

Os problemas com pragas de armazenamento e as tendências para seu controle na pós-colheita de grãos

Lêda Rita D'Antonino Faroni¹, Adalberto Hipólito Sousa²

¹ Professora do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - DEA/UFV, 36570-000 Viçosa - MG, Brasil. E-mail: lfaroni@ufv.br.

² Doutorando em Entomologia, Departamento de Biologia Animal - BDA/UFV, 36570-000 Viçosa - MG, Brasil. E-mail: adalberto.sousa@ufv.br.

PALESTRA

Resumo

O Brasil destaca-se no cenário mundial como um dos maiores produtores de grãos. O país convive com perdas elevadas no armazenamento devido, principalmente, a insetos que atacam grãos e subprodutos nesta fase. A necessidade de encontrar alternativas para o controle de pragas de produtos armazenados estimula o desenvolvimento de pesquisas visando a obtenção de novos métodos e técnicas que possibilitem a manutenção e preservação da qualidade dos produtos. Entre as principais alternativas de controle de pragas destacam-se o uso de atmosferas modificadas, controle biológico, inseticidas botânicos, controle da temperatura, pós inertes e variedades de grãos resistentes a insetos.

Palavras-chave: armazenagem, insetos, proteção de produtos armazenados, atmosfera modificada, controle biológico.

Armazenamento de grãos

O Brasil destaca-se no cenário mundial como um dos maiores produtores de grãos, com uma safra prevista em 146,746 milhões de toneladas para o ciclo 2009/2010, superior à colhida na safra anterior, em 8,6% (11,611 milhões de toneladas). A massa de grãos se encontra constantemente submetida a fatores externos que compõem o ambiente de armazenamento. Esses fatores são divididos em físicos, como temperatura e umidade; químicos, como fornecimento de oxigênio; agentes biológicos, como insetos, ácaros, pássaros, roedores, fungos e bactérias; e aqueles relacionados ao homem, através de seus métodos de manuseio, armazenamento, transporte e desinfestação dos produtos. Os fatores que interagem com o ambiente de armazenamento também se relacionam estreitamente com a rapidez da deterioração dos produtos. As causas

das perdas na pós-colheita de grãos podem ser devido a fatores que antecedem a colheita (histórico do produto), fatores de colheita, secagem e armazenamento. No armazenamento as perdas acontecem sobre o produto final, já pronto para comercialização, o que as tornam de grande relevância nesta fase do sistema de pós-colheita. Os principais fatores que determinam e acentuam as perdas de grãos armazenados são: a carência de armazéns adequados para o manejo e facilidades de armazenamento; teor de água superior ao recomendado e alto índice de impurezas dos grãos no momento do armazenamento; a presença de pragas; o manejo inadequado e o desconhecimento dos princípios de conservação dos grãos.

Pragas de Armazenamento

É grande o número de pragas que se encontram em produtos armazenados e seus subprodutos. Dentre estas, destacam-se os insetos como um dos mais importantes agentes responsáveis pelas perdas no período de pós-colheita. A maioria das espécies é cosmopolita, em razão principalmente dos intercâmbios comerciais. Os insetos-praga de produtos armazenados são capazes de sobreviver em ambientes secos, escuros e com baixa concentração de oxigênio. A maioria das pragas de produtos armazenados apresenta polifagia, ou seja, têm a capacidade de atacar diversos produtos. Por exemplo, *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) é encontrada em arroz, milho, trigo, e sorgo; *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) ataca feijão, grão-de-bico e ervilha; e *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) ataca milho, sorgo, trigo e arroz. Outra característica importante dos insetos-praga de produtos armazenados é o elevado potencial biótico.

Os insetos provocam danos no tegumento dos grãos, aumentando a produção de dióxido de carbono (CO₂) e água. Isso contribui para o aumento do teor de umidade da massa armazenada que, por sua vez, aumenta a taxa respiratória e, conseqüentemente, a temperatura, favorecendo a multiplicação de fungos e ácaros. Vale lembrar que as pragas podem causar prejuízos diretos, como a perda de massa e do valor comercial; destruição dos tecidos embrionários, com redução do valor alimentício e da capacidade germinativa; prejuízos na qualidade de panificação das farinhas; liberação de ácidos graxos em grãos oleaginosos; e produção de odores estranhos. Adicionalmente, as pragas também podem causar prejuízos indiretos, como modificação da cor, cheiro e sabor; degradação de proteínas e vitaminas; contaminação por micotoxinas ou agentes patogênicos; formação de colônias de fungos, fermentos e seus subprodutos; e formação de bolsa de calor.

Os insetos se classificam taxonomicamente em grupos chamados ordens; por sua vez, as ordens se dividem em famílias e, estas, em gêneros, que agrupam várias espécies. Uma espécie engloba os indivíduos com morfologia similar, hábito alimentar comum, capazes de reproduzirem-se entre si, constituindo a base de referência para sua identificação e denominação. A maioria desses insetos pertence às ordens Coleoptera e Lepidoptera. As principais espécies da ordem coleóptera são: *Sitophilus zeamais* e *S. oryzae* (Curculionidae); *Rhyzopertha dominica* e *Prostephanus truncatus* (Bostrichidae); *Z. subfasciatus*, *Callosobruchus maculatus* e *Acanthoscelides obtectus* (Bruchidae); *Tribolium castaneum*, *T. confusum*, *Gnatocerus cornutus*, *G. maxillosus*, *Alphitobius diaperinus*, *Tenebroides mauritanicus* e *Latheticus oryzae*

(Tenebrionidae); *Cryptolestes ferrugineus* (Cucujidae); *Oryzaephilus surinamensis*, *Cathartus quadricollis* e *Ahasverus advena* (Silvanidae); *Lasioderma serricorne* e *Stegobium paniceum* (Anobiidae) e *Araecerus fasciculatus* (Anthribidae). Na ordem Lepidoptera as espécies de maior importância são: *S. cerealella*; *Plodia interpunctella*, *Ephestia (Cadra) cautella*, *E. (Anagasta) kuehniella*, *E. elutella*, *Corcyra cephalonica* e *Pyralis farinalis* (Pyrilidae). Os coleópteros são capazes de se movimentarem entre pequenos espaços na massa de grãos, inclusive atingindo grandes profundidades nos silos e graneleiros. Os lepidópteros são frágeis e, em geral, permanecem na superfície dos grãos, causando, assim, menos prejuízos que os coleópteros. Os grãos podem também, ocasionalmente, ser infestados por insetos pertencentes à ordem Psocoptera: *Liposcelis* sp. (Liposcelidae).

Os insetos-praga de grãos armazenados, de acordo com o hábito alimentar, podem ser classificados como pragas primárias, secundárias e associadas. As pragas primárias são capazes de romper a parede externa dos grãos íntegros e sadios para atingir o endosperma. São divididas em pragas primárias internas e externas. As pragas primárias internas, que compreendem algumas espécies mais importantes, completam seu ciclo evolutivo no interior de apenas um grão (Figura 1). Em algumas espécies como *Sitophilus* spp. e *A. fasciculatus* os adultos rompem a película protetora dos grãos com as mandíbulas e depositam o ovo na parte interna do grão. As larvas eclodem e se desenvolvem deixando o grão após atingir a fase adulta. Outras como *S. cerealella*, *R. dominica* e os carunchos *C. maculatus*, *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* depositam os ovos externamente e as larvas, assim que eclodem, penetram no grão onde se desenvolvem, saindo para o exterior no estágio adulto. As pragas primárias externas se alimentam da porção externa do grão, podendo alimentar da parte interna após o rompimento da externa (Figura 2). Este grupo pode ser representado pelas traças *P. interpunctella* e pelos besouros *L. serricorne* e *T. mauritanicus*.



Figura 1. Adultos de *S. zeamais* (A), *C. maculatus* (B) e *R. dominica* (C).
Fotos: Sousa, A.H.

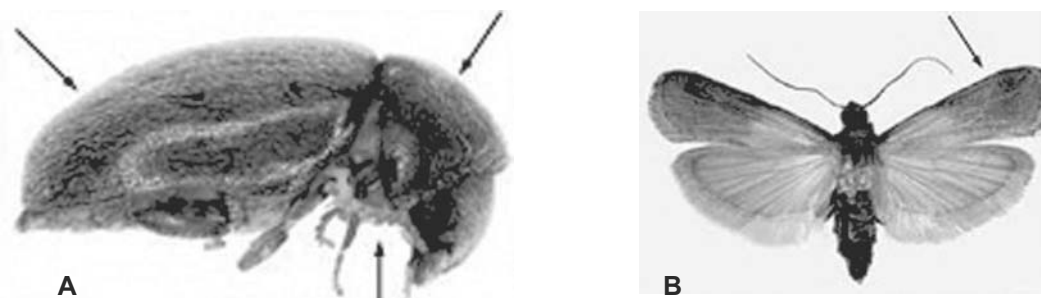


Figura 2. Adultos de *P. interpunctella* (A) e *L. serricorne* (B).
Fotos: <http://anic.ento.csiro.au/database/index.asp>.

As pragas secundárias se desenvolvem exteriormente aos grãos e se alimentam destes quando previamente danificados pelas pragas primárias, ou quando trincados, quebrados, com defeitos na casca e com infecção fúngica, podendo também se alimentar dos resíduos dos grãos (Figura 3). Infestam quase todos os produtos e seus derivados nos depósitos, tais como farinhas, farelos, fubás e rações. Os ovos são colocados geralmente na massa de grãos ou produtos. As larvas, em geral, desenvolvem-se livremente, porém várias espécies cavam túneis sob a cobertura do germe desenvolvendo-se como “infestação interna”. São exemplos de pragas secundárias *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *O. surinamensis*.

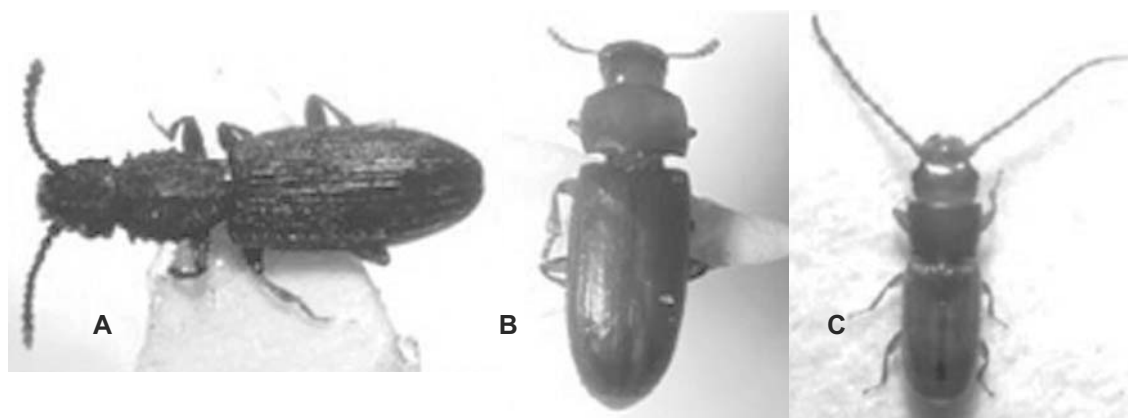


Figura 3. Adultos de *T. castaneum* (A), *O. surinamensis* (B) e *C. ferrugineus* (C).
Fotos: Sousa, A.H.

Os insetos que se alimentam de detritos e fungos presentes na massa de grãos são classificados como associadas (Figura 4). Como exemplo tem-se os insetos da ordem Psocoptera e a espécie *A. diaperinus*, que possuem menor importância, porém prejudicam o aspecto visual do produto. Nesta denominação situam-se também os parasitos (Hymenoptera) e os predadores (Hemiptera e Diptera), responsáveis pelo controle biológico no ecossistema de armazenagem.

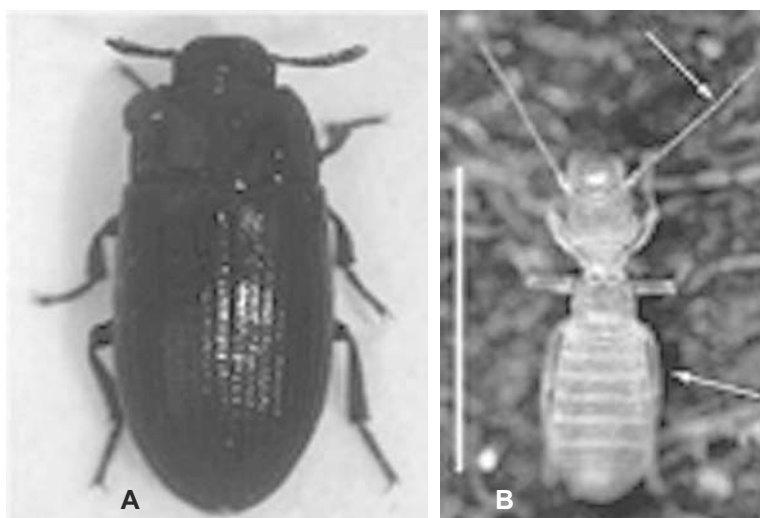


Figura 4. Adultos de *A. diaperinus* (A) e *L. bostrychophilus* (B).
Fotos: (A) Sousa, A. H. (A); (B) <http://anic.ento.csiro.au/database/index.asp>.

Em geral, as pragas reduzem substancialmente a qualidade dos grãos. A deposição dos ovos e o desenvolvimento dos insetos nos grãos podem causar perdas superiores a 90% no poder germinativo dos mesmos. A abertura de orifícios nos grãos facilita a proliferação de fungos, que juntamente com os insetos são as principais causas de deterioração e perdas durante o armazenamento. Os insetos são importantes agentes disseminadores dos esporos dos fungos. Os principais fungos encontrados nos grãos armazenados pertencem aos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, os quais contaminam os grãos após a colheita e se desenvolvem em condições de armazenamento com baixo teor de umidade. Os principais fatores que afetam a atividade dos fungos são a temperatura e o teor de água dos grãos, danos mecânicos, taxa de oxigênio (O_2), impurezas e infestação de insetos.

Controle químico dos insetos-praga de produtos armazenados

O controle dos insetos-praga de produtos armazenados é realizado no Brasil, principalmente, por meio de inseticidas químicos. Atualmente, os métodos de controle mais utilizados são a fumigação com fosfina (PH_3) e a utilização de inseticidas protetores piretróides e organofosforados.

A utilização da fosfina como fumigante foi estabelecida na Alemanha, 1937, a partir de experiências realizadas pelo Dr. Werner Freyberg. O uso desse fumigante se baseia no emprego de comprimidos, pastilhas e sachets de fosfeto de alumínio (AIP) ou fosfeto de magnésio (Mg_3P_2), dos quais a fosfina se desprende lentamente por reação com a umidade do ar. Estes comprimidos, pastilhas e sachets contêm carbamato de amônio, que desprende, ao mesmo tempo, dióxido de carbono e amoníaco, que servem para diluir a fosfina, reduzindo o perigo de combustão no momento em que ela se decompõe. O amoníaco serve ainda como indicador da fosfina no ambiente. A fosfina é um gás de elevada pressão de vapor, com peso específico ligeiramente maior do que o do ar e baixo peso molecular. Essas características favorecem a distribuição uniforme do gás, que possibilita boa capacidade de penetração no material a ser fumigado e grande facilidade de escape diante de ventilação. É um fumigante de elevada toxicidade para insetos e é um dos mais tóxicos para insetos-praga de produtos armazenados. A toxicidade da fosfina para insetos é influenciada, principalmente, pela temperatura e pela necessidade de um período inicial relativamente longo, para que o efeito tóxico possa ocorrer.

Os inseticidas protetores, aplicados em grãos armazenados no Brasil, são os piretróides deltametrina, bifentrina e permetrina, e os organofosforados pirimifós-metilico, fenitritona e malationa. Como vantagens, a utilização desses produtos permite a persistência dos compostos tóxicos por longos períodos em concentrações letais para as pragas; são de aplicação mais segura que os fumigantes e não requerem, para isso, equipamentos especiais ou metodologia sofisticada. Com relação aos padrões de segurança, são eficientes contra as pragas por longo período de tempo; seletivos; de baixa toxicidade para mamíferos; não devem deixar resíduos tóxicos acima do limite prescrito pelas fontes legais e nem reduzir a qualidade dos grãos. Em geral, os protetores são aplicados diretamente nos grãos para evitar a infestação de insetos, não se esperando que eliminem a população já existente. Recomenda-se que os grãos sejam tratados antes de serem armazenados, ou pelo menos, durante a transferência para o local de armazenamento, antes que

ocorra a infestação.

Devido ao uso contínuo e indiscriminado da fosfina e dos inseticidas protetores, tem-se verificado populações de insetos com elevados níveis de resistência a esses inseticidas. Com relação a fosfina, o primeiro estudo de resistência foi realizado em 1976, não tendo sido constatado qualquer indício de resistência. Outros estudos foram realizados no início da década de 90, sendo constatada de baixa a moderada resistência. Porém, nestas pesquisas foi utilizada apenas a concentração discriminante da fosfina e não seguiram a metodologia de detecção de resistência recomendado pela FAO (Food and Agriculture Organization). Ao contrário dos primeiros estudos, investigações recentes diagnosticaram elevados níveis de resistência à fosfina, por exemplo, uma população de *T. castaneum* coletada em Bom Despacho, MG apresentou razão de resistência 186 vezes maior que a da população padrão de susceptibilidade.

Diante da preocupação com a evolução de resistência a inseticidas e da preocupação com os riscos oferecidos pelos inseticidas à saúde humana e ao meio ambiente, pesquisas têm sido desenvolvidas visando a obtenção de métodos alternativos para o controle de insetos no setor de armazenamento. Nesse sentido, tem sido sugerida a utilização de tratamentos como o uso de atmosferas modificadas, controle biológico, inseticidas botânicos, controle da temperatura, pós inertes e variedades de grãos resistentes a insetos.

Ozônio como fumigante para grãos

O ozônio (O₃) é um gás resultante do rearranjo de átomos de oxigênio. Por ser um poderoso agente oxidante, o ozônio é altamente tóxico para fungos, bactérias, vírus, protozoários e insetos. Basicamente, o ozônio atua promovendo danos às membranas celulares ou desencadeando a morte celular em diversos organismos vivos mediante estresse oxidativo.

As primeiras investigações sobre a utilização do ozônio como inseticida foram realizados utilizando-se insetos domésticos (formigas, baratas, moscas e traças) para manter as condições de higiene de ambientes domésticos. Em insetos-praga de produtos armazenados, a primeira pesquisa expressiva só foi publicada no início dos anos 1980, onde foram realizados estudos prévios sobre a toxicidade do ozônio (45 ppm) para larvas, pupas e adultos de *T. castaneum*. Nesse estudo investigou-se o tempo de exposição necessário para obter a mortalidade total de larvas com idade de 15 dias (larvas jovens) e larvas com 23 dias (larvas velhas), de pupas com 28 dias e adultos. Constatou-se que a fase de pupa de *T. castaneum* foi a mais tolerante. A larva jovem apresentou maior sensibilidade que as larvas velhas e os adultos apresentaram mortalidade intermediária entre a mortalidade das larvas jovens e velhas.

A eficácia do ozônio foi testada em nível de campo, num silo metálico contendo 8,9 toneladas de grãos de milho. Nesse experimento avaliou-se a mortalidade de larvas de *P. interpunctella*, e adultos de *S. zeamais* e *T. castaneum*, utilizando-se uma concentração de 50 ppm de ozônio (em fluxo contínuo de 19 L min⁻¹ = 0,019 m³/s). Os resultados indicaram que a mortalidade dos insetos nos grãos tratados com o ozônio foi substancialmente maior que a mortalidade dos insetos nos grãos não-ozonizados (controle), os quais foram expostos apenas a ar atmosférico. A toxicidade do ozônio para insetos também foi investigada em condições de temperaturas comuns em regiões de clima tropical, com as temperaturas das massas de grãos de milho de 20, 30, 35 e 40 °C. A

fumigação dos grãos foi realizada com o ozônio na concentração de 50 ppm. Os tempos letais (TL_{50} e TL_{95}) para adultos de *T. castaneum* foram reduzidos com o aumento da temperatura da massa de grãos, de 20 para 30 °C. Porém a 35 °C os tempos letais não foram reduzidos em relação às temperaturas menores, mas a 40 °C os tempos letais foram reduzidos novamente, resultando no menor TL_{95} .

É importante ressaltar que não existe resistência cruzada entre o ozônio e a fosfina. A toxicidade do ozônio foi investigada para 16 populações de *T. castaneum*, 11 populações de *R. dominica* e nove populações de *O. surinamensis* do Brasil, e a possível relação de resistência cruzada entre o ozônio e a fosfina. Também se estudou a relação da toxicidade do ozônio com a taxa metabólica das populações. Nenhuma população mostrou resistência ao ozônio e não houve resistência cruzada entre o ozônio e a fosfina. Foram observados diferentes padrões respiratórios entre as populações de cada espécie. Porém, não houve associação significativa entre a taxa respirométrica e a toxicidade do ozônio nas populações das três espécies. Isso indica que os diferentes processos fisiológicos das populações não incorreram em alterações nos padrões de susceptibilidade das populações ao ozônio. Como nenhuma população apresentou resistência ao ozônio, independente de ser resistente ou susceptível à fosfina, é possível que esse fumigante se torne uma importante alternativa à fosfina e seja introduzido nos programas de manejo de resistência à fosfina.

Além de apresentar efeito tóxico potencial sobre insetos-praga de produtos armazenados, o ozônio não modifica a qualidade dos grãos. Para avaliar o efeito imediato e latente do ozônio (50 ppm) sobre a qualidade física de grãos de milho, também foi realizada a ozonização dos grãos durante 168 horas consecutivas. Posteriormente, os grãos foram armazenados em condições de laboratório durante 180 dias. Após a fumigação e a cada 45 dias, avaliaram-se o grau de infestação, o teor de água, a condutividade elétrica e a massa específica aparente dos grãos. Verificou-se que nenhum dos parâmetros estudados foi afetado pela fumigação após a ozonização e durante o armazenamento. Com o prolongamento do armazenamento, ocorreu redução da qualidade dos grãos ozonizados e expostos ao ar atmosférico, causada pelo aumento da infestação por insetos. Consequentemente, houve aumento do teor de água dos grãos, da condutividade e redução de sua massa específica.

Uma pesquisa realizada por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa, MG, sobre a viabilidade econômica do ozônio (50 ppm) como fumigante para grãos de milho, utilizando o período de ozonização de 168 horas consecutivas, avaliou os indicadores econômicos de retorno do capital, valor presente líquido e taxa interna de retorno. Essa análise demonstrou rentabilidade substancial da aplicação do ozônio, sendo que a maior rentabilidade foi observada quando os grãos de milho foram armazenados durante 90, 135 e 180 dias após a ozonização.

A utilização do ozônio como fumigante apresenta como vantagem a ausência de resistência cruzada com a fosfina, que é o único fumigante utilizado no setor de armazenamento no Brasil. Isso pode ter importância prática para a elaboração de estratégias para o manejo adequado dos insetos e da resistência à fosfina. Dentre as principais estratégias para a introdução do ozônio nos programas de manejo de praga, destacam-se o seu uso alternado com a fosfina ou em mosaico. Ambas as estratégias poderão retardar a seleção de indivíduos resistentes ao ozônio e reduzir a frequência de indivíduos resistentes à fosfina. Outra vantagem é que o ozônio apresenta alta toxicidade para os insetos em temperaturas comuns em regiões de clima tropical. Nessas condições o ozônio não altera a qualidade dos grãos. Ressalta-se que o ozônio não deixa resíduos nos grãos, pois o seu produto de degradação é o oxigênio O_2 , que é um componente natural da atmos-

fera. O gás ozônio pode ser gerado no próprio local de uso, descartando gastos com transporte, manipulação e armazenamento de inseticidas. É aplicado em fluxo contínuo, o que garante a manutenção da concentração do gás durante todo o período de ozonização. Por fim, é uma alternativa economicamente viável.

A utilização do ozônio como fumigante também apresenta limitações, como a necessidade de mão-de-obra treinada e a adequação das unidades armazenadoras, existem custos iniciais para a instalação da tecnologia, o ozônio só poderá ser usado onde existe energia elétrica. Por ser o agente oxidante mais poderoso, também é potencialmente o mais perigoso.

Armazenamento hermético em silos tipo bolsa

Em regiões onde se pratica agricultura tecnificada o armazenamento hermético tem sido utilizado como forma de preservar a qualidade dos produtos. Países como a Austrália, Brasil e Argentina vêm adotando o sistema de armazenamento hermético em silos tipo bolsa. O armazenamento hermético em silo tipo bolsa consiste no armazenamento de grãos em bolsas impermeáveis, confeccionadas com materiais a partir de polietileno. As bolsas apresentam uma parede externa de cor branca, que reflete até 20% dos raios solares, e, uma parede interna de cor preta, que mantém os grãos completamente no escuro, retardando assim o escurecimento do tegumento. As bolsas evitam que ocorram alterações no teor de umidade dos grãos, por evitar o contato dos mesmos com a umidade do ar externo.

No sistema hermético de armazenagem, o processo respiratório dos componentes bióticos do ecossistema (grãos, fungos, insetos etc.) consome o oxigênio (O_2) gerando dióxido de carbono (CO_2). A constituição desta nova atmosfera rica em CO_2 e pobre em O_2 podem suprimir a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos e fungos, como também reduzir a atividade metabólica dos grãos, favorecendo a sua conservação, além de reduzir a taxa de oxidação do produto armazenado. O desenvolvimento dos insetos cessa quando o ar intergranular apresenta concentração de oxigênio igual ou inferior a 3%, e, o desenvolvimento fúngico cessa quando esse valor é de aproximadamente 1%. Num sistema hermeticamente fechado não ocorre trocas gasosas entre os meios interno e externo, impossibilitando a entrada do O_2 e a saída do CO_2 . O teor de oxigênio no interior da massa de grãos é reduzido, muitas vezes, a um nível abaixo de 3%, e o teor de dióxido de carbono elevado a um nível onde a respiração aeróbia cessa. Isto evita que se volte a criar condições favoráveis ao desenvolvimento de pragas, assegurando a conservação dos grãos ao longo do tempo.

O armazenamento de grãos em embalagens recicladas ou reutilizadas que permitam a vedação também tem sido utilizado por pequenos produtores. No Brasil, os grãos são normalmente armazenados durante a entressafra em garrafas pet. Além de assegurar a hermeticidade, as garrafas possuem a vantagem de permitir ao agricultor o armazenamento do produto em unidades individualizadas, evitando que uma unidade contaminada possa comprometer o restante do produto. Por exemplo, pesquisas recentes demonstraram que a qualidade de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados com teores de água de 12,3 e 15,7% base úmida (b.u.) em silos tipo bolsa e garrafas pet foi conservada até 120 dias de armazenamento.

Controle Biológico

Nem todos os insetos e ácaros encontrados em grãos armazenados causam danos a estes, como os parasitos e os predadores, juntamente com os ácaros e patógenos. Em depósitos de grãos, as estruturas armazenadoras protegem os inimigos naturais das condições adversas que possam ocorrer no ambiente externo. A utilização de ácaros parasitas e predadores vêm se destacando entre os agentes de controle biológico de insetos-praga de produtos armazenados.

Um dos mais importantes predadores em grãos armazenados é o ácaro *Cheyletus eruditus* (Schrank), por ser comum em ambientes de armazenamento e por apresentar ampla distribuição geográfica. Esse ácaro pode se alimentar de fases jovens de insetos, além de diversos outros ácaros-praga, como *Acarus siro* (L.), *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Lepidoglyphus destructor*. Estudos sobre as interações entre dois ácaros predadores verificaram que *C. malaccensis* Oudemans preda ovos de *Trogoderma granarium* Everts e *R. dominica*. Outros ácaros promissores são os do gênero *Nodele*, que têm sido relatados em associação com várias espécies de insetos.

Em ambientes de armazenamento, os ácaros parasitas estão representados, principalmente, pelos indivíduos da família Acarophenacidae. Estes ácaros têm ciclo de vida curto e, em geral, após as fêmeas terem sido fecundadas saem à procura de seus hospedeiros, nos quais se fixam e algumas vezes os paralisam. Ao se alimentarem do conteúdo do hospedeiro seus corpos se distendem largamente, o que caracteriza o desenvolvimento da progênie no interior do corpo da fêmea, que, ao final, emerge já na forma adulta. Esse fenômeno é denominado fisogastria. O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) vem se destacando como um importante agente de controle biológico de insetos-praga de produtos armazenados por demonstrar efeito de controle potencial.

O ovo do hospedeiro é parasitado por apenas uma fêmea de *A. lacunatus*, podendo mais de uma fêmea parasitar o mesmo ovo. Depois de fixar-se no ovo e sugar o seu conteúdo, seu corpo se distende largamente, tornando-se de forma esférica e de brilho intenso, podendo aumentar em até cinco vezes o seu tamanho inicial, caracterizando o desenvolvimento da progênie (fisogastria). Os indivíduos dessa progênie emergem na forma adulta. Em condições ótimas, uma fêmea fisogástrica produz um ácaro macho e 16 fêmeas em média. O macho, o primeiro a emergir, fecunda todas as fêmeas, que, em seguida, saem em busca de novos hospedeiros. Normalmente, a morte do macho se dá logo depois da fecundação e a das fêmeas, depois da reprodução. O intervalo de tempo médio desde a fixação de *A. lacunatus* no hospedeiro até a emergência da progênie é de 56 h e o número de gerações mensais é de, aproximadamente, 12.

Normalmente, o controle biológico não é considerado compatível com o uso de inseticidas, embora já existam relatos de inimigos naturais resistentes e tolerantes aos inseticidas, principalmente, quando são introduzidos nos armazéns, alguns dias depois das aplicações desses produtos. Certos piretróides são de 2 a 145 vezes mais tóxicos a *E. kuehniella* do que ao parasitóide de larvas *Venturia canescens* (Gravenhorst). A resistência ao malatiom já foi observada para *Anisopteromalus calandrae* (Howard). Outros inimigos naturais como *Trichogramma* spp., *Habrobracon hebetor* (Say) também se mostraram tolerantes ao malatiom. Alguns trabalhos constataram tolerância do ácaro parasita *A. lacunatus* aos principais inseticidas protetores de grãos armazenados. *A. lacunatus* demonstra ser uma alternativa promissora para o manejo de populações de pragas resistentes a inseticidas, uma vez que a persistência desse inimigo natural foi

constatada parasitando ovos de *R. dominica* em grãos de trigo tratados com os inseticidas deltametrina, bifentrina, pirimifós metílico e fenitroton.

A utilização de mais de uma espécie de inimigo natural para o controle de pragas é uma técnica de manejo que visa aumentar a eficácia do controle biológico. Todavia, efeitos negativos podem ocorrer com essas interações, uma vez que os inimigos naturais podem afetar-se mutuamente, como observado em condições de laboratório para *H. hebetor*, suprimindo *V. canescens* em criações de *Cadra cautella* (Walker); e *Trichogramma pretiosum* Riley parasitando ovos de *Xylocoris flavipes* (Reuter). Embora esse efeito possa reduzir a eficácia de um dos inimigos naturais, a supressão da população do hospedeiro sob a ação desses organismos associados pode ser maior do que se as espécies estivessem sozinhas. O ácaro *A. lacunatus* e a vespa *A. calandreae* são potenciais inimigos naturais de insetos-praga de grãos armazenados. Por exemplo, *A. lacunatus* apresenta um elevado potencial de parasitismo sobre ovos de *R. dominica*, enquanto *A. calandreae* é um importante parasitóide de larvas deste coleóptero. A interação de *A. lacunatus* e *A. calandreae* como uma ferramenta do manejo integrado de pragas pode ser promissora, uma vez que esses inimigos naturais apresentam compatibilidade com o controle químico (inseticidas) e o físico (aeração), importantes métodos de controle de pragas de grãos armazenados. Além disso, tanto *A. lacunatus* quanto *A. calandreae* podem ocorrer simultaneamente em grãos infestados por *R. dominica*.

Uma das restrições ao controle biológico em armazenamento é a possível contaminação dos produtos por fragmentos dos próprios agentes depois de mortos. Outra desvantagem é que os inimigos naturais, na maioria das vezes, só aparecem em números significativos após um produto ter sido infestado e danos sérios já terem ocorrido. Entretanto, se parasitóides forem introduzidos em números suficientes no início do armazenamento, o crescimento inicial da praga pode ser suprimido. O baixo nível de contaminação ocasionado pelo sucesso de inimigos naturais pode trazer uma melhoria em relação às perdas causadas pelas pragas. Além disso, os fragmentos dos agentes de controle biológico podem ser facilmente eliminados por meio da limpeza dos grãos.

Inseticidas botânicos

Os produtos naturais provenientes de plantas têm demonstrado boa atividade biológica no manejo das pragas de produtos armazenados. Estes produtos podem ser aplicados por meio do próprio produto vegetal, diretamente, ou de seus análogos resultantes de modificações estruturais. Entre os principais metabólitos encontram-se os terpenos, os monoterpenos e seus análogos, que são componentes abundantes de óleos essenciais de várias espécies de plantas superiores. Estes compostos são tipicamente lipofílicos tendo, portanto, um alto potencial para interferências tóxicas com funções bioquímicas básicas, fisiológicas e comportamentais contra insetos. Muitas espécies vegetais exibem propriedades tóxicas, repelentes, ou mesmo atrativas, em numerosas espécies de insetos. Além disso, um grande número de óleos essenciais pode reduzir o potencial reprodutivo de vários insetos de produtos armazenados e afetar negativamente a taxa de crescimento desses insetos. Nesse sentido, vale lembrar a importância do piretro, extraído da planta *Chrysanthemum cinerariaefolium*, que possui elevado potencial tóxico contra os insetos-praga de

produtos armazenados e baixa toxicidade para mamíferos. Entretanto, o uso do piretro na agricultura tem sido limitado devido à sua instabilidade em presença de ar e luz. Esse fato levou ao desenvolvimento de novos inseticidas, surgindo assim várias gerações de derivados conhecidos como piretróides sintéticos.

Algumas plantas da família Brassicaceae produzem glucosinolatos secundários que ajudam as plantas a se defenderem contra as pragas. As espécies dessa família são caracterizadas pela presença predominante do glucosinolato sinigrina em seus tecidos. Sua degradação resulta em produtos biologicamente ativos, os quais são produzidos quando o vacúolo da planta é rompido e os glucosinolatos presentes são hidrolisados pela enzima mirosinase (β -tioglucosidase glucohidrolase), formando uma variedade de compostos, entre eles o isotiocianato alilo (ITCA) ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{N}=\text{C}=\text{S}$), principal componente do óleo essencial de mostarda (OEM). A utilização do ITCA tem sido sugerida para diferentes áreas, como na medicina para o tratamento de câncer, na indústria alimentícia para a conservação de alimentos perecíveis e condimento, sendo classificado como “Generally Regarded as Safe” pela Food and Drug Administration – FDA (EUA) e no setor agrícola, como fumigante de solo e de produtos armazenados. Estudos recentes têm demonstrado que o OEM (com 90% de ITCA) é uma alternativa promissora no controle de pragas de grãos armazenados e o mesmo não altera a qualidade dos grãos. Como exemplo do que ocorre com fosfina e o brometo de metila, os vapores do OEM foram capazes de penetrar em grãos de milho e causar mortalidade das fases imaturas de *S. zeamais*. Adicionalmente, foi demonstrado que sua toxicidade foi próxima aos fumigantes diclorvós e cloropicrina para *R. dominica*, apresentando um elevado potencial fumigante.

Na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, estudos na área de ecologia química têm objetivado avaliar a atividade inseticida de substâncias de origem vegetal contra os insetos-praga de grãos de milho e sorgo. Os principais esforços têm sido relacionados a testes de evaporação, efeito fumigante e ação por contato e/ou ingestão de monoterpenos sobre os insetos *S. zeamais*, *S. oryzae*, *R. dominica* e *T. castaneum*. Também tem sido prioritário o estudo do potencial inseticida dos óleos essenciais de três espécies de eucalipto: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cameronii* e *E. globulus*, os quais apresentam o monoterpeno 1,8-cincol como constituinte principal. A utilização de folhas de *Eucalyptus citriodora* entremeadas ao milho em espiga (50 cm de milho espiga + 3 cm de folhas + 50 cm de milho em espiga + 3 cm de folhas e, assim por diante) tem sido recomendada. Vale lembrar que as propriedades repelentes e fago-inibitórias da espécie *Azadirachta indica* também já são conhecidas para insetos-praga de produtos armazenados. Entretanto, os compostos de *A. indica* são muito complexos para serem sintetizados com propostas práticas. Extratos aquoso e etanólico de folhas e sementes de *A. indica* repelem *T. castaneum*, *T. granarium* e *R. dominica*. As características de repelência e fago-inibição da planta têm sido atribuídas, principalmente, ao triterpenóide “azadirachtin”. Este composto tem, ainda, efeito na regulação do crescimento dos insetos.

Controle da temperatura

A temperatura e a umidade afetam o desenvolvimento dos insetos. Como as pragas de grãos armazenados estão adaptadas a viverem em condições de baixo teor de umidade dos grãos e este índice dificilmente é inferior a 9%, devido ao equilíbrio higroscópico, a temperatura tem maior

importância no controle dessas pragas. A temperatura ótima de desenvolvimento dos insetos está em torno de 28 °C, a 38 °C tem-se a temperatura limiar máxima (base superior) e a 15 °C a temperatura limiar mínima (base inferior). Dentro dessa faixa (15 a 38 °C) encontra-se a faixa ótima de desenvolvimento e atividades fisiológicas. Em geral, os insetos apresentam sua reprodução comprometida caso sejam mantidos fora dos seus limiares de temperatura inferior e superior. Contudo, populações distintas da mesma espécie podem mostrar diferentes níveis de tolerância a altas e/ou baixas temperaturas.

Altas temperaturas levam os insetos rapidamente à morte. Temperaturas acima de 60 °C pode causar a mortalidade dos insetos em segundos, temperaturas entre 50 e 60 °C em minutos e temperaturas entre 43 e 46 °C em horas. O uso de altas temperaturas tem sido indicado para a supressão de insetos em grãos de cereais e leguminosas armazenados. No entanto, é necessária uma tecnologia avançada para assegurar o sucesso da técnica, podendo tornar a aplicação antieconômica, além de causar efeito adverso na qualidade dos grãos. As baixas temperaturas são mais recomendadas para o armazenamento que as altas, pois são eficientes no controle e mais econômicas, preservando a qualidade dos grãos. Temperaturas entre 5 e 15 °C reduz a taxa de desenvolvimento dos insetos e eventualmente pode ser letal utilizando-se longos períodos de exposição; temperaturas entre -1 e 3 °C pode causar a morte em horas ou dias e temperaturas abaixo de -1 °C pode causar a morte mais rapidamente em horas. A desvantagem destas temperaturas é por não ser viável em regiões tropicais de baixa altitude, sem o uso de equipamentos dispendiosos.

Os conhecimentos sobre os efeitos da temperatura no desenvolvimento dos insetos têm fundamentado o uso da aeração da massa de grãos, visando a redução da temperatura da mesma. Algumas unidades armazenadoras ao verificarem o problema fazem movimentar a massa de grãos por meio do ar ambiente. A esse procedimento denomina-se “transilagem”. Essa operação, apesar de resolver parcial ou totalmente o problema, na prática, resulta em inconvenientes, como o aumento de danos mecânicos no produto durante a movimentação dos grãos; elevado custo de instalação, uma vez que o processo exige uma célula de estocagem vazia na unidade armazenadora; custo operacional mais elevado, não só pela maior demanda de tempo, mas também por envolver maior número de equipamentos e consumo de energia; e o surgimento de pó orgânico causado pelo atrito entre os grãos e os componentes do sistema de transporte e entre os próprios grãos. Para solucionar alguns desses problemas, sugerem-se o uso da técnica de aeração, que consiste na passagem forçada do ar, com fluxo adequado, através da massa de grãos.

O propósito da aeração é melhorar e manter a condição da massa de grãos no armazenamento. A aeração é alcançada movimentando-se o ar desejado ou selecionando-se propriedades para uma massa de grãos até que ocorra um novo microclima que impeça a deterioração dos grãos armazenados. Embora a aeração seja direcionada para melhorar as condições do armazenamento, geralmente não melhora os atributos de qualidade intrínseca do grão mas, é suficiente para manter esses atributos de qualidade. Sabendo-se que a aeração com ar de características diferentes tem efeitos diferentes sobre o grão armazenado, as condições de armazenamento podem ser melhoradas de várias maneiras. A melhoria depende das propriedades do ar usado para a aeração e das condições existentes ou das propriedades do grão. Então, antes de operar um sistema de aeração, é essencial o entendimento do efeito que essa técnica terá sobre o grão. Sem conhecimento anterior do processo, os benefícios da melhoria das condições de armazenamento não podem ser antecipados. Os objetivos específicos da operação de qualquer sistema de

aeração devem estar claros no avanço da operação. Estes objetivos podem ser definidos de acordo com os efeitos da aeração sobre uma massa de grãos, como se segue: resfriar a massa de grãos; uniformizar a temperatura ao longo da massa de grãos; prevenir o aquecimento biológico em grãos úmidos; limitar a secagem; introduzir e recircular gases fumigantes; e remover odores e resíduos de fumigantes.

O resfriamento dos grãos é, frequentemente, o objetivo mais aplicado da aeração. Se ar frio está disponível (no inverno ou durante quedas de temperaturas, em noites frias), introduzindo-se e movendo-se este ar ao longo da massa de grãos, gradualmente consegue-se baixar a temperatura dos grãos. Assim, um novo ambiente é criado para todos os componentes biológicos do ecossistema de grãos.

Embora o papel da temperatura tenha sido reconhecido por muito tempo como um regulador importante de processos biológicos, a manipulação da temperatura através de técnicas de aeração foi colocada em foco a partir de 1950. Desde então vários autores reportaram seus trabalhos sobre aeração elaborados em climas temperados, formando a base da tecnologia da aeração atual. Compreensivelmente, a tecnologia de aeração de grão foi desenvolvida e tem sido usada principalmente em climas temperados, especialmente como resultado da necessidade e da disponibilidade de selecionar ar de propriedades desejadas - isto é, baixa temperatura e umidade nestas regiões. Porém, em meados da década de sessenta, trabalhos experimentais também foram conduzidos em climas quentes como na Austrália, Brasil, Índia e Israel. Em alguns destes países, a tecnologia da aeração tem sido uma prática de rotina. O uso efetivo da aeração pode ser vantajoso, especialmente em regiões subtropicais que apresentam invernos e noites razoavelmente frescas. Experimentos têm demonstrado que a massa de grãos esfriada durante o inverno mantém-se em baixas temperaturas durante muitos meses.

Outra técnica de aeração é a utilização de ar refrigerado que envolve o esfriamento do ar ambiente com uma unidade de refrigeração antes de usá-lo para a aeração da massa de grãos. A aeração refrigerada tem sido usada para esfriar grãos secos em climas subtropicais quando as temperaturas do ar ambiente estão muito altas e não controlam os insetos satisfatoriamente apenas com aeração. A refrigeração envolve investimento considerável, mas, pode ser viável para um armazenamento comercial seguro em climas tropicais.

No momento, a aeração forçada dos grãos é um dos métodos não-químicos mais efetivos em uso para o controle das condições dos grãos armazenados, de atividades biológicas e de perdas da qualidade dos grãos. Não obstante, a aeração forçada não é o único remédio para prevenção de perdas de grãos armazenados. Esforços devem continuar para integrar outros métodos com esta tecnologia, inclusive métodos alternativos para controle de qualidade do ar de aeração. Porém, a contribuição principal da aeração no mundo, atualmente, é a redução no uso de pesticidas químicos no armazenamento de grãos. Então, a extensão e promoção de tecnologias de aeração apropriadas são recomendadas.

Pós inertes e variedade de grãos resistentes

A utilização de pós inertes baseia-se na remoção da camada de cera da cutícula dos insetos,

ocasionando a morte desses por dessecação. É uma técnica de controle de pragas de grãos armazenados antiga e que acabou sendo negligenciada com o advento dos produtos químicos sintéticos. O método é eficaz no controle de insetos, já existindo formulações comerciais. O dióxido de sílica amorfa, à base de terra diatomácea, é recomendado como seguro; apresenta baixa toxicidade aos mamíferos e não afeta a qualidade dos grãos para a panificação.

Existem quatro tipos básicos de pós inertes: a) *terra diatomácea* – proveniente de fósseis de algas diatomáceas, possui naturalmente uma fina camada de sílica amorfa hidratada. O maior componente é a sílica, existindo também alumínio, ferro, sódio etc. Esse pó, misturado aos grãos via polvilhamento ou pulverização, controla a maioria das pragas de forma eficaz. Age sobre larvas e adultos, aderindo-se ao corpo à medida que se movimentam na superfície ou no interior da massa de grãos tratados. As partículas microscópicas absorvem a camada protetora de cera que recobre o corpo dos insetos, provocando perda de água, com consequência desidratação e morte dos mesmos entre 2 e 14 dias após a exposição. b) *argilas* – têm sido empregadas como uma camada protetora na parte superior dos grãos, podendo ser misturadas à massa de grãos. c) *sílica aerogel* – produzida pela desidratação da solução aquosa de silicato de sódio. São pós não higroscópicos, efetivos em doses mais baixas que as da terra diatomáceas. d) *não-derivados da sílica* – originados de rochas fosfatadas, a exemplo de hidróxido de cálcio que em alguns países é utilizado para proteger grãos destinados à alimentação animal.

Outra tecnologia importante para o controle de pragas de grãos armazenados é o emprego de variedades de grãos resistentes aos insetos. A resistência dos grãos às pragas consiste na soma relativa de características hereditárias possuídas pelos grãos, que influencia o grau de dano causado pela praga. A utilização de materiais resistentes é apresentada como o método ideal de controle de pragas de grãos armazenados. Para grãos de milho, a ampla base genética e a evolução dos estudos sobre requerimento genético, sistemas de enzimas digestivas, requerimento nutricional e comportamento alimentar de *S. zeamais* e *S. oryzae* têm servido de base para estudos mais complexos sobre a resistência do milho a estas pragas. Em geral, as plantas podem resistir ao ataque das pragas por três mecanismos: não-preferência (ou antixenose), antibiose e tolerância. Uma variedade apresenta resistência do tipo não-preferência ou antixenose, quando ela é menos utilizada pelo inseto para alimentação, abrigo ou oviposição, que outra planta, em igualdade de condições. Considera-se antibiose, quando o inseto se alimenta normalmente da planta, e esta exerce um efeito adverso sobre a biologia dele. A variedade é dita tolerante, quando ela possui capacidade de suportar o ataque do inseto sem afetar o comportamento deste ou sua biologia.

Em geral, as variedades indígenas, tradicionalmente cultivadas pelos pequenos produtores, são, pelo menos, moderadamente resistentes às pragas de grãos armazenados e podem ser selecionadas para isso. Lamentavelmente, a tônica principal do melhoramento de plantas foi o aumento da produtividade. No entanto, essas variedades mostraram-se mais susceptíveis ao ataque de pragas no armazenamento. Hoje, o enfoque vem sendo mudado e a preocupação é em se obter variedades que reduzam a taxa de oviposição dos insetos, que reduzam seu desenvolvimento e/ou que levem a sua mortalidade.

Referências Bibliográficas

- ATHIÉ, I.; PAULA, D.C. **Insetos de grãos armazenados** – aspectos biológicos e identificação. São Paulo: Livraria Varela, 2002. 244p.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra 2009/2010** – 10º Levantamento de grãos, julho de 2010. Disponível em <http://www.conab.gov.br/>. Acessado em: 26 de julho de 2010.
- FARONI, L.R.A.; ALENCAR, E.R.; PAES, J.L.; COSTA, A.R.; ROMA, R.C.C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, v.29, p.91-100, 2009.
- FARONI, L.R.A.; SOUSA, A.H. **Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados**. In: Almeida, F.A.C.; Duarte, M.E.M.; Mata, M.E.R.M.C. Tecnologia de Armazenagem em sementes, Campina Grande: UFCG, 2006. p. 371-402.
- FREITAS, R.S. **Qualidade de grãos de feijão armazenados sob atmosfera modificada**. (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009. 62p. Dissertação.
- HILL, D.S. **Pests of stored foodstuffs and their control**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 476p.
- GONÇALVES, J.R.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, C.R.F.; GARCIA, F.M. Associação de deltametrina com *Acarophenax lacunatus* e seu impacto sobre o desenvolvimento de *Rhyzopertha dominica*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1235-1240, 2006.
- GONÇALVES, J.R.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, C.R.F.; SILVA, R.M. Suscetibilidade de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) ao enxofre. **Ciência Rural**, v.37, p.1145-1148, 2007.
- GUEDES, R.N.C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.15/16, n.1/2, p.3-48. 1990/1991.
- LOECK, A.E. **Principais pragas que atacam produtos armazenados**. In: Loeck, A.E. Pragas de produtos armazenados. Pelotas: EGUPEL, 2002. p.35-59.
- NAVARRO, S.; NOYES, R.; ARMITAGE, D.; MAIER, D.E. **Objectives of Aeration**. In: NAVARRO, S. & NOYES, R. The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration management. CRC Press LLC: New York, p. 1-34, 2002.
- OLIVEIRA, C.R.F.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C.; GONÇALVES, J.R.; GARCIA, F.M. Biologia de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). **Neotropical Entomology**, v.36, p.1-6, 2007.
- OLIVEIRA, C.R.F.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI FILHO, Â.; GONÇALVES, J.R. Dispersão de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) em trigo armazenado, sob condições artificiais. **Neotropical Entomology**, v.35, n.4, p.537-542, 2006.
- PEREIRA, A.M.; FARONI, L.R.A.; SOUSA, A.H.; URRUCHI, W.I.; ROMA, R.C.C. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.32, n.2, p.100-110, 2007.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.A.; TÓTOLA, M.R.; GUEDES, R.N.C. Phosphine resistance,

respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. **Pest Management Science**, v.63, n.9, p.876-881, 2007.

PRATES, H.T.; SANTOS, J.P. **Óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenados**. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. Armazenagem de grãos, Campinas: IBG, 2002. p.443-461.

SANTOS, J.C. **Susceptibilidade de *Tribolium castaneum* ao óleo essencial de mostarda e perspectivas de manejo de resistência**. (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. 43p. Dissertação.

SIILVA, J.S.; LACERDA FILHO, A.F.; DEVILLA, I.A.; LOPES, D.C. **Aeração de grãos armazenados**. In: SIILVA, J.S. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008, p.269-295.

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

SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D.W. **Fundamentals of stored-product entomology**. St. Paul: AACC International, 2006. 323p.