais, a definição de níveis de ação (níveis de dano econômico e nível de controle), a biologia e ecologia da cultura e de suas pragas e a exploração do controle natural (Ferreira, 2007). Esses

fundamentos exigem tecnologias adequadas e, muitas vezes, são complexos, o que dificulta a compreensão e aplicação por parte do produtor.

O MIP é fundamental para a agricultura sustentável porque busca reduzir a dependência de agrotóxicos, promovendo o uso racional desses produtos e a valorização de métodos naturais de controle, como a preservação de inimigos naturais, a diminuição da poluição ambiental, a proteção da saúde humana e a sustentabilidade econômica das propriedades agrícolas (Carvalho; Barcellos, 2012). Além disso, o MIP auxilia no manejo da resistência de pragas aos inseticidas e herbicidas, o que prolonga a eficácia dos produtos disponíveis no mercado e reduz os custos de produção a longo prazo (Bueno et al., 2015).

O controle não químico, por sua vez, é implementado por meio de práticas como o controle biológico, uso de variedades resistentes, manejo cultural adequado e monitoramento constante. Essas estratégias visam a reduzir a pressão de pragas no ambiente agrícola, diminuindo a necessidade de intervenções químicas e promovendo maior sustentabilidade no sistema produtivo (Fontes; Valandares-Inglis, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Com o intuito de analisar a relação entre o uso da terra diatomácea e sua influência na pós-colheita e qualidade de grãos, este trabalho utilizou uma metodologia que pudesse garantir a consistência e a qualidade das informações coletadas e analisadas, com foco em análise bibliométrica. As etapas principais foram: (1) escolha da base de dados científicos de alta qualidade, impacto e confiáveis, (2) definição de palavras-chave relevantes, (3) aplicação de filtros e critérios de seleção e (4) análise bibliométrica com indicadores como número de publicações, periódicos, países e conexões entre os temas estudados.

A análise foi composta por artigos científicos da base de dados ScienceDirect, reconhecida por sua abrangência multidisciplinar e pela indexação de publicações científicas de alta qualidade e impacto (Elsevier, 2023). Essa plataforma foi escolhida por garantir informações confiáveis e relevantes, essenciais para a identificação e seleção de estudos relacionados ao uso de terra diatomácea na pós-colheita e qualidade de grãos.

Numa análise inicial, foram utilizados termos relacionados ao uso da terra diatomácea, à armazenagem de grãos, ao controle de pragas pós-colheita e à qualidade dos grãos, como: "diatomaceous earth" AND "grain storage", "diatomaceous earth" AND "postharvest pest control", e "diatomaceous earth" AND "grain quality", resultando em dezenas de artigos relacionados. Com base nesses dados, os principais enfoques recorrentes na literatura foram novamente analisados e refinados, utilizando combinações específicas para selecionar e explorar esses temas de maneira mais aprofundada.

Após identificar temas, novas palavras-chave foram analisadas para aprofundar o entendimento de cada uma das temáticas. As buscas foram realizadas por meio de combinações específicas, possibilitando a seleção e análise de três fatores principais: eficiência no controle de pragas, efeitos sobre a qualidade dos grãos e segurança do uso em alimentos armazenados. As *strings* de pesquisa foram elaboradas da seguinte forma:

1. Eficiência no controle de pragas pós-colheita: ("diatomaceous earth" OR "diatomite") AND ("insect control" OR "insecticidal activity" OR

"postharvest pest control" OR "Sitophilus zeamais" OR "Tribolium castaneum").

2. Impacto na qualidade dos grãos armazenados: ("diatomaceous earth" OR "diatomite") AND ("grain quality" OR "physical quality" OR "nutritional quality" OR "germination" OR "moisture content").
3. Segurança alimentar e uso sustentável: ("diatomaceous earth" OR "natural insecticide") AND ("food safety" OR "residue-free" OR "non-toxic" OR "sustainable storage" OR "environmental impact").

De acordo com o Guia do Portal de Periódicos da CAPES (2019), o uso do truncamento, representado pelo símbolo (*), é uma estratégia eficiente para ampliar buscas bibliográficas, permitindo recuperar variações de palavras com a mesma raiz lexical, como por exemplo "insectid" para abranger insecticide, insecticidal e outras formas. Além disso, o uso de aspas (") direciona a base de dados a buscar a sequência exata dos termos, como "diatomaceous earth" ou "grain storage", em vez de tratar cada palavra individualmente, o que garante maior precisão e abrangência nos resultados obtidos.

Os operadores booleanos "AND" e "OR" foram usados para refinar e ampliar os resultados, permitindo maior precisão e abrangência nas buscas (Picalho et al., 2022). Essa estratégia garantiu que as publicações identificadas fossem pertinentes e contribuíssem para a fundamentação teórica. Além disso, restringiu-se o período de análise às publicações realizadas entre 2015 e 2025, garantindo a atualidade das informações.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Este tópico apresenta os principais resultados obtidos a partir da análise de quinze artigos científicos selecionados, os quais abordam o uso da terra diatomácea na pós-colheita e na qualidade de grãos armazenados. Como se trata de uma pesquisa bibliográfica, os resultados aqui discutidos não foram obtidos por meio de experimentação direta, mas sim pela consolidação de dados, tendências e conclusões reportadas na literatura.

A discussão foi organizada de forma a contemplar os seguintes tópicos: (i) eficácia da terra diatomácea no controle de pragas em comparação com agrotóxicos; (ii) Influência das condições ambientais e da formulação; (iii) impacto da terra diatomácea na preservação da qualidade dos grãos; (iv) limitações e desafios associados à sua aplicação; e (v) impactos do uso de agrotóxicos na saúde humana e no meio ambiente.

4.1 EFICÁCIA DA TERRA DIATOMÁCEA NO CONTROLE DE PRAGAS EM COMPARAÇÃO COM AGROTÓXICOS

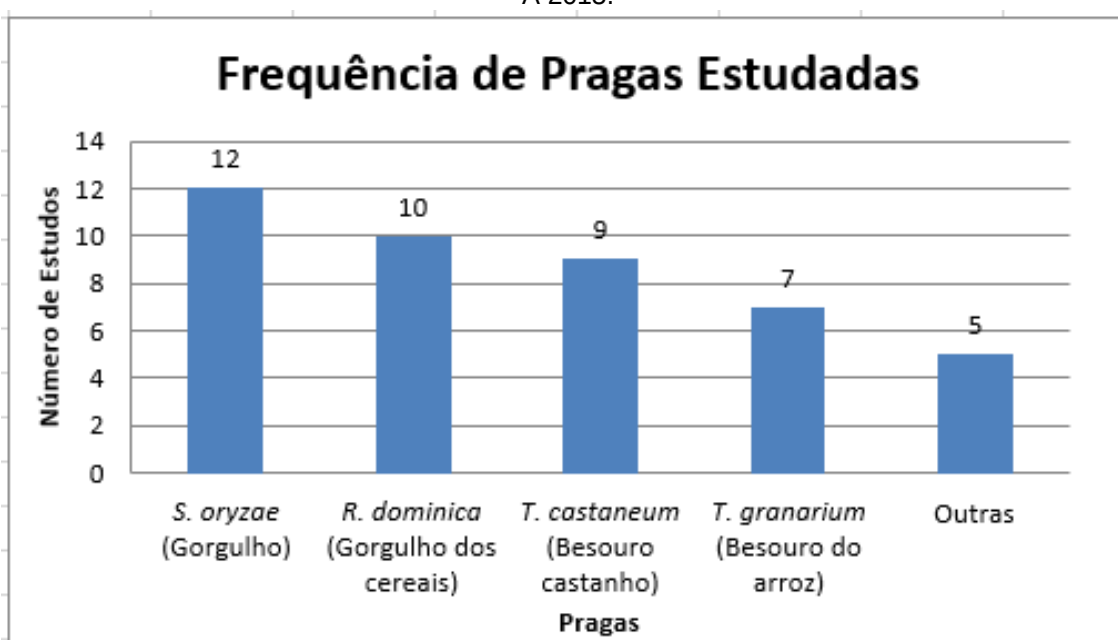
Diversos estudos destacam que a ação inseticida da TD se dá predominantemente por mecanismos físicos, relacionados à abrasão da cutícula e à subsequente dessecação dos insetos (Zeni et al., 2021; Rigopoulou; Baliota; Athanassiou, 2023). As partículas da TD aderem à superfície corporal dos insetos, removendo os lipídios protetores da cutícula e provocando perda de água, levando à morte por dessecação (Zeni et al., 2021). Esse modo de ação é vantajoso, pois não induz resistência fisiológica nas pragas, ao contrário dos inseticidas químicos, cuja eficácia tende a decair ao longo do tempo devido à seleção de populações resistentes (Rigopoulou; Baliota; Athanassiou, 2023).

Os resultados obtidos em ensaios laboratoriais indicam que a eficácia da TD é elevada contra importantes pragas de grãos armazenados, como *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* e *Tribolium castaneum*.

A Figura 1 mostra a frequência com que as principais pragas foram estudadas nos artigos analisados. *Sitophilus oryzae* é a espécie mais investigada, seguida por *Rhyzopertha dominica* e *Tribolium castaneum*. Essa

distribuição reflete a importância dessas pragas no contexto da armazenagem de grãos, justificando o foco da pesquisa científica em desenvolver métodos de controle eficazes, como o uso da terra de diatomácea.

FIGURA 1: FREQUÊNCIA DE PRAGAS ESTUDADAS NOS ARTIGOS ANALISADOS SOBRE O USO DA TERRA DE DIATOMÁCEA EM GRÃOS ARMAZENADOS NO PERÍODO DE 2005 A 2015.



FONTE: Autor (2025)

Estudos de Ogreten et al. (2025) mostraram que, mesmo em condições variáveis de temperatura e umidade, a TD foi capaz de provocar elevada mortalidade dessas pragas, especialmente quando utilizada em concentrações superiores a 500 ppm.

Além disso, formulações enriquecidas com extratos botânicos ou reguladores de crescimento de insetos (IGRs) potencializam a eficácia da TD. Paponja, Rozman e Liska (2020) demonstraram que a adição de óleo essencial de lavanda, óleo de milho e pó de folha de louro à TD resultou em maior mortalidade e inibição da progênie das principais pragas de grãos armazenados, mesmo em concentrações reduzidas.

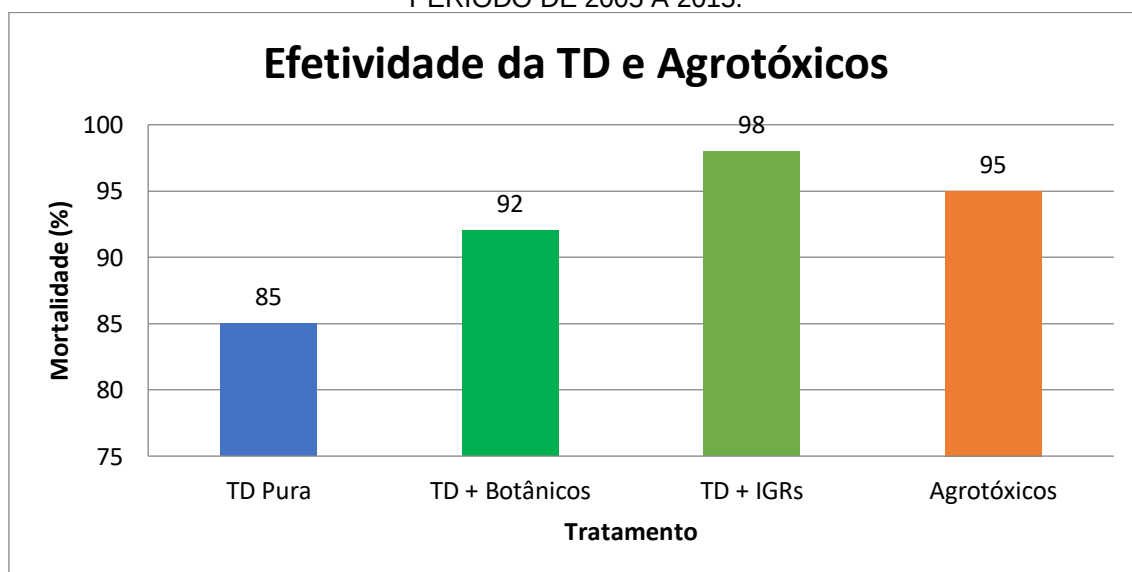
Estudos realizados por Awais et al. (2019) também comprovaram tais achados, evidenciando que a combinação de TD com IGRs, aumenta significativamente a mortalidade e reduz a emergência de adultos de *Tribolium castaneum*. Essa abordagem combinada é especialmente importante na busca

por estratégias mais eficientes e ambientalmente seguras no manejo integrado de pragas (MIP).

Estudos feitos por Waqil e Schmitt (2015), e posteriormente com Kavallieratos (2021) mostram que a combinação de TD e o neonicotinoide imidacloprido (inseticida de ação sistêmica que atua interferindo na transmissão de estímulo no sistema nervoso, resultando na paralisia e morte do inseto) proporcionou o melhor controle a curto prazo, enquanto a associação de TD e *Beauveria bassiana* mostrou-se mais eficaz para proteção de longo prazo, com altas taxas de mortalidade (>90%) após seis meses. A combinação de tratamentos foi superior ao uso isolado, indicando que abordagens integradas podem ser mais eficientes na proteção de grãos armazenados, especialmente sob condições naturais de armazenamento em pequenas propriedades agrícolas.

A Figura 2 ilustra a eficácia da terra de diatomácea em diferentes formulações comparadas aos agrotóxicos. Observa-se que, enquanto a TD pura apresenta eficácia média de 85%, a combinação com botânicos ou reguladores de crescimento (IGRs) eleva esse valor, alcançando até 98% de mortalidade. Agrotóxicos mantêm eficácia elevada, mas com maior impacto ambiental e risco de resistência.

FIGURA 2: EFETIVIDADE DA TERRA DIATOMÁCEA ASSOCIADA AOS AGROTÓXICOS NOS ARTIGOS ANALISADOS SOBRE O USO DA TD EM GRÃOS ARMAZENADOS NO PERÍODO DE 2005 A 2015.



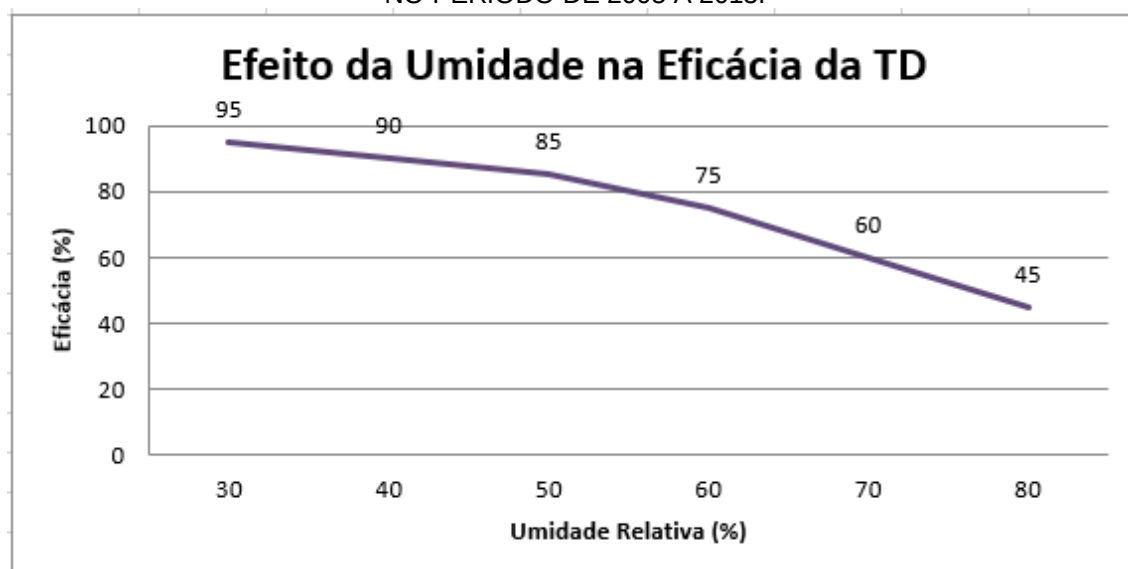
FONTE: Autor (2025)

4.2 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DA FORMULAÇÃO

A eficácia da TD está diretamente relacionada a fatores abióticos, como temperatura e umidade. Segundo Zeni et al. (2021), temperaturas elevadas aumentam a mobilidade dos insetos e aceleram a perda de água, potencializando o efeito inseticida da TD. Por outro lado, níveis elevados de umidade relativa (>65%) reduzem a eficácia da TD, uma vez que a água disponível no ambiente dificulta a dessecação dos insetos e pode saturar as partículas de TD, diminuindo sua capacidade de absorção (Athanassiou et al., 2016; Rigopoulou; Baliota; Athanassiou, 2023; OGRETEN et al., 2025).

A Figura 3 ilustra a queda acentuada na eficácia da terra de diatomácea com o aumento da umidade relativa do ar. Enquanto em ambientes secos (30-40%) a eficácia se mantém elevada (>90%), em condições de umidade acima de 70% a eficácia cai para menos de 50%. Esse resultado destaca a necessidade de considerar o controle ambiental como fator complementar essencial ao uso da TD na armazenagem de grãos.

FIGURA 3: EFEITO DA UMIDADE RELATIVA DO AR NA EFICÁCIA DA TD NOS ARTIGOS ANALISADOS SOBRE O USO DA TERRA DE DIATOMÁCEA EM GRÃOS ARMAZENADOS NO PERÍODO DE 2005 A 2015.



FONTE: Autor (2025)

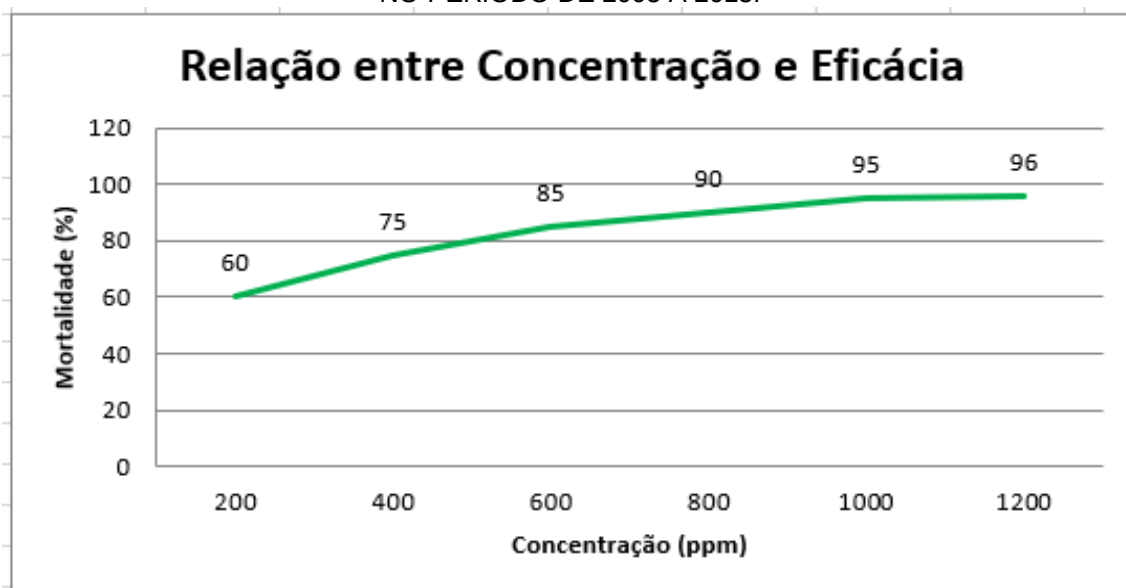
A granulometria e a morfologia das partículas também influenciam a eficiência (Korunic; Fields, 2020). Partículas de formato “afiado” tendem a ter

maior ação abrasiva, enquanto as arredondadas favorecem a absorção de água (Zeni et al., 2021). Nesse sentido, a seleção adequada do tipo de TD, bem como o ajuste da dose de aplicação, são determinantes para o sucesso do tratamento.

Estudos demonstraram que concentrações superiores a 1000 ppm são, em geral, mais eficazes, especialmente sob condições de alta umidade e temperatura moderada (Ogreten et al., 2025). No entanto, doses elevadas podem comprometer a qualidade física dos grãos e aumentar o risco de exposição ocupacional à poeira de sílica, como discutido a seguir.

A Figura 4 evidencia a correlação entre a concentração da terra de diatomácea e a eficácia no controle de pragas. A partir de 600 ppm, a eficácia supera 85%, estabilizando-se próximo de 95-96% em concentrações superiores a 1000 ppm. Esse comportamento indica que doses mais elevadas garantem maior mortalidade, mas reforça a necessidade de avaliar economicamente a aplicação.

FIGURA 4: RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO DA TD E EFICÁCIA NOS ARTIGOS ANALISADOS SOBRE O USO DA TERRA DE DIATOMÁCEA EM GRÃOS ARMAZENADOS NO PERÍODO DE 2005 A 2015.



FONTE: Autor (2025)

4.3 IMPACTO DA TERRA DIATOMÁCEA NA PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE DOS GRÃOS

A aplicação de TD contribui significativamente para a preservação da qualidade dos grãos ao reduzir perdas decorrentes de danos causados por pragas e, conseqüentemente, a minimização da deterioração microbiológica secundária (Ribeiro, Lovatto; Vendramim, 2018). Estudos conduzidos por Rigopoulou, Baliota e Athanassiou (2021) demonstraram que, mesmo após quatro meses de armazenamento, o tratamento com TD manteve a qualidade dos grãos de trigo, evitando infestações severas de *R. dominica* e *T. granarium*.

No entanto, a aplicação de TD pode impactar em parâmetros físicos importantes, como a densidade aparente e a fluidez dos grãos. Conforme apontado por Zeni et al. (2021), a presença residual de TD nos grãos reduz sua densidade e altera suas propriedades de escoamento, o que pode dificultar processos na indústria e afetar a aceitação comercial do produto. Apesar disso, a TD pode ser facilmente removida por peneiramento, enquanto sua presença no produto final, como farinha, não altera as propriedades de panificação ou fabricação de massas, sem comprometer as propriedades nutricionais ou tecnológicas dos grãos.

A TD não interfere negativamente na germinação dos grãos e, em alguns casos, pode até melhorar a qualidade fisiológica ao proteger as sementes contra infestações (Amin et al., 2017).

4.4 LIMITAÇÕES E DESAFIOS ASSOCIADOS À SUA APLICAÇÃO

Apesar das vantagens ambientais e sanitárias, a utilização da TD apresenta algumas limitações operacionais. A necessidade de aplicação em doses relativamente elevadas (frequentemente excedem 1000 ppm), superiores às concentrações típicas de inseticidas químicos, representa um desafio econômico e logístico. Além disso, a exposição à poeira de TD, pode causar riscos à saúde respiratória dos trabalhadores, exigindo o uso de equipamentos de proteção individual e a adoção de práticas seguras de manuseio (Zeni et al., 2021).

A persistência da TD no ambiente de armazenamento também representa um desafio, uma vez que pode ser necessário realizar limpeza frequente para evitar o acúmulo de poeira, que pode comprometer as operações de transporte e processamento dos grãos (Akhoundi; Bruel; Izri, 2019).

O preço da terra de diatomáceas por tonelada pode variar significativamente dependendo da qualidade, origem e fornecedor, mas geralmente se situa entre R\$3.800 e R\$13.330 por tonelada. Alguns fornecedores podem oferecer preços mais baixos por quilo, como R\$ 10,00, ou mais altos, como R\$ 250,00 (Mfrural, 2025; Verdegarden, 2025; Ledsindoor, 2025).

4.5 IMPACTOS DO USO DE AGROTÓXICOS NA SAÚDE HUMANA E NO MEIO AMBIENTE

O uso de agrotóxicos no manejo pós-colheita pode ter impactos adversos à saúde humana e ao meio ambiente. Compostos como fosfina e brometo de metila são associados a riscos toxicológicos elevados (Rigopoulou; Baliota; Athanassiou, 2023).

A adoção de alternativas menos agressivas, como a TD, representa um avanço significativo em direção a uma agricultura mais sustentável. A TD possui baixa toxicidade para mamíferos e organismos não alvo, não deixa resíduos tóxicos nos grãos e não compromete a segurança alimentar (Zeni et al., 2021; Ogreten et al., 2025).

Além disso, a TD se insere de maneira estratégica nos programas de MIP, possibilitando a redução do uso de agrotóxicos e a minimização dos riscos de contaminação ambiental e intoxicação humana (Paponja; Rozman; Liska, 2020). A adoção da TD como substituto ou complemento aos agrotóxicos atende aos requisitos de sustentabilidade e favorece a segurança alimentar e ambiental.

5 PERSPECTIVAS FUTURAS

O uso da terra de diatomácea (TD) na proteção de grãos armazenados apresenta um cenário promissor como uma ferramenta sustentável e eficiente no manejo pós-colheita. As perspectivas futuras apontam para avanços tecnológicos, expansão do mercado e integração a sistemas agrícolas mais sustentáveis.

Em primeiro lugar, destaca-se a tendência de inovações nas formulações da TD. A pesquisa científica caminha para o desenvolvimento de produtos mais eficazes, através da combinação da TD com extratos botânicos, óleos essenciais e reguladores de crescimento de insetos (IGRs). Essas formulações sinérgicas visam potencializar a eficácia inseticida da TD, reduzir as doses necessárias e minimizar impactos negativos sobre as propriedades físicas dos grãos e a saúde humana (Paponja; Rozman; Liska, 2020).

Além de inovações tecnológicas, há uma crescente valorização do potencial de mercado da TD, impulsionada pela demanda global por métodos de controle de pragas com menor impacto ambiental e que atendam às exigências de segurança alimentar. O mercado de insumos naturais para a agricultura, do qual a TD faz parte, tende a crescer exponencialmente nos próximos anos, especialmente com a expansão dos sistemas de produção orgânica e agricultura sustentável (Rigopoulou; Baliota; Athanassiou, 2023).

Nesse contexto, a TD tem potencial para se tornar uma ferramenta importante em programas de MIP, contribuindo para a redução do uso de agrotóxicos, minimizando riscos à saúde humana e ao meio ambiente, além de promover a sustentabilidade das cadeias produtivas agrícolas.

Por fim, espera-se que o uso da TD seja cada vez mais integrado a políticas públicas e certificações de qualidade, com a implementação de regulamentações que incentivem práticas agrícolas de baixo impacto ambiental. A consolidação da TD nesse cenário dependerá, também, de investimentos em capacitação técnica de produtores e de ensaios em condições reais de armazenamento, a fim de validar sua eficiência em larga escala.

Assim, o futuro do uso da terra de diatomácea na agricultura é marcado pela inovação, sustentabilidade e expansão comercial, posicionando-se como

uma alternativa eficaz para a proteção de grãos e outros produtos agrícolas no contexto da agricultura moderna.

6 CONCLUSÃO

De acordo com a revisão realizada pelo presente trabalho, foi possível constatar que a terra de diatomácea (TD) representa ser uma alternativa promissora, sustentável e eficaz no controle de pragas em grãos armazenados. Verificou-se que sua ação inseticida, baseada em mecanismos físicos de abrasão e dessecação dos insetos, apresenta alta eficácia contra importantes pragas como *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* e *Tribolium castaneum*, especialmente quando aplicada em condições ambientais favoráveis e em concentrações adequadas.

Além de sua efetividade no controle de pragas, a TD contribui para a preservação da qualidade física, fisiológica e sanitária dos grãos, sem comprometer sua germinação ou valor nutricional. O uso da TD também se destaca por não deixar resíduos tóxicos nos alimentos, não induzir resistência nas pragas e por estar alinhado às diretrizes do manejo integrado de pragas (MIP) e da agricultura sustentável.

No entanto, foram identificadas algumas limitações, como a redução de eficácia em ambientes com alta umidade, o impacto físico sobre a densidade dos grãos e a necessidade de cuidados na aplicação, devido ao risco de inalação do pó pelos operadores. Questões econômicas, como o custo também merecem atenção.

Diante disso, conclui-se que a TD é uma alternativa viável para o armazenamento seguro de grãos, especialmente em sistemas de produção que visam à redução do uso de agrotóxicos. A continuidade de estudos voltados ao desenvolvimento de formulações mais eficientes, bem como a ampliação de políticas públicas e programas de incentivo ao seu uso, serão fundamentais para consolidar a terra de diatomácea como uma tecnologia estratégica na agricultura moderna.

7 REFERÊNCIAS

AKHOUNDI, M.; BRUEL, C.; IZRI, A. Harmful effects of bed bug-killing method of diatomaceous earth on human health. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 5, p. 13, 2019.

AMÉRICO, J. H. et al. O uso de agrotóxicos e os impactos nos ecossistemas aquáticos. **Revista Científica “ANAP Brasil**, v. 8, n. 13, p. 101-115, 2015.

AMIN, M. Y. et al. Efficacy of some inert dusts against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat and rice grains. **Zagazig Journal of Agricultural Research**, v. 44, n. 1, p. 247-259, 2017.

ANTUNES, L. E.; DIONELLO, R. G. Avaliação do uso de terra de diatomácea para controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de arroz com casca. **Revista eletrônica científica da UERGS [recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS. Vol. 7, n. 1 (abr. 2021), p. 142-151, 2021.**

ARNAUD, L. et al. Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research**, v. 41, n. 2, p. 121-130, 2005.

ATHANASSIOU, C. G. et al. Insecticidal efficacy of natural diatomaceous earth deposits from Greece and Romania against four stored grain beetles: the effect of temperature and relative humidity. 2016.

AWAIS, M. et al. Efficacy of diatomaceous earth and insect growth regulators against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). **Science Letters**, v. 7, n. 2, p. 59-67, 2019.

BALIOTA, G. V.; ATHANASSIOU, Christos G. Evaluation of a Greek diatomaceous earth for stored product insect control and techniques that maximize its insecticidal efficacy. **Applied sciences**, v. 10, n. 18, p. 6441, 2020.

BANKS, J.; FIELDS, P. **Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems**. Marcel Dekker, New York, 1995.

BAUDET, L; VILLELA, F. A. Armazenamento de Sementes. In.: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO. O.A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos**, 2.ª Ed. Pelotas, 2006, p.427-472.

BELCHIOR, D. C. et al. Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 34, n. 1, p. 135-151, 2017.

BENTO, L. et al. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, p. 44-49, 2012.

BOTELHO, M. G. et al. Agrotóxicos na agricultura: agentes de danos ambientais e a busca pela agricultura sustentável. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e396985806-e396985806, 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agrofit** - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2015. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 21 de abr. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Regras para análise de sementes**. 2009.

BUENO, V. H. et al. Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável. **Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras**. v. 20, 2015.

CAMPOS, T. B.; BITRAN, E. A.; FELINI, D. H. Eficiência de uma formulação à base de fosfeto de alumínio, tipo sachet, no expurgo de milho ensacado. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 58, n. 12, p. 1-5, 1991.

CAMPOS, T. B.; ZORZENON, F. J. Pragas dos grãos e produtos armazenados. **Boletim técnico. Instituto Biológico**. São Paulo: Instituto Biológico, n. 17. p. 1-47, 2006.

CARVALHO, J. H. de. **Tratamentos alternativos de sementes de milho para controle e repelência de *Sitophilus zeamais***. 2019. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -Campus Laranjeiras do Sul, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2019. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3764>. Acesso em 14 mai. 2025.

CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 749-766, 2012.

CHANBANG, Y. et al. Diatomaceous earth plus methoprene for control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. *Journal of Stored Products Research*, v.43, p.396-401, 2007.

COLLINS, P. J.; SCHLIPALIUS, D. I. Insecticide resistance. **Recent advances in stored product protection**, p. 169-182, 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 8 oitavo levantamento, maio 2025.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A Perda de Grãos no Brasil e no Mundo: dimensão, representatividade e diagnóstico** - Seção 1. Brasília, DF: Conab, 2023. 16p. (Compêndio de Estudos Conab, v. 31).

Responsável técnico: MACHADO JÚNIOR, Paulo Cláudio; FREITAS, Marília Mergulhão.

CONCEIÇÃO, E. et al. Qualidade de sementes de milho infestadas com *Sitophilus zeamais* após aplicação de extratos vegetais e terra de diatomácea. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 13, p. e11587-e11587, 2024.

DAGLISH, G. J.; PAVIC, H. Effect of phosphine dose on sorption in wheat. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 5, p. 513-518, 2008.

DE ALMEIDA, T. R. et al. Avaliação de danos físicos e controle de gorgulho em grãos de trigo com uso de terra diatomácea. **Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão da Uergs (SIEPEX)**, v. 1, n. 10, 2021.

DE ANDRADE PALMA, D. C.; LOURENCETTI, C. Agrotóxicos em água e alimentos: risco à saúde humana. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 14, n. 2, p. 7-21, 2011.

DE REZENDE, A. C. Metodologias de controle de pragas em grãos e produtos armazenados. **Biológico, São Paulo**, v. 70, n. 2, p. 101-103, 2008.

FARONI, L. R. **Principais pragas de grãos armazenados**. Armazenamento de feijão e sementes nas propriedades rurais. Campina Grande: VFPB/SBEA, p.189-291, 1997.

FERREIRA, A. S. **Sistema de Produção 2**. Embrapa Milho e Sorgo. ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 3. Edição set/2007.

FERREIRA, S. R.; MARTINELLI-SENEME, A.; LEITE, S. A. Produtos alternativos no controle de pragas e patógenos em grãos armazenados de milho e feijão. **Nucleus**, v. 20, n. 2, p. 19-44, 2023.

FONTES, E. M.; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed). Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília: Embrapa, 2020.

VERDEGARDEN, V. **Terra De Diatomáceas Defensivo Cochonilha Suculentas 500g**. Verde Garden. Disponível em:

<

500g.html#:~:text=A%20dose%20que%20se%20deve,colher%20de%20sopa%20por%20litro).>. Acesso em: 16 jun. 2025.

GOLOB, P. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 33, n. 1, p. 69-79, 1997.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual review of entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

KORUNIC, Z.; FIELDS, P. G. Evaluation of three new insecticide formulations based on inert dusts and botanicals against four stored-grain beetles. **Journal of Stored Products Research**, v. 88, p. 101633, 2020.

KORUNIC, Z. Rapid Assessment of the Insecticidal Value of diatomaceous earth without conducting. **Journal of Stored Product Research**. v.33, n.3, 1997.

KORUNIC, Z. ReviewDiatomaceous earths, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Products Research**, v. 34, n. 2-3, p. 87-97, 1998.

LED Sindoor. **Terra de Diatomáceas - Defensivo Orgânico 500g ou 1kg**. Leds Indoor - Tudo para seu cultivo indoor. Disponível em: <<https://ledsindoor.com.br/terra-de-diatomaceas-defensivo-organico-500g-ou-1kg>>. Acesso em: 16 jun. 2025.

LOPES, C. V.; ALBUQUERQUE, G. S. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

LORINI, I.; GALLEY, D. J. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.)(Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. **Journal of Stored Products Research**, v. 35, n. 1, p. 37-45, 1999.

LORINI, I. et al. Expurgo da semente de soja com fosfina e seu efeito na qualidade fisiológica - Série Sementes. **Embrapa Soja, Londrina**, 2013.

LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. HOFFMANN-CAMPO, CB; CORRÊA-FERREIRA, BS; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, p. 421-444, 2012.

LORINI, I. Manejo integrado de pragas de grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Jundiaí: IBG, 2018. p. 659-692.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 96p.

LORINI, I. et al. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa, CEP, v. 86001, p. 970, 2015.

LORINI, I. et al. Monitoramento da liberação do gás PH₃ por pastilhas de fosfina usadas para expurgo de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, PR, v. 21, n. 3, p. 57-60, 2011.

LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional. **Visão agrícola**, v. 13, p. 127-129, 2015.

LORINI, I. et al. Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa. **Documentos 11**, EMBRAPA: CNPT, Passo Fundo, 1994.

Lorini I, et al. Principais Pragas e Métodos de Controle em Sementes durante o Armazenamento - **Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 12p, 2010. (Circular Técnica. Embrapa Soja. ISSN 1516-7860, n. 73).

LORINI, I.; GALLEY, D. J. The cross-resistance spectrum in deltamethrin resistance strains of *Rhyzopertha dominica* (F.)(Coleoptera: Bostrychidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 321-325, 2001.

MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. **International journal of food microbiology**, v. 119, n. 1-2, p. 131-139, 2007.

MARIANO, F. D.; SANTOS, S.; SANTOS, F. F. Utilização de Terra de Diatomácea como alternativa no controle de insetos em grãos de trigo armazenado. **Revista Analytica**. Guaxupé, n. 24, p. 60-64, 2006.

MORÁS, A. **Terra de diatomácea e ácido propiônico no controle de Pragas De Arroz (*Oryza sativa* L.) armazenado e influência nas características de consumo**. Pelotas, 2005, 72p. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MUGGLETON, J. Insecticide resistance in stored product beetles and its consequences for their control. Monograph, British Crop Protection Council. v.37, p.177-186, 1987.

MWANGI, J. K. et al. An assessment of the magnitudes and factors associated with postharvest losses in off-farm grain stores in Kenya. **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 7-20, 2017.

NAYAK, M. K. et al. Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: a global perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 333-350, 2020.

OGRETEN, A. et al. Insecticidal Effects of Native Raw and Commercial Diatomaceous Earth Against Lesser Grain Borer and Granary Weevil Under Different Environmental Conditions. **Insects**, v. 16, n. 6, p. 549, 2025.

PAPONJA, I.; ROZMAN, V.; LIŠKA, A. Natural formulation based on diatomaceous earth and botanicals against stored product insects. **Insects**, v. 11, n. 9, p. 613, 2020.

PEREIRA, R. A.; COSTA, C. M.; LIMA, E. M. O impacto dos agrotóxicos sobre a saúde humana e o meio ambiente. **Revista Extensão**, v. 3, n. 1, p. 29-37, 2019.

PEREIRA, S. A. **Sorção da fosfina em arroz armazenado em casca e efeitos na qualidade dos grãos**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. **Editora Universitária/UFPel, Pelotas**, 2012.

PICALHO, A. C.; LUCAS, E. R.; AMORIM, I. S. **Lógica booleana aplicada na construção de expressões de busca**. AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento, v. 11, p. 1–12, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/atoz.v11.81838>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PIMENTEL, M. et al. **Inseticidas recomendados, limites de resíduos e indicações técnicas para aplicação no controle de pragas durante o armazenamento de grãos de milho**. 2020. 1 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 267, 2020, 40 p.

RANI, L. et al. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. **Journal of cleaner production**, v. 283, p. 124657, 2021.

RIBEIRO, L. P.; LOVATTO, M.; VENDRAMIM, J. D. Avaliação da eficácia de duas formulações comerciais de terra de diatomácea no controle do gorgulho-do-milho com base em parâmetros toxicológicos. **Agropecuária Catarinense**, v. 31, n. 1, p. 56-60, 2018.

RIGOPOULOU, M.; BALIOTA, G. V.; ATHANASSIOU, C. G. Persistence and efficacy of diatomaceous earth against stored product insects in semi-field trials. **Crop Protection**, v. 174, p. 106416, 2023.

ROSSATO, C. **Terra de diatomáceas no controle de pragas de armazenamento de soja, milho e trigo em função da composição físico-química**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

SANTOS, J. P. et al. Proteção de grãos e sementes de sorgo contra insetos-pragas durante o armazenamento com terra diatomácea. Sete Lagoas. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006.

SANTOS, J. P. Recomendações para o controle de pragas de grãos e de sementes armazenadas. EMBRAPA-CNPMS. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 1993. p. 197-230.

SOUZA, G. P. et al. Caracterização de material compósito diatomáceo natural. **Cerâmica**, v. 49, p. 40-43, 2003.

STABACK, D. et al. Uso do MIP como estratégia de redução de custos na produção de soja no estado do Paraná. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, v. 2, n. 1, p. 187-200, 2020.

SUBRAMANYAM, B. (Ed.). **Integrated management of insects in stored products**. Routledge, 2018.

TAVELLA, L. B. et al. O uso de agrotóxicos na agricultura e suas consequências toxicológicas e ambientais. **Agropecuária Científica no Semi-Árido, Santa Cecília**, v. 7, n. 2, p. 06-12, 2011.

TERRA DE DIATOMÁCEA. Mfrural.com.br. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/busca/terra-diatomacea>. Acesso em: 16 jun. 2025.

WAKIL, W.; SCHMITT, T. Field trials on the efficacy of Beauveria bassiana, diatomaceous earth and Imidacloprid for the protection of wheat grains from four major stored grain insect pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 64, p. 160-167, 2015.

WAKIL, W.; SCHMITT, T.; KAVALLIERATOS, N. G. Performance of diatomaceous earth and imidacloprid as wheat, rice and maize protectants against four stored-grain insect pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 91, p. 101759, 2021.

WHITE, N. D.; LEESCH, J. G. Chemical control. In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. W. **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 287-330.

ZENI, V. et al. Diatomaceous earth for arthropod pest control: Back to the future. **Molecules**, v. 26, n. 24, p. 7487, 2021.