

# CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS UTILIZANDO ATMOSFERA MODIFICADA

## *PEST CONTROL OF STORED GRAINS USING MODIFIED ATMOSPHERE*

Raimundo Wagner de Souza AGUIAR<sup>1</sup>, Renato de Almeida SARMENTO<sup>1</sup>, Stella Maria VIEIRA<sup>2</sup>, Julcemar DIDONET<sup>3</sup>

**RESUMO:** Uma alternativa para controle de insetos que atacam os grãos armazenados é a adoção de métodos físicos, ou seja, por meio da modificação da atmosfera no interior das estruturas armazenadoras. O armazenamento hermético, propicia a modificação do ar intragranular, devido à taxa respiratória do próprio grão e dos organismos presente na massa de grãos. Desta forma, o tempo necessário para o esgotamento total do oxigênio depende da umidade e temperatura dos produtos armazenados. Se ocorrer um aumento na temperatura do ambiente de armazenamento conseqüentemente haverá um aumento na taxa respiratória dos organismos presentes nos produtos armazenados. Todavia, outros fatores poderão influenciar na modificação da atmosfera intragranular, que pode ser o tipo de produto armazenado e o volume de gás intergranular. Com isto, a modificação da atmosfera dos ambientes destinados ao armazenamento, vem sendo alterada para conseguir ambientes com baixa concentração de oxigênio, através de adição de nitrogênio ou pela recirculação de produtos de combustão, ou pela combinação do dióxido de carbono com fumigante fosfina, a fim de se obter uma condição letal para os insetos pragas presentes durante o armazenamento.

Com isto, este estudo teve por objetivo obter informações que possam ser utilizadas como base para elaboração de táticas de manejo destes insetos que poderão diminuir perdas ocorridas durante o armazenamento, decorrentes de falhas no controle destes insetos.

**UNITERMOS:** Atmosfera modificada; Dióxido de carbono; Grãos armazenados; Pragas no armazenamento.

## INTRODUÇÃO

Uma alternativa para o controle de insetos que atacam os grãos armazenados é a adoção de métodos físicos, por meio da modificação da atmosfera no interior das estruturas armazenadoras. Desta forma, uma maneira da modificação da atmosfera intragranular é feita através do armazenamento hermético de grãos. Com isto, a concentração de oxigênio atmosférico neste ambiente é reduzida devido à respiração de microorganismos, sementes e insetos presentes (PAPADETRION; VANAVA, 1997).

O tempo necessário para o esgotamento total do oxigênio depende da umidade e temperatura dos produtos armazenados. Se ocorrer um aumento da temperatura no ambiente de armazenamento conseqüentemente haverá um aumento na taxa de respiração dos organismos associados a produtos armazenados. Assim, outros fatores como o tipo de produto armazenado e o volume de gás intergranular, também influenciam na diminuição da concentração do gás oxigênio. Em condições de armazenamento hermético, o milho apresentou menor infestação de *Sitophilus zeamais*,

(Coleoptera: Curculionidae), quando comparado com o armazenamento não hermético (MORENO - MARTINEZ et al., 2000).

Atualmente, a atmosfera de ambientes destinados a armazenamento, vem sendo modificada para conseguir ambientes com baixa concentração de oxigênio, através da adição de dióxido de carbono, nitrogênio ou pela recirculação de produtos da combustão.

A utilização de atmosfera modificada no armazenamento de grãos envolve alteração da proporção dos gases da atmosfera normal (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>), a fim de se obter uma atmosfera letal para os insetos-praga de grãos armazenados (BANKS; FIELDS, 1995). Esses procedimentos são aplicados para se alcançar um controle efetivo dos organismos presente e manter inalteradas a viabilidade e a preservação da qualidade dos produtos armazenados (ADELER, 2000).

Com a mudança da atmosfera durante o armazenamento, é possível criar um ambiente que não seja favorável ao desenvolvimento dos insetos (WHITE; LEESCH, 1996). A disponibilidade de oxigênio é uma vari-

<sup>1</sup> Estudante de Mestrado em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

<sup>2</sup> Estudante de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

<sup>3</sup> Professor da Universidade do Tocantins, UNITINS, Gurupi-TO, Brasil.

Received: 19/06/02    Accept: 16/11/02

ável importante que afeta a sobrevivência, o crescimento e o desenvolvimento de muitos organismos, com exceção das bactérias anaeróbicas. Organismos anaeróbicos requerem oxigênio livre para promover a respiração celular e conseqüentemente produzir energia que será utilizada para a manutenção do metabolismo, sendo esse recurso indispensável para manutenção da vida desses organismos. Desta forma, grãos podem ser armazenados com perda mínima de qualidade, se a concentração de oxigênio é excluída ou manipulada pela modificação da estrutura de armazenamento com o intuito de impedir a infestação das pragas (WHITE; LEESCH, 1996).

A grande parte dos trabalhos desenvolvidos com atmosfera modificada sobre insetos que infestam os grãos armazenados, está concentrada apenas no controle de insetos adultos dentro das condições de laboratório. Estes estudos têm mostrado que as espécies reagem diferentemente à atmosfera modificada, dependendo de alguns fatores como o estágio de vida do inseto, a temperatura, o teor de umidade do grão e a composição da atmosfera modificada (WHITE; LEESCH, 1996).

A vantagem deste método consiste no fato de se atingir o sistema respiratório do inseto e sua demanda por oxigênio e ao mesmo tempo, aproveitar o efeito nocivo da alta concentração de CO<sub>2</sub>. A diminuição da concentração de oxigênio, além de matar os insetos, ácaros e roedores, reduz as atividades de fungos, a respiração dos grãos e a degradação oxidativa. Entretanto, se for utilizada uma atmosfera rica em CO<sub>2</sub> e com conteúdo significativo de oxigênio este gás agirá apenas por sua toxicidade.

Atmosfera modificada têm outras vantagens como a eliminação dos insetos de produtos estocados sem poluir o meio ambiente, sendo mais seguro para aplicar que os tradicionais fumigantes, como brometo de metila e fosfina. Os resíduos, mesmo não sendo prejudiciais, não permanecem depois do tratamento no produto. Com N<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>, e os efeitos da atmosfera modificada sobre as qualidades organolépticas dos produtos são mínimas, quando comparadas com os fumigantes tradicionais. Atmosfera modificada não está na mesma posição dos fumigantes em relação aos danos causados ao ambiente, uma vez que elas são vistas como compostos que ocorrem naturalmente (WHITE; LEESCH, 1996).

### Efeitos fisiológicos

A causa direta de mortalidade dos insetos expostos a atmosfera modificada não é completamente entendida. Os efeitos tóxicos são atribuídos a dessecação e a falta de triglicérides como substrato para energia requerida pelo organismo (DONAHAYE, 1991). O nível de acidificação celular pelo dióxido de carbono pode também obstruir reações metabólicas vitais (ADLER, 1994a), responsáveis pela sua ação tóxica. Fisiologicamente, os organismos reagem menos

aos estímulos do ambiente, na ausência de oxigênio. Estudos utilizando um micro-calorímetro revelaram que a ausência de oxigênio (anoxia), reduzem reações geradoras de energia abaixo de 5% do valor normal (DONAHAYE, 1991). Esta enorme redução da energia consumida possibilita uma maior adaptação dos insetos a condições adversas do que os vertebrados. Em insetos terrestres, o processo de fermentação de lactato é o mais importante caminho alternativo de obtenção de energia na ausência de oxigênio. Como foi observado no aumento do nível de lactato quando adulto de *Rhagium inquisitor* L. foi exposto por um mês em atmosfera com nitrogênio puro sendo submetido a anoxia.

Navarro; Friedlander (1975) conduziram experimento onde expuseram *Cadra cautella* (Walker) por 24 horas em atmosfera com 10% oxigênio e um gradiente de concentração entre 20 e 89% de dióxido de carbono, sendo que o mesmo feito com nitrogênio. Os mesmos verificaram um aumento no nível de lactato na hemolinfa, quando se aumentou o dióxido de carbono contido na atmosfera. Quanto ao experimento com nitrogênio, o aumento no nível de lactato foi nitidamente observado quando o nível de oxigênio foi reduzido abaixo de três por cento. A avaliação desses resultados sugere que o tempo letal para vários insetos de produtos armazenados aumenta nitidamente em atmosfera modificada com nitrogênio em uma concentração maior de 4% de oxigênio.

A atmosfera modificada, provavelmente afeta o ciclo de Krebs, inibindo a formação de vários produtos desta cadeia de reações como por exemplo, a redução no nível de glicose em *C. cautella* quando esta foi exposta a anoxia e altas concentrações de CO<sub>2</sub> (hipercabia). Foi observado que níveis de malato foi aumentado quando *C. cautella* foi exposta a altas concentrações de dióxido de carbono, mas sofreu uma diminuição em atmosfera com baixa concentração de oxigênio. A concentração de citrato foi reduzida na ausência de oxigênio e em altas concentrações de dióxido de carbono. Outros estudos verificaram a influência da atmosfera modificada na quantidade de lipídio e perda de água. Efeitos na produção de NADPH e nos níveis de glutatona também podem ser atribuídos a ação de atmosfera modificada (FRIEDLANDER; NAVARRO 1989).

Friedlander (1984c), notou que níveis de piruvato e lactato aumentaram nas pupas de *C. cautella* expostas a 99% de nitrogênio e 1% de oxigênio, e também em atmosfera com 90% de dióxido de carbono e 10% de oxigênio, verificaram que o nível de lactato em pupas de *C. cautella* e o nível de piruvato foram quatro vezes mais altos em relação a pupas expostas a atmosfera normal. Houve também, um aumento de duas vezes nos níveis de piruvato em pupas expostas a nitrogênio. Estes resultados podem indicar que o nível de oxigênio presente é importante para a concentração de lactato e para o grau de acidoses produzidas por uma atmosfera rica em dióxido de carbono.

Donahaye (1991) em estudos sobre a tolerância de *Tribolium castaneum* (Herbst) na ausência de oxigênio em altas concentrações de dióxido de carbono encontrou populações selecionadas que tinham tolerância a altas concentrações de dióxido de carbono e também um aumento significativo do corpo, do que indivíduos não selecionados, quando comparado com tratamento de nitrogênio na ausência de oxigênio. A acidose celular e a inibição da glicólise por altas concentrações de dióxido de carbono podem ser a principal reação para a diminuição do tempo de exposição em atmosfera ricas em dióxido de carbono (ADLER 1994a, b).

### Efeitos sobre os insetos

O tempo necessário para a eliminação de insetos de grãos armazenados depende de fatores físicos como a temperatura, umidade e concentrações de gases incluídos e fatores biológicos como a espécie e o estágio de desenvolvimento dos insetos presentes bem como a composição da atmosfera do ambiente do armazenamento.

As pupas em grãos produtos armazenados apresentam-se mais tolerantes quando expostas a diferentes concentrações em atmosfera modificada (ADLER, 1994). Em geral, pupas de coleópteros de grãos armazenados, principalmente do gênero de *Sitophilus*, demonstraram mais tolerância a atmosfera modificada, seguido em ordem decrescente de tolerância as fases de ovo, larva e adulto (Adler, 1993). Em 10°C pupas de *Sitophilus* passaram a sobreviver até dez semanas de exposição a 98% de nitrogênio e 2% de oxigênio, (ADLER, 1994b). Entretanto, o tempo de exposição pode ser estabelecido, baseado nos estágios de desenvolvimento do inseto.

Os adultos de traças são mais sensíveis a atmosfera modificada do que as formas jovens. A diapausa em larva de *P. interpunctella* ocorreu a temperatura de 10°C, com várias concentrações de gases onde se observou tolerância das larvas quando comparada com estágios de desenvolvimento normal ou com adulto (ADLER, 2000). A temperatura de 10°C as larvas de *P. interpunctella* em diapausa se mostraram tolerantes a atmosfera modificada na proporção de 60% de dióxido de carbono. Pupas de *S. granarius* expostas a 60 ou 90% de dióxido de carbono também se mostraram tolerantes. Estudos indicam que a tolerância da larva em diapausa é diretamente proporcional à duração da diapausa (ADLER, 2000). O controle de *P. interpunctella* e *T. confusum* se mostrou mais eficiente sob condições de temperatura entre 10°C a 20°C e concentração de 90% dióxido de carbono, quando comparado com o controle sob a concentração de 60% dióxido de carbono. Sendo que o aumento da temperatura e o aumento do teor de dióxido de carbono causaram mortalidade em menos tempo. Observa-se que o dióxido de carbono sozinho é menos efetivo sobre insetos que

dióxido de carbono misturado com oxigênio a 1% e na temperatura de 20°C. Na Europa, em condições típicas de armazenamento, o tempo de exposição foi aumentado para três semanas para obter o controle efetivo dos estágios de larva e pupa de *S. granarius*, sendo estes estágios de desenvolvimento se mostraram menos susceptíveis ao dióxido de carbono do que todos estágios de *O. surinamensis* (ADLER, 2000).

### Efeito da temperatura

O tempo necessário à obtenção de certo nível de mortalidade dos insetos expostos a uma determinada composição da atmosfera da massa de grãos é altamente dependente da temperatura do ambiente de armazenagem, com isso, o tempo letal diminui com aumento da temperatura. De fato, sob o aspecto fisiológico, a uma atmosfera normal, o desenvolvimento de insetos só ocorre dentro de uma pequena faixa de temperatura. O efeito da atmosfera modificada parece ser similarmente dependente da temperatura da atmosfera intergranular. Dados mostram que quanto maior for a temperatura, menor será o tempo necessário para atingir 95% de mortalidade de insetos sob atmosfera modificada. (AFONSO *et al.*, 2000).

Se houver diferentes temperaturas nas várias partes da massa de grãos, a média da temperatura mais baixa indicará o tempo necessário para um controle mais efetivo. Também, ao se empregar a técnica de atmosfera modificada, deve-se levar em conta a existência de espécies mais resistentes encontradas na massa de grãos armazenados, a fim de se estabelecer o tempo mínimo de tratamento necessário. Observou-se que em concentrações de CO<sub>2</sub> acima de 20% mesmo quando a concentração de oxigênio está em torno de 19% os ovos de *Tribolium castaneum* não eclodem. Também foi verificado que numa temperatura de 27°C e em concentrações de CO<sub>2</sub> acima de 60%, para um tempo de exposição de quatro dias, ocorreu mortalidade 95% dos insetos presentes nos grãos armazenados. Inferiu-se, então, que a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> e a diminuição simultânea de O<sub>2</sub> propiciam ambiente mais favorável ao controle dos insetos. A elevação de CO<sub>2</sub> nos espaços intergranulares nas infestações contendo insetos em diversos estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adulto), a maior parte das formas imaturas morrem quando a concentração de O<sub>2</sub> é reduzida a níveis próximos de 5% (AFONSO *et al.*, 2000).

Donahaye *et al.*, (1996) verificaram a influência da combinação de diferentes temperaturas e variações de atmosfera controlada sobre *T. castaneum* em experimentos conduzidos em laboratório. Ovos, pupas e adultos de *T. castaneum* foram expostos a três concentrações reduzidas de O<sub>2</sub>, obtidas em condições de armazenamento herméticos nas temperaturas de 26, 30 e 35°C, e 75% de umidade relativa do ar. Os gases utilizados foram: 1% de O<sub>2</sub>, 85%

de N<sub>2</sub> e 14% de CO<sub>2</sub>. Sendo que nos adultos, quando expostos a 3% de O<sub>2</sub> a 26°C, por 10 dias, apresentaram mortalidade de 70,5%.

### Efeito da umidade relativa

A umidade relativa do ar influencia na sobrevivência dos insetos, afetando principalmente sua umidade corporal. Condições extremamente secas são geralmente desfavoráveis à reprodução e desenvolvimento da maioria das espécies de insetos. Assim, a manutenção da quantidade de vapor de água dentro de certos limites, em produtos armazenados, é um aspecto importante que influenciará a estrutura fisiológica dos insetos, considerando-se que a umidade relativa do ar dentro da massa de grãos é altamente dependente do teor de umidade do produto (AFONSO et al., 2000).

A umidade da atmosfera intragranular influencia diretamente sobre o tempo necessário para atingir o controle efetivo de insetos de grãos armazenados, quando submetido à atmosfera modificada, desta forma, o tempo de exposição do inseto a determinado tratamento em atmosfera modificada é diretamente proporcional à umidade do ar intersticial na massa de grãos. Estudos indicam que para uma umidade relativa entre 20 e 24%, são necessários 3,2% de O<sub>2</sub> e 4,2% de CO<sub>2</sub> no ar intergranular para alcançar 100% de mortalidade da *Ephestia cautella*. Por outro lado, quando este mesmo tratamento foi realizado com a umidade relativa mais alta, foi observado um maior número de sobreviventes deste inseto na fase de pupa. Com isto, este resultado mostra que o tratamento com atmosfera modificada é mais eficiente quando a umidade dos grãos for mais baixa (AFONSO et al., 2000).

### Dióxido de carbono

O dióxido de carbono é um gás incolor, não inflamável, mais pesado que o ar (1,53 vezes a 21°C), presente na atmosfera em uma concentração de 0,03% aproximadamente. Em concentrações superiores a esta, pode causar alterações na respiração, levando desde a perda de consciência até a morte do indivíduo. Para alcançar 100% de mortalidade dos insetos em todos os estágios de desenvolvimento, a concentração de dióxido de carbono no espaço intersticial de grãos armazenados, pode ser menos de 60% do volume. A eficiência do tratamento depende do período de exposição e da temperatura descrita nos tópicos anteriores. A condição de modificação da atmosfera pode ocasionar 100% de controle dos insetos, em função do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> no espaço intergranular, que é completamente letal aos organismos presentes na massa de grãos. Assim, quando o nível de dióxido de carbono atingir 60%, a introdução adicional de gás pode ser interrompida (ADLER et al., 2000).

Embora não tenha sido relatada a resistência de insetos à atmosfera modificada, tem-se observado que, em laboratório, *T. castaneum* pode ser menos sensível a redução da concentração de oxigênio e ao aumento da concentração de dióxido de carbono que as demais espécies de insetos de grãos armazenados (WHITE; LEESCH, 1996).

Para controlar todas as fases de *Callosobruchus maculatus* e *C. subinnotatus*, foram necessários períodos de exposição de cinco a seis dias em uma atmosfera com uma concentração de 100% de CO<sub>2</sub> associado a uma temperatura de 32°C e 70% de umidade relativa (MBATA et al., 1994). Enquanto que em outros experimentos conduzidos em laboratório em temperaturas controladas de 0, 5, 10, 25, 30 e 35°C e 70% de umidade relativa para determinação da influência da temperatura na eficácia de fumigação com nitrogênio a 98% + 2% de O<sub>2</sub>, e dióxido de carbono em concentrações de 60 e 90% e o restante do ar atmosférico, em todas as fases de *Sitophilus granarius*, sendo que, em temperaturas baixas pupas e ovos se mostraram mais resistentes do que na fase de adulto. Acima de 25°C a fumigação com dióxido de carbono exerceu uma mortalidade maior sobre os insetos quando comparada com o nitrogênio, e ambas as atmosferas contendo CO<sub>2</sub> (60 e 90%) apresentaram uma eficácia de controle semelhantes nas temperaturas testadas. O tempo letal de exposição foi de 11 semanas para fumigação com N<sub>2</sub> a 10°C e sete semanas para fumigação com CO<sub>2</sub> a 5°C (ADLER, 1994).

Annis; Morton (1997), utilizando diferentes níveis de CO<sub>2</sub> (15 a 100%, associado com ar atmosférico) para eliminar todas as fases de *S. oryzae* em teste de laboratório a 25°C e 70% de umidade relativa, verificaram que pupas foram as mais tolerantes (TL<sub>99</sub> = 6,9 dias) enquanto que adultos, foram os mais sensíveis em atmosfera contendo 65% de CO<sub>2</sub>. Além disso, os ovos quando expostos à baixas concentrações de CO<sub>2</sub> (20%) foram mais susceptíveis que em outros estágios.

A combinação da influência de diferentes temperaturas e atmosferas controladas sobre *T. castaneum* foi verificada por Donahaye et al. (1996) em experimentos conduzidos em laboratório. Ovos, pupas e adultos de *T. castaneum* foram expostos a três concentrações reduzidas de O<sub>2</sub>, obtidas em condições de armazenamento hermético em temperatura de 26, 30 e 35°C, a 75% de umidade relativa do ar. Os gases utilizados foram: 1% de O<sub>2</sub>, 85% de N<sub>2</sub> e 14% de CO<sub>2</sub>. Os adultos, quando expostos a 3% de O<sub>2</sub> a 26°C, por 10 dias, apresentaram mortalidade de 70,5%.

Trabalhos realizados por Gonçalves et al. (2000) mostraram que o controle de todas as fases de desenvolvimento de *R. dominica* submetida a quatro concentrações de CO<sub>2</sub> (0, 30, 40, 50 e 60%) em três períodos de exposição (5, 10 e 15 dias) em três populações de inseto (Campos Mourão (PR), Sete Lagoas (MG) e Santa Rosa (RS)), foi observado que as larvas de primeiro ínstar foram mais susceptíveis, enquanto que, as larvas de quarto ínstar e pupas apresentaram-se mais tolerantes.

## Dióxido de carbono e fosfina

Novos métodos de aplicação e de distribuição da fosfina têm sido descritos. O uso de fosfina juntamente com dióxido de carbono para proteção de grãos armazenados trás um certo benefício e promove uma melhor distribuição da fosfina na massa de grãos. Desta forma, o uso desta técnica permite rápida penetração da fosfina na massa de grãos, sem precisar instalar equipamentos de recirculação dentro do armazém (WHITE; LEESCH, 1996).

Uma combinação do método de fumigação utilizando-se baixos níveis de fosfina com alta temperatura e altos níveis de dióxido de carbono em estruturas herméticas poderá a vir substituir aplicações com brometo de metila em moinhos e estruturas similares. Mueller (1994), estudando a combinação de baixos níveis de fosfina (91 a 140 mg.m<sup>-3</sup>), temperatura (32 a 37°C) por 24 horas sobre insetos *T.castaneum*, *S. cerealella*, *S.oryzae*, observou que essa associação provocou grande estresse nos insetos, necessitando, assim, de menor período de exposição para eliminação dos focos de infestação. Com isto, o tempo necessário para ocorrer 100% de mortalidade em todas as fases de desenvolvimento dos insetos, foi de 24 horas de exposição.

Casela (1998) e Martinazzo (1998), estudaram a eficácia de atmosfera modificada no controle de *S. zeamais* e *R. dominica* respectivamente. Foram utilizados uma atmosfera sintética contendo 21% de CO<sub>2</sub> e 79% de N<sub>2</sub> associada a 0,25, 0,50 e 0,75 g. m<sup>-3</sup> de fosfina e atmosfera ambiente associada a 1,00 g.m<sup>3</sup> de fosfina, a 29°C e 65% de umidade relativa, e à atmosfera sintética associada a 0,25, 0,50 e 0,75g.m<sup>3</sup> de fosfina e atmosfera ambiente associada a 1,00g. m<sup>-3</sup> de fosfina, a 29°C e 65% de umidade relativa do ar, em períodos de exposição de 24, 72 e 120 horas. O controle efetivo foi obtido em 120 horas de exposição à atmosfera sintética associada a 0,5g. m<sup>-3</sup> de fosfina. Alguns estudos mostram a toxicidade da mistura de fosfina e dióxido de carbono em adulto de *Cryptolestes turciceus* (Gruvelle), sendo observado também que o dióxido de carbono aumenta a eficácia da fosfina (REN *et al.*, 1994). Esses estudos mostraram que a respiração de insetos testados é acelerada, aumentando-se o consumo de fosfina. Quando a concentração de CO<sub>2</sub> fica acima de 35% a toxicidade da fosfina diminui gradualmente, por causa do efeito da narcose.

Na determinação do tempo letal (TL) de todas as fases de desenvolvimento de *T.castaneum* foi observado que à medida que aumenta a concentração de fosfina associada CO<sub>2</sub> o tempo de exposição diminuiu para eliminar 99% dos insetos. Entretanto, as larvas se apresentaram mais sensíveis que os insetos adultos em todos os tratamentos, porém, insetos adultos foram mais resistentes que pupa em concentrações aproximadamente superiores a 0,43 g m<sup>-3</sup> de fosfina associada ao CO<sub>2</sub> (COELHO *et al.*, 2000).

## Nitrogênio

Comparado com dióxido de carbono, o tratamento com nitrogênio requer longos períodos de exposição. A concentração de oxigênio deve ser menor que 3% para se ter um melhor controle efetivo de insetos, entretanto, uma temperatura de 30°C, é suficiente para controlar todas as espécies e estágios dos mesmos. Na temperatura de 20°C o tempo de exposição deve ser maior para causar 100% de mortalidade, quando comparado com tratamento com dióxido de carbono. Na temperatura de 32°C, larvas e pupas de *A. obtetecus* e *C. maculatus*, quando submetido a concentrações de nitrogênio a 1% oxigênio, foram necessários um período de exposição de sete dias. Entretanto, *C. maculatus* tem mostrado tolerância em 32 a 20°C, a um período de exposição de dez dias quando submetidos a concentrações de nitrogênio.

A combinação do brometo de metila a uma concentração de 1% de O<sub>2</sub> e 99% de N<sub>2</sub> no combate a *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* e *Tribolium castaneum*, em testes realizados em laboratório a 6 a 26°C. O tempo requerido para controlar as três espécies em todas as suas fases foi consideravelmente mais longo em baixas temperaturas. A fase de adulto foi a mais sensível, enquanto a fase de ovo apresentou uma menor tolerância, em todas as duas temperatura testadas, tendo *Tribolium castaneum* se mostrado o mais susceptível das três espécies. No controle destes mesmos insetos utilizando uma atmosfera com 99% de N<sub>2</sub> e 46 e 98% de dióxido de carbono por 14 dias, ocorreram 100% de mortalidade destes organismos (EILAKWAH, 1987).

Tanto N<sub>2</sub> quanto o CO<sub>2</sub> têm mérito em programas não poluentes de controle de insetos. O nitrogênio tem vantagem de ocupar inicialmente 78% do espaço intergranular, porém, ele tem sido normalmente considerado um diluente, uma vez que sua ação tem se mostrado similar àquela dos gases inertes, como o Hélio (ALINIAZEE, 1972). Por ser um gás inerte, ele apresenta algumas desvantagens, como maior tempo de exposição e altas concentrações do gás, apresentado um maior custo quando comparado a fumigantes tradicionais (FLEURAT-LESSARD *et al.*, 1996).

## Efeito na qualidade dos produtos armazenados

Vários autores relataram que a ausência do O<sub>2</sub> é um critério na qualidade do cozimento dos produtos armazenados em ambientes modificados. Com alto conteúdo de umidade dos grãos. Todavia, trabalhos realizados com feijão em atmosfera modificada com dióxido de carbono e nitrogênio mostraram que não houve alteração nas características tecnológicas do produto tais como: teor de umidade, capacidade de absorção de água, tempo de cozimento e índices de cor. A atmosfera rica em dióxido de carbono e nitrogênio no controle de insetos contribui para a manutenção das qualidades tecnológicas deste produto durante o armazenamento (TOME *et al.*, 2000).

**ABSTRACT:** An alternative for control of insects that attack stored grains is the adoption of physical methods, in other words, through the modification of the atmosphere inside storage structures. The hermetic storage of grains was used since 2500 the a.c. in the conservation of these products. They were found in excavations done in areas of Africa, Asia and Europe, grains and vegetables stored in special holes done with walls of burned bricks or of stones. The time needed for the total exhaustion of oxygen depends on the humidity and temperature of the stored products. An increase in temperature of the storage atmosphere will lead to an increase in breathing rate of the organisms associated to products stored; other factors, as the type of stored product and the volume of gas intergrain also influence in the decrease of the concentration of the gas oxygen. Nowadays, the atmosphere destined for storage, has been modified to get atmospheres with low concentration of oxygen, through addition of carbon dioxide, nitrogen or by recycling combustion products. This study obtained information that can be used as basis for elaboration of tactics of management of these insect-pests that can reduce losses that occur during storage, a result of lack of control of these insects.

**UNITERMS:** Modified atmosphere; Carbon dioxide ; Stored grains

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, C.; CORINTH, H. G.; REICHMUTH, C. Modified atmospheres In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. V. **Alternatives to pesticides in stored product IPM**. Kansas: Kluwer Academic Publishers, 2000a. p. 105-147.

ADLER, C. A compararison of the efficacy of CO<sub>2</sub>-rich and N<sub>2</sub>-rich atmospheres against the granary weevil *Sitophilus granarius*, In: **INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PROTECTION PRODUCT**, 6., 1994, *Proceedings...* Wallingford,: CAB International, 1994b. p. 11-15.

ADLER, C. Efficacy of modified atmospheres against diapausing larvae of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hubner)(Lepidoptera: Pyralidae). In: **INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PROTECTION PRODUCT**, 7., 2000, *Proceedings...* Chengdu., Sishuam Publishing House of Science & Technology, 2000. p. 685-691.

ADLER, C. Carbon dioxide more rapidly impairing the glycolytic energy production than nitrogen, In: **INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PROTECTION PRODUCT**, 6., 1994, *Proceedings...* Wallingford,: CAB International, 1994a. p. 7-10.

AFONSO, A. D. L.; SILVA, J. S.; BERBERT, P. A. Controle de pragas por atmosferas controladas In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. p. 383-393.

ALINIAZEE, M. T. Susceptibility of the confused and red flour beetles to anoxia produced by helium and nitrogen at various temperatures **J. Econ. Entomol.** v.65, p. 60-65, 1972.

ANNIS, P. C., MORTON, R. The acute mortality effects of carbon dioxide on various life stages of *Sitophilus oryzae*. **J. Stored Prod. Res.**, v.33, p. 115-124. 1997.

BANKS, J.; FIELDS, P. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems. In: JAYAS, D.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W.E. **Stored grain ecosystems**. [s.l.]: Marcel Dekker, 1995. p. 353-409.

CASELLA, T. L. C. **Dióxido de carbono associado a fosfina no controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em grãos armazenados**. 1998. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, 1998.

COELHO, E. M.; BERBERT, P. A.; FARONI, L. R. D. A.; MARTINS, J. H. Eficácia da mistura dióxido de carbono com fosfina no controle de *Tribolium castaneum* em função do período de exposição. **Eng<sup>a</sup> na Agricultura**, Viçosa., v. 8, n.3, p. 129-140, 2000.

- DONAHAYE, E. J.; NAVARRO, S.; RINDER, M.; AZRIELI, A. The combined influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). **J. Econ. Entomol.**, [s.l.] v.32, p. 225-232, 1996.
- DONAHAYE, E. J. The potential for stored-product insects to develop resistance to modified atmospheres. **In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 4.**, 1991, France. Proceedings... Blanquefort: Imprimerie Medocaine, 1991. p. 989-997.
- EL LAK WAH, F. A., DARWISH, A. A., MOHAMED, R. A. Efficacy of a modified atmosphere of around 1% oxygen plus 99% nitrogen on some stored product insects. **Ann. Agric. Sci.**, v.35, n.1, p. 579-587, 1987.
- FLEURAT-LESSARD, F.; FIELDS, P.; LE TORCH, J. Methyl bromide alternative: a european perspectives. **In: WORKSHOP ON METHYL BROMIDE ALTERNATIVES**, Toronto, 1996.
- FRIEDLANDER, A. Biochemical reflections on a non-chemical control method: the effect of controlled atmospheres on the biochemical processes in stored products insects. **In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 3.**, 1984. Proceedings... Manhattan, 1984. p. 471-480.
- FRIEDLANDER, A.; NAVARRO, S. Effect of controlled atmospheres on the sorbitol pathway in *Ephestia cautella* (Walker) pupae. **Exp.**, [s.l.], v.349, p. 744-746, 1989.
- GONÇALVES, R., A.; SANTOS, J. P.; CHANDRA, P.K.; GERMANI, R. Controle de *Rhyzopertha dominica* pela atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> em trigo (F). **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v.35, n.1, p. 1-9, 2000.
- MARTINAZZO, A. P. **Utilização da fosfina em combinação com dióxido de carbono no controle de *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera: Bostrichidae)**. 1998. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- MBATA, G.; REICHMUTH, C.; OFUYA, T. Comparative toxicity of carbon dioxide to two *Callosobruchus spediis*. **In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 6.**, 1994, Canberra. Proceedings... Canberra [s.n], 1994. p. 35-149.
- MORENO-MARTINEZ, E.; JIMENEZ, E.; VAZQUEZ, M. E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus* on the oxygen level in maize stored hermetically. **J. Est. of Prod, Res.**, [s.l.] v.36, p.25 -36, 2000.
- MUELLER, D. K. A new method of using low levels of phosphine in combination with heat and carbon dióxido. **In: HIGLEY, E.J.; WHIGHT, H.J.; BANKS, H.J.; CHAMP, B.R. (Ed.). Stored product protection**. Canberra: ACIAR, 1994. p. 34-153.
- NAVARRO, S.; FRIEDLANDER, A. The effect of carbon dioxide aesthesia on the lactate and pyruvate levels in the hemolymph of *Ephestia cautella* (Wlk) pupae. **Com. Biochem. Physiol.** [s.l.] n. 50B. p. 187 - 189, 1975.
- PAPADEMETRIOU, E.; VANAVA, A. Traditional hermet methods of grain storage used in cyprus **In: DONAHAYE, E. J.; NAVARRO, S.; VANAVA, A. Controlled atmosphere and fumigation in stored products**. [s.l.]: Nicosia Cyprus, 1997. p. 175-182.
- REN, Y. L.; O'BRIEN, I. G.; WHITTLE, C. P. Studies on the effect of carbon dioxide in insect treatment with phosphine. **In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 6.**, 1994, Canberra. Proceedings... Canberra: [s.n], 1994. p. 1-325.
- TOMÉ, P. H. F.; SANTOS, J. P.; CHANDRA, L. C. C. P. K.; GONÇALVES, R. A. Uso da atmosfera controlada pelo CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> na preservação das qualidades tecnológicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante armazenamento. **Rev. Bras. de Armaz.**, Viçosa, v.25, n.2, p. 16-22, 2000.
- WHITE, N. D. G.; LEESCH, J.G. Chemical control **In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. Intergrated manegement of insects in stored products**. New York: Marcel Dekkes, 1996. p. 287-330.