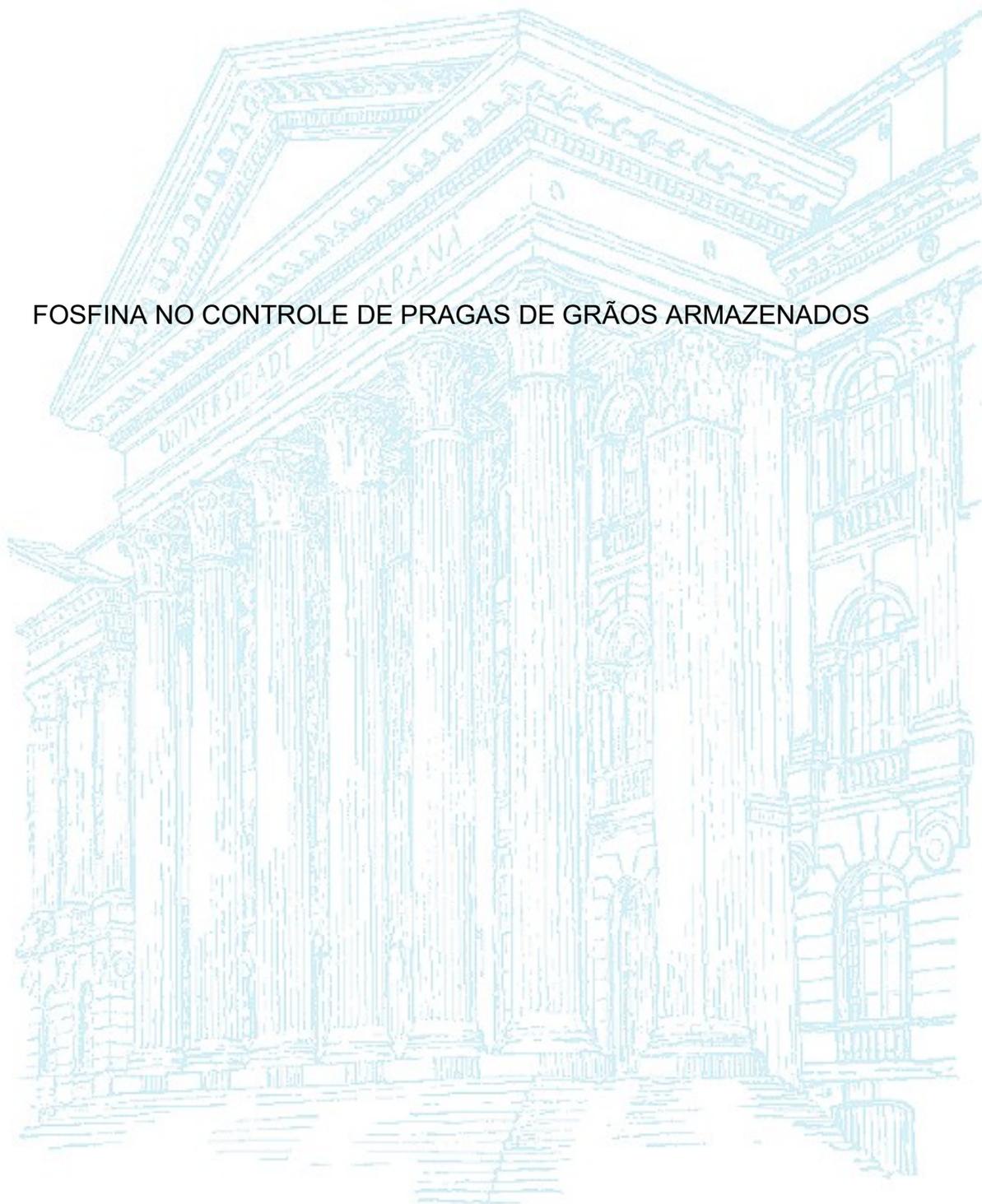


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GENOVIR FRANCISCO DA SILVEIRA PEDRO

FOSFINA NO CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS



CURITIBA

2023

GENOVIR FRANCISCO DA SILVEIRA PEDRO

FOSFINA NO CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-graduação lato Sensu em fitossanidade, Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná como requisito à obtenção do certificado de especialista.

Orientador: Msc. Joabe Rodrigues Pereira.

CURITIBA

2023

RESUMO

A demanda mundial por alimentos está em constante crescimento e torna-se cada vez mais importante garantir a mínima perda possível de grãos colhidos, seja em termos de qualidade ou quantidade. As perdas relacionadas ao armazenamento, devido ao ataque de pragas e insetos, representam entre 10 a 20% de toda a produção, podendo ser ainda maiores em países em desenvolvimento. Por esse motivo, é fundamental a utilização de métodos de tratamento para controle destes insetos pragas de grãos armazenados. Os tratamentos com inseticidas químicos ou fumigantes são empregados em todo o mundo para preservar a qualidade dos produtos produzidos. Atualmente, o método mais utilizado para o tratamento em grãos armazenados é através do uso da fosfina. Esse método é relatado a mais de um século e sua ampla utilização no mundo todo se deve principalmente ao seu custo relativamente baixo, facilidade na aplicação, boa dispersão no ambiente tratado, alta eficácia no controle dos principais insetos praga, tratamento livre de resíduos na carga tratada, além da boa aceitação nos mercados internacionais e unidades reguladoras. No entanto, essa dependência excessiva nos tratamentos com fosfina foi desencadeada devido a restrição no uso do brometo de metila em detrimento as suas propriedades destruidoras da camada de ozônio. Sem essa alternativa, a fosfina tem sido frequentemente utilizada, e seu uso repetitivo vem desencadeando um aumento na frequência, força e distribuição dos insetos com características de resistência a fosfina. Esta revisão tem como objetivo identificar a importância de um bom monitoramento e tratamento de qualidade em grãos armazenados, além de identificar os relatos atuais de casos de resistência à fosfina na literatura e os avanços mencionados para o manejo da resistência adquirida.

ABSTRACT

The global demand for food is constantly growing, and it is becoming increasingly important to ensure minimal loss of harvested grains, both in terms of quality and quantity. Storage-related losses due to pest and insect attacks account for 10 to 20% of total production and can be even higher in developing countries. For this reason, the use of treatment methods to control these stored grain pests is essential. Chemical insecticides or fumigants are employed worldwide to preserve the quality of the produced goods. Currently, the most widely used method for treating stored grains is the use of phosphine. This method has been reported for over a century, and its widespread use is primarily due to its relatively low cost, ease of application, good dispersion in the treated environment, high efficacy in controlling major pest insects, residue-free treatment on the treated load, as well as its acceptance in international markets and regulatory units. However, this excessive reliance on phosphine treatments has been triggered by the restriction on the use of methyl bromide due to its ozone-depleting properties. Without this alternative, phosphine has been frequently used, and its repetitive use has led to an increase in the frequency, strength, and distribution of insects with resistance characteristics to phosphine. This review aims to identify the importance of proper monitoring and quality treatment in stored grains, as well as to identify current reports of phosphine resistance in the literature and the mentioned advances for managing acquired resistance.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1	IMPORTÂNCIA DO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS	5
2.2	PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS.....	6
2.3	MÉTODOS DE CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS....	7
2.4	FUMIGAÇÃO	8
2.5	USO DE FOSFINA.....	9
2.6	RELATOS DE RESISTÊNCIA A FOSFINA.....	11
3	CONCLUSÕES.....	14
4	REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

A Demanda mundial por alimentos é crescente, devido ao crescimento populacional. Com essa demanda cada vez maior, é necessário minimizar as perdas nos grãos e sementes colhidos, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade (LORINI et al., 2015). De acordo com a literatura, as perdas causadas por insetos representam entre 10% e 20%, sendo os países em desenvolvimento os mais afetados (DESHWAL et al., 2020; GALLO et al., 2002; LORINI et al., 2002; LORINI et al., 2015; SHOLLER et al., 1997; SUNDAR et al., 2019). Os insetos possuem características que contribuem para essa realidade, como alto potencial osmótico (alta taxa reprodutiva) e polifagia (capacidade de se alimentar de vários tipos de grãos). Algumas espécies também podem causar infestação cruzada, ou seja, podem infestar o produto tanto no campo quanto no armazenamento (PEREIRA, 2019).

Há mais de um século, o controle de pragas em produtos armazenados tem sido realizado por meio do uso de fumigantes. A fosfina desempenha um papel essencial nessa prática e é amplamente empregada no tratamento de produtos armazenados em todo o mundo. Seu objetivo é preservar a qualidade dos alimentos e facilitar o comércio internacional, assegurando que as mercadorias estejam livres de pragas e resíduos. O contínuo sucesso da fosfina ao longo dos anos pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo sua aplicação conveniente em diferentes estruturas e locais de armazenamento, sua alta eficácia no controle das principais espécies de pragas, o custo relativamente baixo e sua aceitação pelos mercados e órgãos reguladores, que a consideram um tratamento livre de resíduos (NAYAK et al., 2020).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS

O armazenamento de grãos desempenha um papel indispensável para o setor agrícola, pois é responsável por receber a produção e garantir a preservação das condições físicas, químicas e biológicas ideais, até a redistribuição ao consumidor final. O armazenamento se faz necessário pois a produção de grãos é periódica enquanto a

necessidade da alimentação é constante (PUZZI, 2000). Com base nessa necessidade de armazenamento a aplicação de normas técnicas para a armazenagem promovem maior vida útil do grão, mantendo as condições de limpeza e secagem até o consumo, minimizando as perdas qualitativas e quantitativas (LORINI,2008).

Segundo Lorini et al., (2015) quando os grãos são armazenados deve se manter monitoramento constante desde o início da estocagem através de amostragens, uso de armadilhas fixas, ou peneiras, além do monitoramento da temperatura e umidade. O conjunto destes dados servem de base para registrar o momento inicial da infestação e direcionar a tomada de decisão por parte do armazenador, visando manter a qualidade dos grãos.

2.2 PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS

As pragas de grãos armazenados atacam variados tipos de grãos e com variados potenciais de destruição, as pragas causam danos de maneira distinta e devido a isso a sua correta identificação taxonômica é fundamental pois de acordo com a identificação se define as medidas de controle adotadas (LORINI et al., 2015).

O hábito alimentar das pragas de grãos armazenados é o elemento utilizado para definir o método de manejo a ser utilizado na massa de grãos, este hábito de alimentação também pode ser utilizado para classificação das pragas em primárias e secundárias (LORINI, 2018b).

Segundo Lorini (2008) pragas primárias são as que atacam sementes e grãos sadios, podendo ainda ser classificadas como pragas primárias internas ou externas de acordo com a parte dos grãos que atacam, sendo as pragas primárias internas as que perfuram os grãos e penetram nesse para concluir seu desenvolvimento, se alimentando de todo o interior do grão ou semente possibilitando a entrada de outros agentes de deterioração do grão. As pragas primárias externas atacam o exterior dos grãos ou sementes (casca) e na sequência se alimentam da parte interna sem se desenvolver no interior deste, destroem o grão apenas para alimentação.

Pragas secundárias requerem que os grãos estejam danificados ou quebradas para alimentação, pois não conseguem atacar diretamente grãos e sementes sadias,

podem surgir pela presença de grãos quebrados e trincados ou devido a ação das pragas primárias (LORINI, 2008).

Dentre as espécies-praga existem dois grupos importantes que são os besouros e as traças. No grupo dos besouros se encontram as espécies: *R. dominica*, *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *T. castaneum*, *Lasioderma serricorne*, *O. surinamensis*, *C. ferrugineus* e *Acanthoscelides obtectus*. No grupo das traças importantes estão: *Sitotroga cerealella*, *P. interpunctella* e *Ephestia kuehniella*. Dentro das pragas citadas os que apresentam maior dano econômico e por isso justificam o uso de controle químico são *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais*. Além destas pragas os roedores e pássaros também são causadores de perdas econômicas através da contaminação do produto final, levando a perdas qualitativas nos produtos armazenados (LORINI et al., 2015).

Sitophilus oryzae é um inseto com metamorfose completa ou seja possui um ciclo completo passando por ovo, larva, pupa e adultos, é a principal praga nos alimentos armazenados se alimentando principalmente de milho, arroz, trigo sorgo e farinha. Enquanto adulto o inseto rói os alimentos, e na fase larval come internamente os grãos, possui rápido desenvolvimento e possibilidade de causar danos generalizados na mercadoria armazenada, pode ser encontrado por todo o mundo (ZHU et al., 2022). Ainda segundo Zhu et al., 2022 *Rhizopertha dominica*, também é uma das pragas principais em grãos armazenado. Possuem habito alimentar complexo, com potencial de danos em cereais, frutas secas, ervas medicinais, bambu, madeira, arroz, trigo e farinha. Apresenta melhor desenvolvimento em altas temperaturas. É uma espécie altamente polífaga e de rápido desenvolvimento, diferente dos *Sitophilus* seus adultos não podem destruir os alimentos integrais. Porém, necessitando de uma ferida aberta para propiciar acesso e danos nas mercadorias armazenadas, quando presente juntamente com *Sitophilus* seu potencial de dano é aumentado significativamente (ZHU et al., 2022).

2.3 METODOS DE CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMazenADOS

Para o controle das pragas de grãos armazenados é possível utilizar vários métodos de controle, que podem ser usados em combinação ou separados, como por exemplo métodos físicos (temperatura, umidade relativa do ar, atmosfera controlada,

remoção física radiação, uso de pós inertes, som e luz) métodos químicos (inseticidas químicos, controle biológico e fumigação com fosfina (PEREIRA, 2019).

Quanto maior tempo de armazenamento, maior o risco de infestação por insetos e ação de fungos, reduzindo a qualidade do grão armazenado. No Brasil o controle das pragas de grãos armazenados é feito basicamente com o uso de três métodos de controle: inseticidas químicos protetores como piretróides e organofosforados (tratamento preventivo) o expurgo com o uso de fosfina (PH_3) (tratamento curativo), e os tratamentos com inseticidas naturais a base de terra de diatomácea (tratamento preventivo) (LORINI et al., 2015).

Outros métodos passíveis de utilização são através do uso do frio, atmosfera modificada, óleos essenciais e controle biológico. Segundo Loeck (2002) o fosfeto de alumínio e magnésio são os inseticidas fumigantes mais utilizados para expurgo devido a versatilidade, facilidade de uso e segurança.

Para o controle de populações de insetos-praga em ambientes de estoque de produtos armazenados, existem várias técnicas e abordagens disponíveis. No entanto, entre as diversas opções, a estratégia mais amplamente utilizada é o tratamento químico, devido ao seu impacto imediato no controle das populações de pragas. Os tratamentos químicos podem ser realizados por meio do uso de inseticidas químicos de contato aplicados diretamente nos grãos ou por meio do uso de fumigantes. Entre os fumigantes, a fosfina é amplamente aceita em todo o mundo, devido à sua característica de não deixar resíduos, custo relativamente baixo e facilidade de aplicação (Nayak et al., 2014).

2.4 FUMIGAÇÃO

Fumigação é o método de controle onde se preenche completamente uma área isolada para tratamento com pesticidas gasosos ou fumigantes com o intuito de sufocar ou envenenar as pragas presentes na massa de grão. Seu uso tem grande aplicação no controle estrutural, em solo e grãos, a aplicação do fumigante libera um fluxo gasoso que se mistura com o ar alterando a concentração de fumigante no ambiente, esse gás liberado com altas concentrações entram no corpo do inseto através do processo de respiração ou pelas cutículas levando o inseto a morte por envenenamento (DUBEY & RAMNATH, 2019).

Para a prevenção da proliferação das pragas de grãos armazenados as condições de limpeza, temperatura e umidade são indispensáveis para a manutenção da qualidade, além disso o expurgo pode ser feito sempre que houver necessidade, fazendo o controle de insetos, roedores que prejudicam a qualidade do grão (LORINI et al., 2015).

Durante o procedimento de fumigação a eficiência da liberação da fosfina é diretamente influenciada pela umidade, temperatura e tempo de exposição, dentro da sua composição a fosfina pode estar apresentada comercialmente na forma de pastilhas de 0,6g e 3g e sachês de 34g com liberação de 1/3 de fosfina (PEREIRA, 2019). O uso da fosfina se estabeleceu na Alemanha em 1937, através de experiências realizadas pelo DR. Werner Freyberg Strasse, ele foi o primeiro a obter sucesso na utilização de produtos baseados na liberação do gás fosfina (BEQUISA, 2023).

A fosfina é um gás altamente tóxico (biocida geral) liberado em contato com a umidade do ar, seu uso é eficaz no controle de todas as fases ovo, larva, pupa e adultos das pragas de grãos armazenados. Então, todo o manuseio deve ser feito com o uso obrigatório de EPIs adequados (máscara de proteção contra gases tóxicos, bota de borracha, luvas impermeáveis, macacão de manga comprida, capacete, óculos etc.), tanto no momento da aplicação quanto no momento da aeração (LORINI et al., 2015).

Segundo Chaudhry (1997) a fosfina possui forte agente redutor, atuando provavelmente no sistema redox biológico, principalmente nos componentes da cadeia de transporte de elétrons mitocondrial. A oxidação da fosfina tem potencial de produzir espécies reativas de fosforilação, e a interação das espécies reativas com o sistema redox biológico é relatada como fator causador da geração de oxirradicais altamente reativos. Esse é relatado como a base da toxicidade da fosfina para os insetos, diferindo de outros inibidores como o cianeto de hidrogênio.

2.5 USO DE FOSFINA

Para as pragas de grãos armazenados o tratamento com fosfina é o método de controle químico mais utilizado mundo e se feito de maneira correta apresenta alto nível de controle das pragas (PEREIRA, 2019). O uso da fosfina foi relatado quimicamente pela primeira vez por Philippe Gengembre em 1783 sendo descrito como um produto do aquecimento do fósforo elementar em uma solução de carbonato de potássio

(GENGEMBRE, 1783). O processo de fumigação pode ser realizado em silos de concreto, armazéns, câmaras de expurgo, porões de navio, sempre levando em consideração as três condições básicas para o sucesso do tratamento, a dosagem, a completa vedação e o período de exposição (LORINI et al., 2015).

Segundo Celaro (2018) a concentração de fumigante necessário para um tratamento é menor de acordo com o aumento da temperatura, devido ao aumento na taxa respiratória dos insetos. Maior temperatura também auxilia na melhor difusão dos fumigantes, aumentando sua expansividade e reduzindo a adsorção. Temperaturas abaixo de 10°C não são recomendadas para a fumigação, a quantidade de água no produto fumigado também é inversamente proporcional a adsorção do fumigante. Segundo Lorini et al., (2007) não é aconselhável a aplicação de fosfina em temperatura inferior a 10°C e com uma umidade relativa menor que 25%, indicando como tempo de exposição mínimo 168 horas.

A aplicação de fosfina nos ambientes de tratamento deve ser feita de forma uniforme em toda a massa de grãos ou sementes tratadas para garantir o controle de todas as pragas em diferentes ciclos (LORINI et al., 2013). Segundo estudos realizados por (LORINI et al., 2013) a liberação de fosfina das pastilhas iniciou a partir de meia hora da aplicação e foi aumentando lentamente até 8 horas e rapidamente após 24 horas chegando a níveis superiores a 1200 ppm de gás PH₃ mantendo a concentração alta até o fim do experimento. Para um tratamento de sucesso é necessária uma concentração mínima de fosfina de 400 ppm durante pelo menos 120 horas, e essa concentração deve ser mantida de forma uniforme em toda câmara de tratamento.

Durante o procedimento da fumigação existem fatores biológicos e não biológicos que afetam a eficiência do tratamento, também devem ser levados em consideração para o procedimento de fumigação. O estágio de desenvolvimento do inseto pode ser citado como um fator biológico determinante para o sucesso do tratamento, pois ovos e pupas tendem a ter maior tolerância a fosfina se comparado a larvas e adultos (VENKIDUSAMY et al., 2018). Entre os fatores não biológicos envolvidos em uma fumigação, dois podem ser considerados de maior importância, sendo eles a concentração e o tempo de exposição, a eficiência pode ser melhorada com o aumento de qualquer um dos dois fatores. Porém, em comparação entre ambos o tempo de exposição mostra efeito mais eficaz que o aumento da concentração. Outro fator não biológico que também tem grande

importância é a temperatura, pois a fosfina tem maior eficácia no tratamento sob temperaturas mais altas (KAUR e NAYAK, 2015).

2.6 RELATOS DE RESISTÊNCIA A FOSFINA

A utilização incorreta do controle químico contribui para o aumento dos casos de resistência dos insetos-pragas em grãos armazenados. O manejo da resistência enfrenta fatores complicadores, como práticas ineficientes de sanitização das estruturas de armazenamento, onde a vedação não é possível, além da falta de treinamento dos aplicadores. Além disso, o número reduzido de inseticidas registrados para o controle de pragas em grãos armazenados também representa um desafio.

Com a evolução dos casos de resistência a inseticidas no Brasil, se faz necessário a utilização de outros métodos de controle como opção ao uso exclusivo do controle químico. Nesse contexto o MIP Grão (Manejo integrado de pragas em grãos armazenados) surge como opção pois se baseia na integração de vários métodos de controle e monitoramento, visando suprimir as pragas em grãos armazenados (LORINI et al., 2002).

A resistência das pragas aos produtos químicos é uma realidade em todo o mundo, fator que cada vez mais precisa ser levado em conta por todos os envolvidos durante o processo de armazenamento e tratamento, pois o uso inadequado pode inviabilizar os inseticidas disponíveis e elevar ainda mais as perdas e conseqüentemente maior demanda de capital aplicado para o controle (LORINI et al., 2015).

Nos últimos 30 anos indústria tem registrado uma dependência excessiva no uso da fosfina, processo desencadeado devido à restrição de uso do brometo de metila devido as suas propriedades destruidoras da camada de ozônio. Devido ao uso excessivo os casos de resistência a fosfina têm aumentado a frequência, força e distribuição em várias espécies de insetos praga, apesar do risco e gravidade deste problema não existe informações consistentes de como a resistência é diagnosticada e caracterizada, além disso a compreensão da toxicidade da fosfina é limitada (NAYAK et al., 2020).

De acordo com a FAO (1975), a resistência à fosfina, assim como a resistência a outros inseticidas, é uma característica hereditária que permite que indivíduos com essa característica sobrevivam a uma dose normal que seria fatal para insetos da mesma

espécie, porém sem essa característica. O levantamento de dados específicos sobre esse fenômeno foi iniciado por meio de um ensaio de dosagem diagnóstica realizado por um grupo de trabalho especial da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.

Para caracterização em escala global Champ e Dyte (1976), utilizaram o teste FAO em 8 espécies de besouros em mais de 250 locais, onde foi relatado casos de resistência em 6 das 8 espécies estudadas. Em estudos mais recentes desenvolvidos na Austrália foi descoberto a caracterização de dois fenótipos para dois níveis de resistência sendo eles nível de resistência forte ou fraco, devido a este e outros estudos o método FAO foi modificado para possibilitar a identificação destes dois fenótipos (DAGLISH GJ, COLLINS PJ, 1999).

Em um estudo desenvolvido em 2012 em populações de *R. dominica* concluiu-se que a resistência é uma característica semidominante herdada da mãe no estágio de ovo. Isso ocorre provavelmente devido a mitocôndrias ou proteínas produzidas pela mãe, que possuem características de resistência que são passadas através dos ovos para o embrião em desenvolvimento. Diferente dos casos de resistência em estágios de larva e pulpa onde foi identificado que é uma característica herdada como traço autossômico incompletamente recessivo (KAUR et al., 2012).

Segundo NAYAK (2020) em uma análise crítica a literatura publicada na área de resistência após o início das pesquisas globais para detecção e monitoramento da resistência, já foram citados vários relatos de falha no controle em diferentes níveis. Esses casos de falha de controle já foram indicados em estudos realizados na Austrália, Ásia, América do Norte, América do Sul, Europa e África. O aparecimento dos casos de resistência a fosfina acontece principalmente devido a falha na contenção do gás na câmara de fumigação após a aplicação do fumigante, isso pode ser resultado de vários fatores como estruturas inadequadas com presença de vazamentos, subdosagem, aplicação em temperatura inferior as recomendadas em bula para fosfina, além de fatores como fumigação repetida nas câmaras no intuito de obter sucesso no tratamento.

No Brasil, a resistência ao *Sitophilus zeamais motshulsky* (gorgulho do milho) foi citada por Pimentel et al. (2009) em um estudo que envolveu 22 populações brasileiras de *S. zeamais*. Os resultados mostraram que 20 das 22 populações testadas apresentaram resistência, em diferentes níveis. Em um estudo posterior utilizando os métodos da FAO,

foram relatados casos de resistência forte ao uso de fumigantes em 13 populações de *Tribolium castaneum*, 10 populações de *R. dominica* e 8 populações de *Oryzaephilus surinamensis* (L). Ambos os relatos demonstraram uma correlação significativa entre os casos de resistência e a pressão de seleção local.

Segundo Pimentel et al. (2009) em trabalho realizado em 7 estados brasileiros, foi detectado alta frequência de indivíduos com resistência a fosfina em todas os estados onde foi coletado amostras para o trabalho. Isso evidencia o quanto está disperso os casos de resistência também no Brasil. O estudo também constatou que a taxa de mortalidade das populações resistentes é inversamente relacionada à taxa respiratória.

Considerando as estratégias de gestão disponíveis no manejo da resistência o ideal, seria não utilizar mais o produto em nenhum tratamento e em seguida utilizar ativos diferentes no intuito de diminuir a resistência. É necessária essa abstinência do produto pois normalmente os genes envolvidos na resistência não desaparecem facilmente a não ser que esse gene represente consequências negativas para o desenvolvimento do inseto praga. No entanto, no entanto, reduzir o uso do produto pode, ao longo do tempo, diminuir a frequência da resistência. No caso específico da fosfina, abandonar completamente o seu uso não é uma opção viável, uma vez que os casos de resistência representam um problema menor em comparação com os inúmeros benefícios que ela proporciona para a indústria em todo o mundo. Além das qualidades da fosfina em tratamentos outro ponto que mantém o seu uso sustentável durante tantos anos é que a concentração e o tempo de exposição podem ter efeitos maximizados com o aumento da temperatura maximizando os resultados em populações com insetos pragas resistentes (NAYAK et al., 2014).

Segundo Nayak et al. (2014), os autores concluíram que, para o futuro da pesquisa, é importante estudar inseticidas e fumigantes alternativos, levando em consideração as necessidades reais e atuais dos consumidores finais, a fim de gerar resultados realmente relevantes e práticos para os agricultores e a indústria. Além disso, são necessárias melhorias para uma melhor tomada de decisão na indústria, incluindo a detecção rápida da resistência, com base em protocolos validados em campo. Não devemos esquecer dos fatores não químicos, como a limpeza e métodos físicos, que também desempenham um papel importante.

3 CONCLUSÕES

Com os dados obtidos por meio da revisão, é possível identificar que a resistência à fosfina é um problema recorrente e atual, exigindo respostas importantes da pesquisa para a detecção precoce da resistência nos ambientes de armazenamento, bem como a necessidade de metodologias práticas consolidadas para o monitoramento e tomada de decisão em relação à resistência.

A disseminação de medidas, como a adoção de práticas baseadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP) de grãos, deve ser considerada, uma vez que o uso de tratamentos alternativos em conjunto com a aplicação de fosfina tende a reduzir o uso excessivo desse agente químico e, conseqüentemente, os casos de resistência. Essas medidas são necessárias devido ao cenário atual, pois a perda da fosfina como ferramenta no controle de pragas poderia ter um grande impacto na cadeia de armazenamento e no comércio internacional.

REFERÊNCIAS

- BEQUISA. **História da Bequisa**. Disponível em: <http://www.bequisa.com.br/institucional>
Acesso em: maio de 2023.
- CELARO, J. C. Método curativo de controle de insetos-praga de grãos armazenados. Livro: **Armazenagem de Grãos**, 2018, 453-483 p.
- CHAMP B. R.; DYTE C.E. Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. **Food and Agricultural Organization of the United Nations**, Rome, 1976; 1976. <http://hdl.handle.net/102.100.100/306470?index=1>.
- CHAUDHRY M. Q. 1997. A review of the mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored-products insects. **Pesticide Science**. 49:213–28
- DAGLISH G. J.; COLLINS P. J. 1999. **Improving the relevance of assays for phosphine resistance**. In Proceedings of the **7th International Working Conference on Stored Product Protection**, ed. Z Jin, Q Liang, Y Liang, X Tan, L Guan, pp. 584–93. Wallingford, UK: CAB Int.
- DESHWAL, R.; VAIBHAV, V.; KUMAR, N.; KUMAR, A. Stores grain pests. **Advances in Agricultural Entomology** vol.11, p01-20, 2020.
- DUBEY, A.; & RAMNATH, S. S. **Fumigation methods for safe grain storage**.
- FAO. 1975. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides: tentative method for adults of some major species of stored cereals with methyl bromide and phosphine—FAO Method No 16. **FAO Plant Prot. Bull.** 23:12–25
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.
- GENGEMBRE M. 1783. Mémoire sur un nouveau gas obtenu, par l'action des substances alkalines, sur le phosphore de Kunckel. **Mém. Math. Phys.** 10:651–58.
- KAUR R.; NAYAK M. K. Developing effective fumigation protocols to manage strongly phosphineresistant *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae). **Pest Management Science** 2015 71:1297–30
- KAUR R.; SCHLIPALIUS D. I.; COLLINS P. J.; SWAIN A. J and EBERT P. R. Inheritance and relative dominance, expressed as toxicity response and delayed development, of phosphine resistance in immature stages of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **Journal of Stored Products Research** 2012: 51: 74-80.

LOECK, A. E. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: EGUPEL, 2002. 113 p.
LORINI, I. Descrição, biologia e danos das principais pragas de grãos e sementes armazenadas. In: LORINI, I. et al. (ed.). **Armazenagem de grãos**. 2. ed. Jundiaí: IBG, 2018b. cap. 4.1, p. 363-381.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Expurgo da semente de soja com fosfina e seu efeito na qualidade fisiológica** – Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 12 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 97).

LORINI I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. HENNING, F. A. Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas. **Brasília: Embrapa**, 2015. 84 p

LORINI, I. Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. **Passo Fundo: Embrapa Trigo**, 2008. 72 p.

LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: SP: Instituto Biogeneziz. 2002. 1000 p. v. 1.

NAYAK M. K.; DAGLISH G. J.; PHILLIPS T. W and EBERT P. R (2020). Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: A global perspective. **Annual Review of Entomology**. 65:333–50

NAYAK M. K.; COLLINS P. J.; THRONE J. E.; WANG J. J. Biology and management of psocids infesting stored products. **Annual Review of Entomology** 2014 59:279–97

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

PIMENTEL M. A. G.; FARONI L. R. A.; GUEDES R. N. C.; SOUSA A. H AND TOTOLA M. R. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research** 2009: 45: 71-74. *
First report on phosphine resistance in the maize weevils in Brazil

PIMENTEL M. A. G.; FARONI L. R. D. A.; DA SILVA F. H.; BATISTA MD and GUEDES R. N. C. Spread of phosphine resistance among Brazilian populations of three species of stored product insects. **Neotropical Entomology** 2010: 39 (1): 101-107.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. D. A.; BATISTA, M. D.; & DA SILVA, F. H. (2009). Resistência de insetos de produtos armazenados à fosfina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43(12), 1671-1676.

PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de grãos**. Inst. Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 664p., 2000.

SCHÖLLER, M.; PROSELL, S.; AL-KIRSHI, A.G.; REICHMUTH, C.H. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.33, n.1, p.81-97, 1997.

SUNDAR, B.; REDDY, P. S. M.; DURALMURUGAN, P.; SALUNKE, S. Management strategies for control store grain pest. *Indian Farmer* 6(3): 211-215; March-2019.

VENKIDUSAMY M.; JAGADEESAN R.; NAYAK M. K.; SUBBARAYALU M.; SUBRAMANIAN C.; COLLINS PJ. 2018. Relative tolerance and expression of resistance to phosphine in life stages of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*. **Journal of Pest Science**. 91:277–86

ZHU, Y.; YU, Y.; MA, Y.; QIN, N.; YAN, X.; & CHEN, J. Analysis and Research on Insecticidal Effect of 200 mL/m³ Phosphine Fumigation under Nitrogen-rich and Hypoxia. **International Journal of Latest Reserch in Agriculture and Veterinary Science**. Volume 01 Issue 01 July – September 2022 pp.24-33.